

А.В. БАВИЛОВ
И.И. ЛЕОНОВИЧ
А.Н. МАКСИМЕНКО
Л.С. ШКРАДЮК
А.М. ЩЕМЕЛЕВ

**ДОРОЖНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАШИНЫ**

**А.В. Вавилов, И.И. Леонович,
А.Н. Максименко, Л.С. Шкрадюк, А.М. Щемелев**

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

*Утверждено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебника для студентов специальности
«Строительство дорог и транспортных объектов»
высших учебных заведений.*

Минск
«Технопринт»
2000

УДК 625.5.002.5(075.8)

ББК ~~39.311-06-5~~ я73

Д 69

А.В. Вавилов, И.И. Леонович, А.Н. Максименко, Л.С. Шкрадюк,
А.М. Щемелев.

Д 69 Дорожно-строительные машины: Учеб. под общ. редакцией
А.М. Щемелева. – Мн.: УП «Технопринт», 2000. – 515 с.: ил.

ISBN 985-6373-59-X

В книге приведены технико-экономические показатели работы дорожно-строительных машин, их классификация, сведения о деталях и основных частях дорожно-строительных машин. В соответствии с принятой квалификацией подробно изложен материал по машинам в разрезе каждой группы. В заключение приведены сведения по эксплуатации дорожно-строительных машин.

При изложении материала использованы авторские курсы лекций, учебно-методические пособия.

Учебник предназначен для студентов высших и средних учебных заведений дорожных специальностей, а также может быть полезным инженерно-техническим работникам, организаторам производства, дорожникам-практикам и всем работающим в дорожной отрасли.

УДК 625.5.002.5(075.8)

ББК 39.311-06-5 я73

ISBN 985-6373-59-X

© А.В. Вавилов, И.И. Леонович,
А.Н. Максименко, Л.С. Шкрадюк,
А.М. Щемелев, 2000.

© УП «Технопринт», 2000.

Глава 1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

1.1. Технико-экономические показатели работы дорожно-строительных машин

Дорожные машины работают в тяжелых условиях, которые характеризуются большим диапазоном изменений температуры воздуха, постоянной возможностью подвергнуться воздействию осадков, передвижением в условиях бездорожья, работой на влажных, а иногда на сильно пылеватых грунтах и т.п. К тому же строительные объекты часто имеют значительную протяженность, поэтому места работы машин отдалены от ремонтных баз. Все это должно учитываться при проектировании машин.

Дорожные машины должны быть просты по конструкции и обладать высокой надежностью в работе и необходимой долговечностью.

Под **надежностью** понимается свойство машины выполнять заданные функции, сохраняя в заданных пределах свои эксплуатационные показатели в течение заданного времени или же требуемой наработки. Надежность характеризуется безотказностью, ремонтпригодностью и долговечностью.

Долговечность – свойство машины сохранять работоспособность до предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. Предельное состояние определяется невозможностью дальнейшей эксплуатации машины из-за снижения ее эксплуатационных свойств или из соображений безопасности. Долговечность характеризуется временем работы машины до капитального ремонта или списания.

Простота выполнения ремонтных операций, экономичность работы и снижение стоимости изготовления самой машины зависят от того, насколько полно проведена унификация машин. Под унификацией понимается приведение машин к единой системе. Унификация достигается проектированием машин с максимальным использованием одних и тех же или, в крайнем случае, подобных агрегатов, узлов и механизмов. Парк унифицированных машин легче снабжать запасными частями и на базе готовых агрегатов проще организовать их ремонт. Кроме того, изготовление однотипных агрегатов обходится значительно дешевле, чем разнотипных. Поэтому унификация является сейчас главной задачей дорожного машиностроения.

В настоящее время совершается переход от проектирования отдельных машин к проектированию и внедрению комплекса машин. Это позволит наиболее широко унифицировать машины и упорядочить их выпуск и применение в строительстве. Комплексное проектирование производится на базе типажа машин. Типаж разрабатывается для каждого вида оборудования. Им предусматриваются ряды машин каждого вида, которые могут полностью удовлетворить запросы строительного производства. Типажом оговаривается значение тех главных параметров машин, от которых зависят основные показатели их работы. Так, главными параметрами экскаваторов и скреперов являются емкости ковшей, автогрейдеров – длины ножей, бульдозеров – тяговые усилия и т. д.

При проектировании и внедрении новых машин необходимо оценить их эксплуатационные качества. Главным показателем является производительность машин. Под **производительностью** понимается продукция, выдаваемая машиной за 1 ч работы. Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность.

Теоретическая (расчетная) производительность представляет собой максимально возможную производительность машины при условии непрерывной ее работы. При этом не учитываются потери времени, а также те потери, которые имеют место ввиду различия действительных и расчетных параметров машины, например скоростей движения. Кроме того, не учитываются и возможные потери перемещаемого машиной материала, например грунта, при передаче его с одного рабочего органа на другой. Теоретическая производительность P_p определяется применительно к каждому виду машин с учетом специфики технологического процесса и в реальных условиях работы машины никогда не может быть достигнута.

Техническая производительность представляет собой максимально возможную производительность, в данных конкретных условиях работы в течение часа. При расчете технической производительности учитываются физико-механические свойства обрабатываемых материалов, а также изменения этих свойств. Например, при определении технической производительности землеройных машин следует учитывать разрыхление грунта при наполнении ковша, снижение фактических скоростей по сравнению с расчетными и т. п.

Техническая производительность определяется через расчетную по формуле (1.1):

$$P_m = kP_p, \quad (1.1)$$

где k – коэффициент, учитывающий названные выше потери производительности.

Эксплуатационная производительность дополнительно учитывает те потери времени, которые имеют место из-за неизбежных перерывов в работе, связанных с заправкой и смазкой машины, с подготовкой ее к работе и производством заключительных операций. Эти потери могут быть оценены коэффициентом использования машины по времени k_g . Тогда эксплуатационная производительность

$$P_s = k_g P_m. \quad (1.2)$$

Важным показателем работы машины является себестоимость единицы продукции, которая определяется по формуле (1.3):

$$m = \frac{C}{P_s}, \quad (1.3)$$

где C – себестоимость одного часа работы машины, руб.

Повышение производительности машин и снижение себестоимости единицы продукции является важной народнохозяйственной задачей. Такая задача поставлена как перед эксплуатационниками, так и перед конструкторами машин. Повысить производительность дорожных машин можно путем увеличения размеров их рабочих органов, уменьшения времени, затрачиваемого на совершение рабочих операций, и снижения непроизводительных потерь.

Непроизводительные потери зависят главным образом от организации работ. Однако некоторая их доля часто является следствием неудачной конструкции машины в целом или отдельных ее узлов. Уменьшить время, затрачиваемое на рабочие операции, можно путем повышения скоростей движения рабочих органов, а в ряде других случаев, например, у землеройно-транспортных машин, и скоростей движения самих машин. Следует заметить, что такое повышение не может быть беспредельным. Часто оно ограничивается определенными максимальными значениями скоростей, выше которых ухудшается работа машины, а в некоторых случаях начинает даже снижаться ее производительность. Поэтому в большинстве случаев производительность того или иного типа машин повышают путем увеличения размеров их рабочих органов, что, однако, неизбежно влечет за собой повышение мощности установленного двигателя. В связи с этим в дорожном машиностроении и наблюдается непрерывное повышение мощностей выпускаемых машин.

Годовая выработка парка машин может быть увеличена путем использования их в течение круглого года. Круглогодичное строительство, т. е. ликвидация сезонности в строительстве, является весьма важной проблемой. Такие машины, как экскаваторы, бульдозеры и дробилки, уже давно работают в течение круглого года. В настоящее время поставлена задача расширения номенклатуры таких машин.

Возможность использования машины в зимнее время, т. е. при низких температурах воздуха, должна учитываться при их проектировании и изготовлении. При этом должны применяться системы, облегчающие запуск двигателей, должна быть улучшена система смазки всех трущихся частей машины, необходимо утеплить кабины операторов и т. п. Некоторые ответственные узлы тех машин, которые предназначены для работы при очень низких температурах и которые обычно выполняются из углеродистой стали, следует выполнять из низколегированных сталей, а литые детали — из стали спокойной плавки.

Пуск в производство всякой новой машины может быть осуществлен лишь в том случае, если в результате будет иметь место экономический эффект. Он может принять форму снижения себестоимости единицы получаемой продукции, повышения ее качества, повышения производительности, улучшения условий труда и т. п.

Эффективность новой машины устанавливается путем сравнения ее с наиболее экономичной применявшейся до нее машиной. При этом наиболее характерным показателем экономической эффективности является срок окупаемости, определяемый как

$$t_{ок} = \frac{K}{E} \quad (1.4)$$

Здесь K — те капиталовложения, которые необходимы для пуска новой или усовершенствованной машины в производство; E — ожидаемая от внедрения машины годовая экономия.

Сравнение отдельных типов машин производится еще по другим показателям. Так, определяется удельная энергоемкость машины:

$$N_{уд} = \frac{N}{P_3} \quad (1.5)$$

где N — мощность установленных на машине двигателей.

Удельная металлоемкость машины:

$$G_{уд} = \frac{G}{P_3} \quad (1.6)$$

где G — масса машины.

Часовая выработка продукции на одного рабочего:

$$P_{уд} = \frac{P_2}{n} \quad (1.7)$$

где n — число обслуживающих машину рабочих.

Создание новой машины начинается с составления технического задания на ее проектирование. Этим заданием обуславливается область применения машины, устанавливается основная ее характеристика, в том числе производительность, и выводятся технико-экономические показатели ее работы. В техническом задании определяется также потребность в таких машинах и обосновывается экономическая целесообразность их выпуска. По утверждению задания разрабатывается технический проект машины, а затем и рабочие чертежи. По этим чертежам завод изготавливает головной образец, который проходит сначала предварительные, а затем приемочные испытания. Продолжительность последних устанавливается в зависимости от типа машины. По результатам этих испытаний делается заключение о возможности пуска машины в серийное производство. В случае положительного заключения устраняются обнаруженные при испытаниях конструктивные недостатки, после чего машина запускается в серийное производство.

1.2. Основы классификации дорожно-строительных машин

Дорожно-строительное производство крайне разнообразно и состоит из процессов различного типа. Здесь имеют место подготовительные работы, которые ведутся в целях подготовки строительной площадки или полосы к возведению на ней дороги или инженерных сооружений. Большое место в строительном процессе занимают различного вида земляные работы. Процессы, сопровождающие строительство автомобильных дорог, включают в себя производство смесей, состоящих из щебня или гравия с различного рода вяжущими материалами. Поэтому производится добыча и дробление каменных материалов. Весьма важным процессом является уплотнение грунтов и дорожных покрытий. В настоящее время широко распространено строительство различного рода инженерных сооружений из сборного железобетона. При этом части железобетонных конструкций изготавливаются на специальных заводах или полигонах.

На заводах производится также переработка каменных материалов и приготовление различного рода черных смесей, асфальтобетона и це-

ментного бетона. Эти заводы снабжены специальным оборудованием. Поэтому работы, связанные со строительством дорожных покрытий, разделяются на заводские, или базовые, и линейные. К линейным относятся работы по укладке и уплотнению бетона и черных смесей непосредственно в дорожное покрытие.

Уже построенные дороги следует содержать, т. е. осуществлять ряд операций, направленных на сохранение их в хорошем состоянии. По прошествии определенного срока они подвергаются ремонту. Содержание и ремонт дорог относятся к специальной службе, которая снабжена предназначенными для этой цели машинами.

Механизация разнообразных и часто сложных процессов строительного производства требует применения различных машин. Поэтому парк дорожных машин состоит из машин разного назначения, которые могут быть разделены на следующие группы.

1. Машины для подготовительных и земляных работ, которые производят расчистку полосы отвода и копанье грунта. Процессы копанья весьма разнообразны. Они определяются не только характером строительного производства, но и свойствами грунтов. К этим машинам относятся бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдер-элеваторы, экскаваторы и т. п.

2. Машины для добычи и переработки каменных материалов. Камень в большинстве случаев является основным строительным материалом. После добычи каменные материалы подвергаются переработке, т. е. дроблению и разделению по степени крупности. Добыча камня осуществляется при помощи бурильных молотков, станков ударно-канатного бурения и т. п. Для этой цели также используются компрессоры и другое вспомогательное оборудование. Для дробления камня и разделения щебня по фракциям служат дробилки, мельницы, различного рода сортировочные и моечные машины.

3. Машины для уплотнения грунтов и дорожной одежды. Весьма важным элементом технологического процесса является уплотнение, от качества выполнения которого зависит долговечность сооружений. К этой группе машин относятся катки, трамбующие и вибрационные машины.

4. Машины и оборудование, предназначенные для строительства усовершенствованных дорожных покрытий облегченного типа. Этот тип покрытия значительно дешевле усовершенствованных покрытий капитального типа – асфальтобетона и цементобетона – и вместе с тем допускает достаточно интенсивное движение транспорта. Поэтому покрытия этого типа получили весьма большое распространение. При их

устройстве применяется оборудование битумных баз (битумохранилища, котлы, битумные насосы, битумные плавильни, парообразователи, машины для приготовления эмульсий и т.п.) и машины, предназначенные для линейных работ (распределители щебня и гравия, автогудронаторы, машины для постройки покрытий по методу смешения и т. п.).

5. Машины для приготовления и распределения асфальтобетона (смесители, укладчики). Этот вид оборудования применяется при устройстве асфальтобетонных дорожных покрытий.

6. Машины для приготовления бетона и строительства цементобетонных дорожных покрытий (бетоносмесители, распределители, бетоноукладчики, нарезчики швов и т. п.).

7. Оборудование заводов и полигонов сборных железобетонных конструкций. В настоящее время метод строительства из сборного железобетона, в том числе предварительно напряженного, получил исключительно большое распространение. Изготовлением служащих для этого конструктивных деталей занимаются специальные заводы и полигоны, которые имеют оборудование для правки, резки и натяжения арматуры, формования и уплотнения изделий, их пропаривания и т. п.

8. Машины для содержания и ремонта дорог (снегоочистители, щетки, дорожные ремонтеры, пескораспределители и т. п.).

Большая часть из всего перечисленного выше оборудования создана в сравнительно недавно. Эти машины позволили полностью механизировать основные строительные работы.

1.3. Стандартизация и унификация

Большое значение для улучшения качества продукции и удешевления производства изделий приобретают стандартизация и унификация.

Основная цель стандартизации состоит в установлении уровня норм и требований при выполнении опытно-конструкторских работ, изготовлении изделий и их эксплуатации. Охватывая все сферы производства изделия и его эксплуатации, стандарты регламентируют:

- терминологию, обозначения и правила выполнения рабочих чертежей; методы расчета;
- габаритные и присоединительные размеры деталей;
- состав и свойства применяемых материалов;
- содержание технологических процессов, параметры оборудования и контрольно-измерительного инструмента;
- методы испытания и оценки основных показателей изделия;
- правила и нормы его эксплуатации.

В зависимости от области применения различают стандарты предприятия (СТП), отраслевые (ОСТ), государственные (ГОСТ) и стандарты Беларуси (СТБ) и междугосударственные стандарты (ISO).

Унификация необходима для обеспечения рационального сокращения многообразия типов конструкций, материалов, технологических процессов изготовления, размеров и других параметров изделий одинакового функционального назначения. На стадии проектирования унификация позволяет использовать уже готовые чертежи отдельных деталей или сборочных единиц, что значительно сокращает сроки проектирования и изготовления изделия и позволяет получить большой экономический эффект.

Уровни стандартизации и унификации изделий определяются по отношению числа стандартизованных или унифицированных деталей к общему числу деталей в данном изделии. Эти уровни должны быть достаточно высокими, однако, определяя их пределы, следует учитывать специфику изделия, требования к надежности отдельных его деталей и сборочных единиц, серийность производства и исходить при этом из общего народнохозяйственного эффекта, который дает унификация или стандартизация.

С понятием унификации тесно связано и другое понятие – агрегатирования, т. е. метода компоновки машин из унифицированных деталей, сборочных единиц и агрегатов разных типоразмеров. Разработанные на основе какой-то базовой машины остальные машины данного ряда (модификации базовой машины) отличаются от нее лишь значениями главного параметра (грузоподъемностью, объемом ковша, мощностью двигателя, тяговым усилием) и незначительными конструктивными изменениями отдельных частей.

Характерным примером являются типоразмерные ряды дорожно-строительных машин фирмы "Интернейшл" (США) на базе колесных и гусеничных тракторов, одноосных и двухосных колесных тягачей (рис. 1.1).

Одним из важных направлений унификации дорожно-строительных машин является применение сменного рабочего оборудования. Так, для отечественных погрузчиков освоено более 20 видов сменного оборудования, для бульдозеров и корчевателей – более 10. Сменное рабочее оборудование имеют также автогрейдеры, краны, экскаваторы.

В конструкциях ряда зарубежных машин применяется сменное ходовое оборудование, а также сменные двигатели. Примером последнего могут служить некоторые типы выпускаемых в США экскаваторов, имеющих в качестве сменных двигателей карбюраторный, электрический и дизельный. При замене одного типа двигателя на другой трансмиссия остается прежней.



Модель	560	H-100C	H-90E	H-80B	H65C
Мощность, кВт	283	215	178	137	116
Масса, т	31,3	23	17	14,2	12,4



Модель	580	H-400C	560	H-1000	H-90E	H-80B
Мощность, кВт	802	432	283	215	180	137
Объем ковша, м ³	15,1	8,41	5-9	3,44-4,2	3,1-5,35	2,67-4,5

в)



H-50C	H-30B	H-30F	3850	2500	2400B	3300B	H-25B	3200B
60 и 69	46 и 31	46-51	59	44 и 52	38	27	38	22
1,15-2,68	0,76-1,2	0,76-1,7	0,96-1,15	0,57	0,57	0,26-0,48	0,45-1,15	0,25-0,48

г)



Модель	2500	1750	125E	100E	50E
Мощность, кВт	142	91	28	48	33
Объем ковша, м ³	1,8-2,48	1,52-1,72	0,96-1	0,76-0,86	0,57



Модель	444	433
Мощность двигателя, кВт		
переднего	231	231
Заднего	138	138
Объем ковша, м ³	16,8	15

д)



Модель	ГД-25С	ГД-20Е	ТД-15С	ТД-8Е
Мощность, кВт	231	157	104	56
Масса, т	31,6	21,1	14,3	7,7

ж)



Модель	442	431	412
Мощность, кВт	231	231	112
Объем ковша, м ³	16,8	16	8,4

г)



Модель	3820А	3600А	3500А	3400А	2400В
Мощность, кВт	63	59	52	37	34,3
Глубина выемки грунта, м ³	4,97	4,95	4,83	4,34	3,89

и)



Модель	3984	3964
Мощность, кВт	77	75
Объем ковша, м ³	0,57	0,48
Глубина выемки грунта, м ³	6,65	6,26

Рис. 1.1. Типоразмерные ряды некоторых дорожно-строительных машин. а – лесопогрузчики на базе колесных тракторов с шарнирно-сочлененной рамой; б – фронтальные ковшевые погрузчики на базе колесных тракторов с шарнирно-сочлененной рамой; в – фронтальные ковшевые погрузчики с жесткой ходовой тракторов; г – фронтальные ковшевые погрузчики на базе гусеничных тракторов; д – бульдозеры на базе гусеничных тракторов; е – самоходные двухдвигательные скреперы; ж – самоходные скреперы; з – колесные тракторы с фронтальным погрузочным оборудованием ит обратной лопатой; и – гидравлические эсковаторы.

Большое значение имеет унификация таких элементов дорожно-строительных машин, как гидроцилиндры в гидравлических приводах, фрикционные муфты, опорно-поворотные устройства, стрелы и т.п.

Унификация распространяется не только на конструкции, но и на кинематические схемы машин или отдельных механизмов. Например, кинематические схемы многих стреловых кранов в Англии и ФРГ не отличаются от кинематических схем экскаваторов, имеющих тот же привод. Унифицированная схема объемного гидропривода применяется для пневмоколесных кранов различной грузоподъемности.

1.4. Техническая эстетика изделий

С требованиями эргономики тесно связаны и требования технической эстетики или художественного конструирования изделия. Задачей художественного конструирования является выбор геометрических пропорций изделия, его цветового оформления и формы с учетом функционального назначения, материала и технологии изготовления.

Благодаря физиологическим особенностям человека выполнение требований технической эстетики в немалой степени способствует более бережному отношению его к красиво изготовленному изделию, более качественному выполнению тех или иных операций, меньшей утомляемости и большей безопасности во время работы. Все эти факторы приводят к повышению производительности труда.

Одним из элементов художественного конструирования является рациональное проектирование рабочего места оператора и органов управления машиной. При этом необходимо учитывать размеры оператора (его антропометрические показатели), физиологические особенности, возраст. Например, пальцы рук обеспечивают наибольшую точность движений; наибольшее усилие при управлении водителем создается ногой при упоре в стенку сиденья; наибольшей силы человек достигает приблизительно к 25 годам, усилия рук и ног к 65 годам уменьшаются на 50%, а усилия кистей рук – на 16,5%. На основе этих данных определяют размер рабочей зоны оператора (в пределах которой он производит рабочие движения), расположение рычагов, педалей и кнопок системы управления, их размеры, форму, окраску.

Большое значение для безопасной работы оператора и для понижения его утомляемости имеет выбор цвета окраски отдельных элементов и частей машины. Известно, например, что красный способствует повышению внутриглазного давления, тогда как зеленый цвет снижает его, очень спокойным является и синий цвет. В инструкциях по технике безопасности в США в красный цвет рекомендуется окрашивать противопожарный инвентарь, в зеленый (либо серый, белый или черный) – безопасные материалы, в синий – защитные материалы (например, вещества для защиты от ядовитых газов), в фиолетовый – ценные материалы и т. д.

Для окраски дорожно-строительных машин следует использовать яркие тона и стремиться к тому, чтобы по цвету движущиеся рабочие органы резко контрастировали с остальными частями машины, что обеспечивает их хорошую видимость и безопасность людей.

2.1. Общие сведения о деталях машин

Машина – устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации с целью замены или облегчения физического или умственного труда.

Машины, рассматриваемые в настоящем учебнике, состоят из большого количества отдельных частей. Простейшие части машин, изготовленные без применения сборочных операций, называются деталями. Многие из деталей различных по назначению машин имеют одинаковую конструкцию, выполняют одинаковые функции, находятся в одинаковых или тождественных условиях работы.

Группа деталей, работающих в комплексе и объединенных общим назначением, называется механизмом или узлом (например, редуктор, коробка передач). Поэтому изучение различных машин целесообразно начинать с рассмотрения устройства, работы и назначения отдельных деталей, различных соединений и передач.

Различают детали общего и специального назначения. Детали общего назначения – винты, гайки, валы, муфты, подшипники и т.д. – применяются почти во всех машинах. Детали специального назначения встречаются только в некоторых. Например, в строительных машинах это крюк подъемного крана, зуб ковша экскаватора и т.д. Обеспечение эффективности работы машины при длительном сроке службы в значительной степени определяется прочностью, надежностью, долговечностью, износостойкостью и жесткостью деталей и узлов.

2.2. Требования, предъявляемые к деталям машин

В зависимости от назначения и условий производства детали машин изготавливаются из чугунных и стальных отливок, из стальных поковок и проката, из отливок, проката и штампованных заготовок, выполненных из сплавов цветных металлов, а также из пластмасс.

Наиболее распространенными материалами для изготовления деталей строительных и дорожных машин являются чугун и сталь, которые называют черными металлами. Чугун, имеющий невысокую стоимость, обладает хорошими литейными качествами и достаточной прочностью. Сложные по конфигурации корпусные и другие детали отливаются из так называемого серого чугуна, представляющего собой железоуглеродистый сплав. При остывании этого сплава значительная часть углерода

выделяется из него в виде графита, который равномерно распределяется по сечению отливки и придает чугуна серый цвет. Детали, изготовленные из серого чугуна, имеют ограниченную прочность при возникновении в них касательных напряжений (изгиб, кручение) или при воздействии на них ударных нагрузок.

Из серого чугуна, обладающего свойством хорошо заполнять формы, изготавливают литые детали сложной конфигурации и не сильно нагруженные (корпусы, кожухи, шкивы, рычаги, кронштейны и др.).

Для изготовления сложных по форме деталей, в которых возникают значительные касательные напряжения, применяются отливки из высокопрочного и ковкого чугуна, обладающие большой прочностью.

Сталь (литейная или прокатная) применяется для изготовления более нагружаемых деталей. Но сравнительно плохая текучесть в жидком состоянии, значительная усадка при остывании и высокая стоимость стали ограничивают ее применение. Поэтому из стали отливаются в основном крупные, сильно нагружаемые и сложные по форме детали строительно-дорожных машин. Это ходовые рамы, станины, ковши больших экскаваторов, корпуса камнедробилок, а из специальных износостойких высокомарганцевистых сталей – зубья ковшей экскаваторов, рабочие органы камнедробильных машин и т. д.

Сильно нагружаемые детали более простых форм изготавливаются в основном из проката, материалом которого служат углеродистые стали обыкновенного качества, углеродистые качественные конструкционные, легированные конструкционные, а для наиболее нагруженных деталей – высоколегированные стали. Для повышения прочности и твердости изготовленных из стали деталей их обычно подвергают термической обработке (закалке, отпуску или нормализации).

Из цветных металлов наибольшее применение при изготовлении деталей строительных и дорожных машин находят медь, алюминий, олово, свинец, цинк. Применяются они в виде сплавов (алюминиевые сплавы, латунь, бронза, баббит и др.).

В строительном машиностроении кроме металлов применяются и другие материалы, например пластмасса, резина, стекло, асбест и др. Наиболее широко применяются пластмассы на основе синтетических смол. Пластмассы разделяются на следующие группы: слоистые (текстолит, гетинакс, асботекстолит); термопластические материалы (плексиглас, винипласт, фторопласт).

Пластмассы применяются для изготовления вкладышей подшипников, зубчатых колес, сепараторов подшипников качения, ремней, крепежных деталей, рукояток и др.

Применение пластмасс в строительном и дорожном машиностроении пока невелико и ограничивается в основном фрикционными и антифрикционными деталями, такими, например, как накладки в тормозах и фрикционных муфтах и некоторые подшипники и детали уплотнительных устройств.

Унификация и стандартизация машин и деталей дают возможность получить максимальную взаимозаменяемость деталей и минимальную номенклатуру машин. Поэтому основные параметры любой машины регламентируются типизированными рядами или ГОСТами, а размеры, материал и качество изготовления деталей всегда обусловлены соответствующими стандартами.

Агрегатирование. Под агрегатированием понимается метод создания машин и оборудования путем компоновки их из унифицированных узлов и деталей, позволяющих значительно поднять серийность и качество их производства.

Отличительным признаком метода агрегатирования является создание не единичных машин, а семейств машин, имеющих общность по своему функциональному назначению в различных отраслях народного хозяйства. К таким машинам относятся, например, самоходные мобильные шиноколесные строительные машины и автотранспорт, которые могут иметь одинаковые основные базовые узлы и агрегаты, за исключением рабочего оборудования. Такой подход требует уже в процессе создания проектировать многофункциональные семейства машин на основе сравнительно небольшой номенклатуры базовых сборочных единиц. Создание, таким образом, более широкой номенклатуры модификаций основных базовых машин для одного вида технологического процесса с высоким уровнем унификации (до 80–90%) позволит получить и более высокие показатели в комплексной механизации строительства.

При изготовлении любой детали абсолютно точно обеспечить ее размеры невозможно, да и не нужно. Возможные же при изготовлении деталей отклонения от заданных номинальных размеров устанавливаются ГОСТом, допуском на изготовление и предусмотренной посадкой.

Допуском называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами. Поле допуска определяется как зона между верхним и нижним предельными отклонениями.

В зависимости от требований, предъявляемых к сочленяемым деталям, задаются различные величины допусков, определяемые квалитетами точности.

Каждому качеству соответствует допуск, который определяется необходимой степенью точности детали и экономической целесообразностью получения этой точности. Чем меньше допуск, тем тщательнее следует обрабатывать деталь, а следовательно, стоимость ее будет выше.

ГОСТами в настоящее время предусмотрено в зависимости от размеров детали 19 квалитетов точности (для каждого диапазона размеров), пронумерованных в порядке убывания точности.

В зависимости от условий работы детали должны соединяться с различной степенью подвижности друг относительно друга. Характер соединения деталей определяется посадкой.

Посадкой называется характер сопряжения двух деталей (определяемый разностью их размеров), создающий большую или меньшую свободу их относительного перемещения или степень сопротивления взаимному смещению. Посадки разделяются на пресовые, переходные и подвижные.

Увеличение зазора между подвижными деталями увеличивает динамические воздействия, вызывает увеличение износа.

Уменьшение зазора увеличивает трение, нагрев и может привести к заклиниванию подвижного соединения.

Трение и коррозия. Между смежными деталями всегда возникает сила трения, зависящая от качества поверхности деталей (степени шероховатости) и свойства материала, а также от силы, с которой детали прижимаются одна к другой, то есть нормального давления между поверхностями.

В подвижных соединениях стремятся уменьшить силу трения, поскольку она мешает движению, увеличивая расход энергии. Достигается это уменьшением шероховатости, применением антифрикционных материалов, разобщением поверхностей слоем смазки.

При отсутствии смазки трущихся поверхностей (как это бывает в тормозах и большинстве фрикционных муфт) возникает так называемое сухое трение, при котором основными становятся механические силы; при полном же разделении трущихся поверхностей слоем смазки трение называется жидкостным. Воздействие влаги и кислорода атмосферы приводит к окислению и разрушению поверхности металлических деталей, к так называемой коррозии, поэтому металлы покрывают антикоррозийными покрытиями.

Антикоррозийное покрытие – тонкостенное покрытие на изделиях для защиты их от коррозии. Различают антикоррозийные покрытия металлические (цинкование, никелирование, хромирование, меднение и др.);

лакокрасочные, покрытия резиной (гуммирование), пластмассовые и битумные смазки.

2.3. Соединения деталей машин

Отдельные части машин и их детали могут соединяться между собой как подвижно, так и неподвижно.

В подвижных соединениях относительное положение деталей может меняться, а в неподвижных оно постоянно.

В свою очередь, неподвижные соединения могут быть разъемными и неразъемными.

К разъемным соединениям относятся резьбовые, выполняемые с помощью резьбовых деталей (болты, гайки, винты, шпильки), соединения при помощи шпонок, шлицов, штифтов и клиньев, а также соединения, выполненные посредством посадок с гарантированным натягом.

Неразъемные соединения для разборки требуют разрушения соединительных деталей. К ним относятся сварные и заклепочные соединения, а также, выполненные пайкой и склеиванием.

2.3.1. Разъемные соединения.

Резьбовые соединения относятся к самым распространенным. Основой всякого резьбового соединения является винтовая пара, то есть винт и гайка, соединяющиеся между собой с помощью винтовой поверхности резьбы.

Для крепежных деталей резьбовых соединений применяются, как правило, правые однозаходные метрические резьбы треугольного профиля (рис. 2.1, а).

В резьбовых соединениях труб используют также однозаходные треугольные резьбы, но с другим углом профиля и без зазоров при вершине, что увеличивает плотность соединения (рис. 2.1, б). В отдельных случаях для соединения маслопроводов и установки масленок применяются так называемые конические резьбы, гарантирующие плотность и быстроту соединения.

Витки резьбы при работе винтовой пары (при затяжке гайки или при передаче усилия) нагружены осевой силой, которая стремится смять боковую поверхность витков и изогнуть их или срезать у основания, как это показано на рис. 2.2.

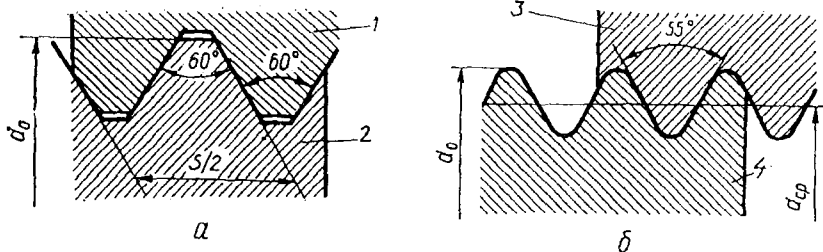


Рис. 2.1. Профиль треугольной резьбы: а – метрическая резьба; б – трубная резьба; 1 – гайка; 2 – болт; 3 – муфта; 4 – труба.

Опасным сечением самого винта является минимальное, то есть сечение по внутреннему диаметру резьбы d_1 (рис. 2.2).

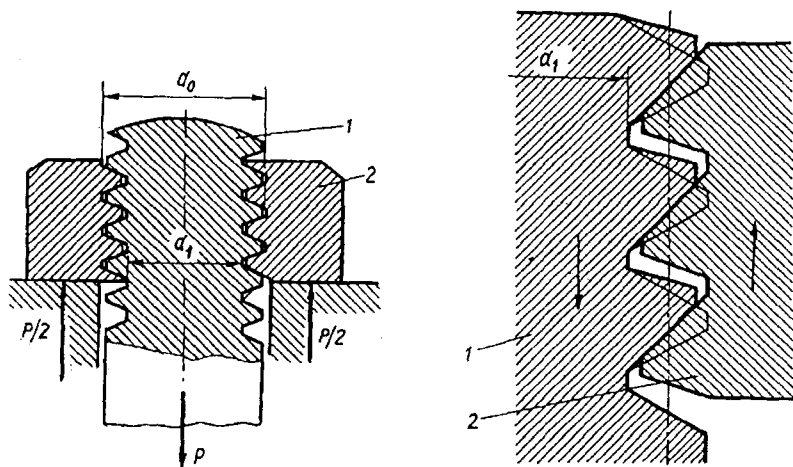


Рис. 2.2. Болтовое соединение под нагрузкой: 1 – болт; 2 – гайка.

Нормальные напряжения σ в таких болтах можно определить по формуле (2.1):

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{4F}{\pi d_1^2} \leq [\sigma], \text{ откуда } d_1 = \sqrt{\frac{4P}{\pi [\sigma]}} \quad (2.1 \text{ и } 2.2)$$

где P – сила, действующая вдоль болта, Н;

F – площадь сечения болта по внутреннему диаметру резьбы, мм²;

d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм.

Достаточно прочной будет, очевидно, такая винтовая пара, у которой напряжения от смятия, среза и изгиба резьбы и напряжения от растяжения стержня винта не превышают допустимых. В крепежных резьбовых деталях (изготавливаемых по ГОСТам) все размеры согласованы для получения равнопрочности. Поэтому, чтобы выбрать крепежную деталь, достаточно определить из условий прочности на растяжение внутренний диаметр стержня и подобрать соответствующую ему стандартную деталь.

По своей конструкции резьбовые крепежные детали делятся на болты, винты, шпильки и гайки.

Болт представляет собой цилиндрический стержень, снабженный на одном конце головкой (обычно шестигранной формы), а на другом конце резьбой, на которую навинчивается гайка (обычно также шестигранная). Соединение деталей при помощи болта (болтовое) показано на рис. 2.3, а.

Винтом называют тот же болт, но крепящий детали без гайки за счет ввинчивания его в одну из деталей. Винтовое соединение показано на рис. 2.3, б.

Шпилькой называют цилиндрический стержень, имеющий резьбу на обоих концах. Одним концом шпилька (как и винт) ввинчивается в одну из соединяемых деталей, а на второй ее конец навинчивается гайка. Шпильное соединение показано на рис. 2.3, в.

Гайкой называется деталь, имеющая отверстие с резьбой и предназначенная для закрепления соединяемых деталей. Гайки можно навинчивать как на болты и шпильки, так и непосредственно на соединяемые детали, если они имеют для этого соответствующую резьбу.

Резьбовые соединения помимо достаточной прочности должны быть предохранены от самоотвинчивания, которое возможно при знакопеременных нагрузках и вибрации.

Меньше подвержены самоотвинчиванию мелкие резьбы, имеющие меньший угол подъема винтовой линии, а следовательно, и больший за-

пас самоторможения, но и они нуждаются в предохранении от самоотвинчивания.

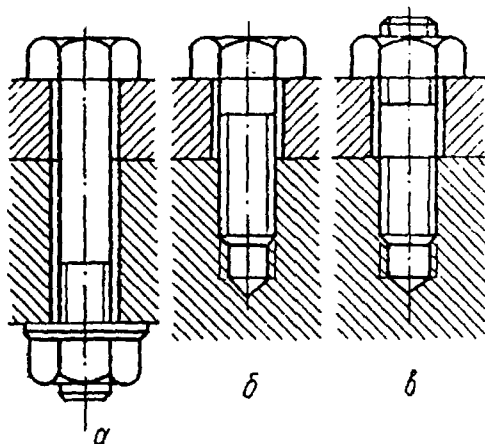


Рис. 2.3. Резьбовые крепежные детали: а – болтовое соединение; б – винтовое соединение; в – соединение шпилькой.

Предохранительными средствами против самоотвинчивания являются пружинные шайбы, шплинты, стопорящие шайбы, контргайки. Основные устройства против самоотвинчивания показаны на рис. 2.4. Пружинная шайба препятствует отворачиванию гайки за счет врезания своих острых кромок в гайку и поверхность соединения детали.

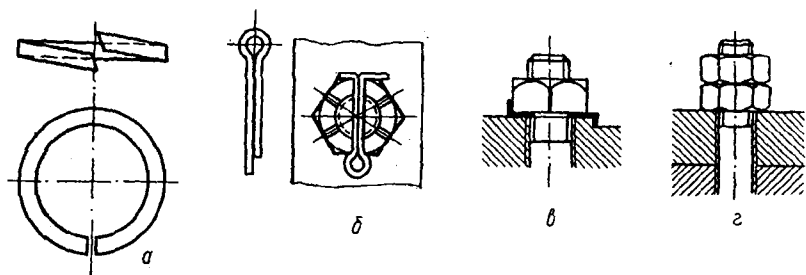


Рис. 2.4. Средства против самоотвинчивания: а – пружинная шайба; б – шплинт; в – фасонная шайба; г – гайка и контргайка

Шпоночные и шлицевые соединения применяются для передачи крутящего момента между валом и посаженными на него деталями (зубчатые колеса, шкивы, звездочки, муфты, барабаны, маховики и т. д.). Соединяемые детали в шпоночных соединениях связываются шпонками.

Шпонка устанавливается в специальный паз, сделанный на валу и в ступице соединяемой с валом детали. По своей форме (рис. 2.5) шпонка может быть клиновой, призматической, сегментной или цилиндрической.

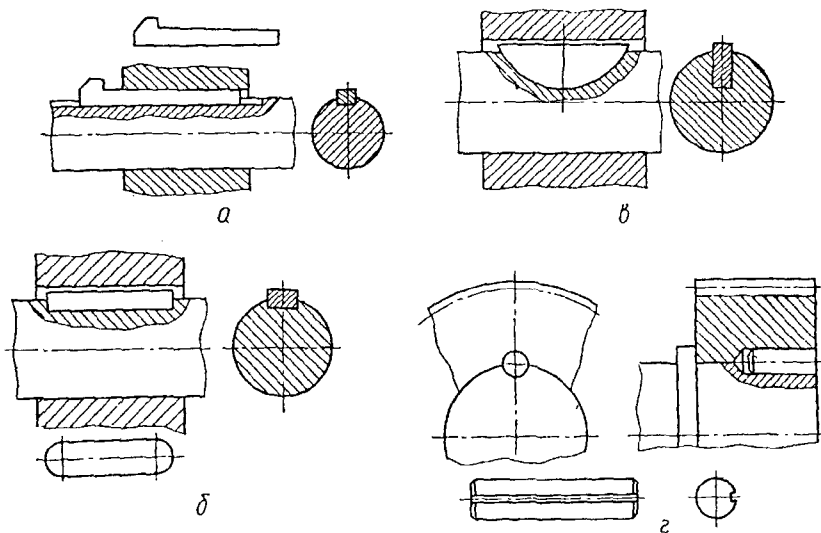


Рис. 2.5. Шпоночные соединения: а – клиновая шпонка; б – призматическая; в – сегментная; г – цилиндрическая

Клиновые шпонки забиваются в паз ударами молотка, что создает *напряженное соединение*, в котором крутящий момент передается от вала на ступицу деталей за счет сил трения. Такое соединение не только обеспечивает передачу крутящего момента, но и удерживает деталь на валу в осевом направлении. Однако этот вид соединения, смещая ступицу относительно вала и вызывая перекося и радиальное смещение посаженной на вал детали, нельзя применять, если необходимо точно установить детали.

Призматические, сегментные и цилиндрические шпонки создают *не-напряженные соединения*, обеспечивают точную установку деталей на валу, но не исключают их осевого смещения. Передача крутящего момента в этих соединениях обеспечивается через боковые грани шпонки. Поэтому эти шпоночные соединения рассчитываются на смятие по боковым поверхностям пазов и на срез по поперечному сечению шпонки (или на изгиб).

Для расчета шпонок на смятие принимается, что напряжения $\sigma_{см}$ распределены по всей длине и высоте шпонки равномерно, что равнодействующая сил, действующих на шпонку, приложена на плече, равном $d/2$, и что шпонка выступает над поверхностью вала на $0,5 h$. Следовательно, зная передаваемый крутящий момент M , можно определить напряжения смятия $\sigma_{см}$ и среза $\tau_{ср}$:

$$\sigma_{см} = \frac{4M}{hld} \leq [\sigma]_{см}, \tau_{ср} = \frac{2M}{bld} \leq [\tau]_{ср} \quad (2.3 \text{ и } 2.4)$$

где M – передаваемый крутящий момент, Нм;
 h – высота шпонки, мм;
 b – ширина шпонки, мм;
 l – длина шпонки, мм;
 d – диаметр вала, мм.

Поперечные сечения шпонок определяются диаметром вала в соответствии с ГОСТом. Поэтому для передачи больших крутящих моментов необходимо принимать большую длину шпонки, а иногда и устанавливать несколько шпонок на одном валу.

Разновидностью напряженного многошпоночного соединения является шлицевое. Оно позволяет передавать большие крутящие моменты при небольшой длине ступиц деталей, сидящих на валу.

Для этого типа соединений вал фрезеруют так, что промежутки между пазами образуют ряд расположенных по окружности выступов – шлицов. Отверстие ступицы детали, предназначенное для соединения с валом, делают с соответствующими пазами (рис. 2.6).

По своей форме шлицы изготавливают прямобочными при параллельности боковых граней, эвольвентными и треугольными с центрированием ступицы по наружному диаметру вала, по диаметру впадин или по боковым поверхностям шлицов.

Шлицевые соединения имеют ряд преимуществ по сравнению со шпоночными: лучшее центрирование соединяемых деталей, большая нагрузочная способность, меньшее ослабление вала и меньшее напряжение смятия (вследствие влияния боковой поверхности шлицов).

Прямобоочные и эвольвентные шлицевые соединения стандартизи-рованы, выбираются в зависимости от диаметра вала и рассчитываются на прочность так же, как и призматические шпонки на смятие боковых поверхностей.

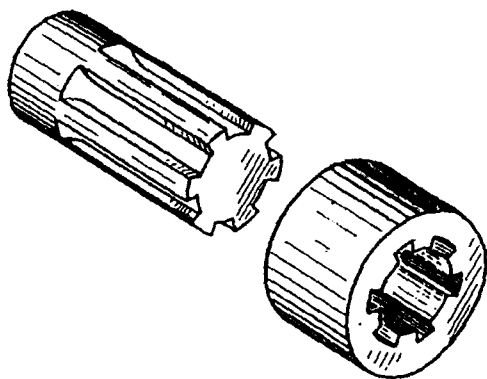


Рис. 2.6. Шлицевое соединение

2.3.2. Неразъемные соединения.

Основными неразъемными соединениями, применяемыми в строи-тельно – дорожных машинах, являются сварные соединения.

Наиболее распространенные способы получения – электрическая и газовая сварки.

Электрическая сварка бывает дуговой и контактной. В дуговой сварке металл плавится от нагрева его электрической дугой, а в контактной – за счет сопротивления при прохождении тока через стык свариваемых деталей.

Широкое производство специального оборудования, проволоки и флюсов для автоматической сварки и высококачественных электро-дов для ручной сварки позволило применять ее практически во всех случаях неразъемного соединения деталей, выполнявшихся ранее ме-тодом отливки.

Сварные соединения выполняются встык (рис. 2.7, а) , внахлестку (рис. 2.7, б) или с накладками (рис. 2.7, в), в тавр (рис. 2.7, г) и угловыми (рис. 2.7, д). Угловые швы разделяются на лобовые, которые располага-ются перпендикулярно к направлению нагрузки (рис. 2.7, б), фланговые, располагающиеся параллельно направлению нагрузки (рис. 2.7, в), и ко-сые, направленные под углом к действующей нагрузке.

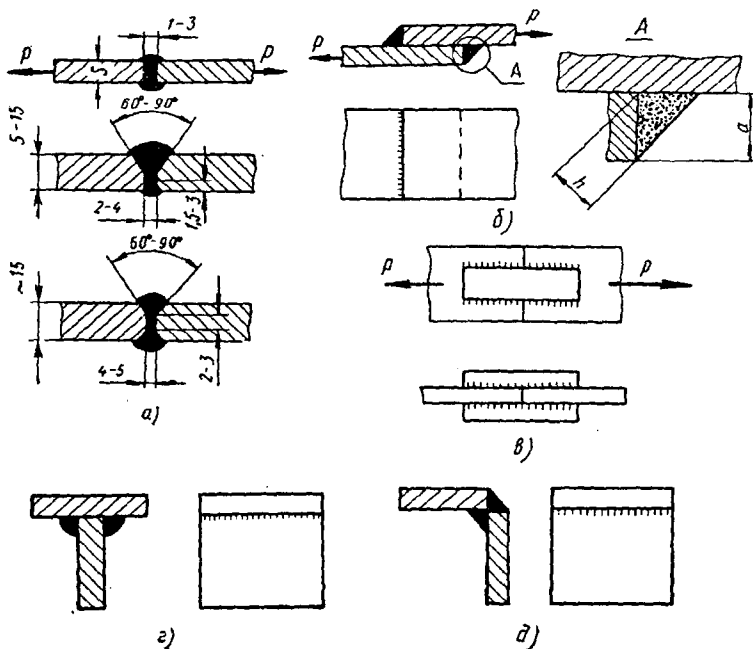


Рис.2.7. Сварные соединения: а - стык; б - внахлестку; в - с накладками; г - в тавр; д - в угол.

Расчет шва сварных соединений на прочность ведется различно в зависимости от типа соединения и вида шва. Для расчета принимают, что действующие усилия распределяются равномерно по длине шва, а напряжения – равномерно по сечению.

Стыковые швы рассчитывают на растяжение или сжатие. При этом определяется длина шва, которая зависит от действующей растягивающей силы P , толщина свариваемых деталей S и допускаемого напряжения на растяжение.

Исходя из допускаемых напряжений, рассчитывают необходимую длину шва.

$$\text{Длина стыкового шва } l = \frac{P}{S[\sigma]_p}, \text{ а для угловых } l = \frac{P}{1.4[\tau] \cdot a}, \quad (2.5 \text{ и } 2.6)$$

где α – катет шва; $[\tau]$ – допускаемое напряжение на срез наплавленного материала.

При сварке тонколистового материала, особенно при ремонтных работах, наряду с электросваркой применяется газовая, при ко-

торой металл плавится вследствие прогрева его пламенем газовой горелки.

Для получения неразъемных соединений применяются и заклепочные соединения (рис. 2.8), в которых две или несколько деталей соединяются заклепками. Заклепка – круглый стержень с головкой на одном конце. Головка на другом конце образуется при осаживании заклепки.

В процессе осаживания не только формируется головка, но осаживаемый металл стержня плотно заполняет отверстие, в котором находится заклепка. Осаживание может осуществляться холодным способом, если диаметр заклепки не превышает 10 мм, и горячим – при диаметре более 10 мм.

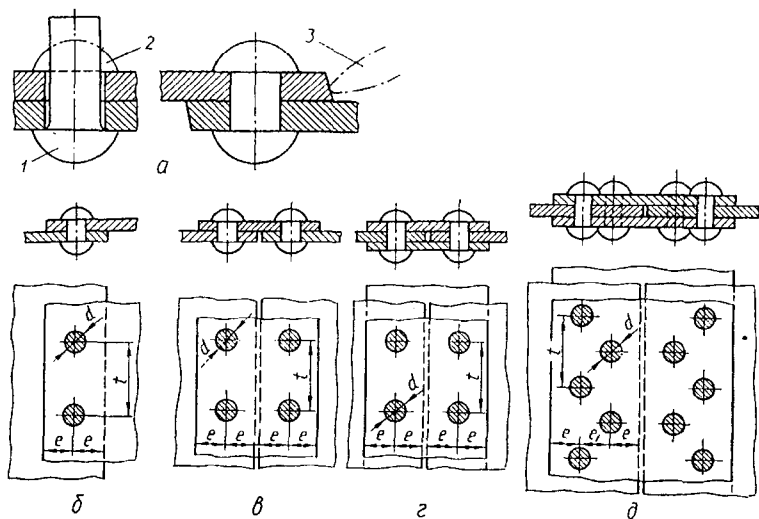


Рис. 2.8. Заклепочные соединения: а – образование заклепочного соединения; б – однорядный шов внахлестку; в – г – однорядный шов встык с двумя накладками; д – двухрядный шов встык с двумя накладками; 1 – заклепка с закладной головкой; 2 – замыкающая головка; 3 – чекан

Для скрепления деталей, изготовленных из сплавов меди и белой листовой стали, применяются неразъемные соединения, получаемые пайкой.

Для скрепления пластмассовых деталей между собой или со стальными применяются неразъемные клееные соединения.

В последнее время в связи с созданием специальных сортов различных клеев применение клеевых соединений значительно возрастает.

2.4. Передачи

2.4.1. Общие сведения

Передачей называется устройство, предназначенное для передачи механической энергии на расстоянии. В зависимости от способа передачи энергии различают передачи механические и передачи с преобразованием энергии (гидравлические, электрические и пневматические). В строительных и дорожных машинах наиболее распространенными являются механические и гидравлические передачи. Передачи не только передают движение, но изменяют скорость, а иногда характер и направление движения.

В каждой передаче тело, которое передает мощность, называется ведущим, а тело, которому передается эта мощность, ведомым.

В зависимости от способа передачи движения от ведущего тела вращения ведомому различают передачи трением с непосредственным контактом тел вращения и зацеплением, а также передачи с гибкой связью (рис. 2.9). Передачи трением с непосредственным контактом тел вращения носят название фрикционных (рис. 2.9, а), а с гибкой связью - ременных (рис. 2.9, б).

Передачи зацеплением при непосредственном контакте могут быть зубчатыми (рис. 2.9, в) или червячными (рис. 2.9, г), а с гибкой связью - цепными (рис. 2.9, д).

Основным параметром любой передачи является передаточное число, под которым понимают отношение угловой скорости ведущего тела передачи к угловой скорости ее ведомого тела или соответствующее отношение чисел оборотов:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.7)$$

При $i > 1$ ведомый вал передачи вращается медленнее ведущего, а при $i < 1$ наоборот быстрее ведущего. В строительных машинах в большинстве применяются в большинстве передачи, у которых $i > 1$, то есть замедляющие. Это необходимо для уменьшения скорости движения рабочего органа машины при больших угловых скоростях вала двигателя или для увеличения крутящего момента.

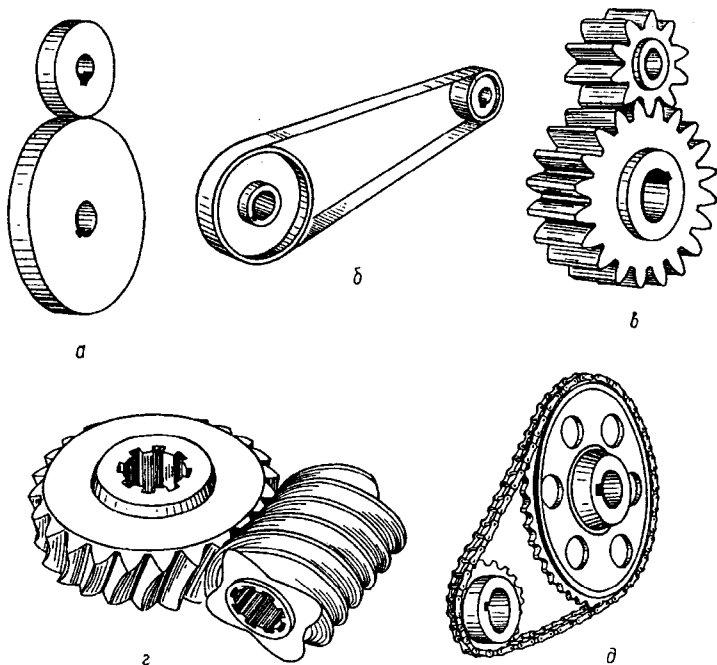


Рис. 2.9. Механические передачи: а – фрикционная; б – ременная; в – зубчатая; г – червячная; д – цепная.

Во многих случаях одной парой тел вращения нельзя обеспечить требуемое передаточное число. Тогда применяют ряд последовательно соединенных передач – так называемую многоступенчатую передачу, в которой ведомый вал первой пары является ведущим для второй и т.д.

Общее передаточное число такой передачи равно произведению передаточных чисел отдельных ступеней: для трехступенчатой передачи его можно записать как:

$$i_{\text{общ}} = i_1 i_2 i_3 = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_1} \cdot \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{\omega_2}{\omega_3} \quad (2.8)$$

Здесь i_1 – передаточное число ременной передачи; i_2, i_3 – передаточные числа первой и второй пары зубчатых колес.

В замедляющих передачах крутящий момент на ведомом валу всегда больше, чем на ведущем, так как снижение скорости обеспечивает увеличение силы.

Как известно из теоретической механики, для одного и того же вала крутящий момент M , передаваемая мощность N и угловая скорость связаны зависимостью:

$$M = \frac{N}{\omega} \quad (2.9)$$

Для первого вала эту зависимость можно записать как $M_1 = N_1/\omega_1$, для второго – $M_2 = N_2/\omega_2$ и т. д.

Разделив второе выражение на первое, получим:

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{N_2\omega_1}{N_1\omega_2}, \text{ или } M_2 = M_1 \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (2.10 \text{ и } 2.11)$$

Очевидно, отношение N_2/N_1 представляет собой коэффициент полезного действия передачи η , а ω_1/ω_2 – передаточное число.

Следовательно,

$$M_2 = M_1 \cdot \eta \cdot i, \text{ а } M_1 = \frac{M_2}{i \cdot \eta} \quad (2.21 \text{ и } 2.13)$$

Для многоступенчатой передачи это можно записать следующим образом:

$$M_n = M_1 i_{\text{общ}} \eta_{\text{общ}}, \quad (2.14)$$

где $i_{\text{общ}}$ и $\eta_{\text{общ}}$ представляют собой соответственно передаточное число и коэффициент полезного действия всех ступеней передачи.

Следовательно, в замедляющих передачах на каждом последующем валу крутящий момент будет возрастать, а мощность, вследствие потерь на трение в подшипниках и в самой передаче, уменьшаться.

2.4.2. Ременные передачи

Ременная передача состоит из ведущего и ведомого шкивов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга и соединенных между собой натянутым бесконечным ремнем на них (рис. 2.10, а). Благодаря трению, развиваемому между ремнем и шкивами, вращение ведущего шкива передается ведомому.

В зависимости от формы поперечного сечения ремней различают *плоскоремные* (рис. 2.10, б), *клиноременные передачи* (рис. 2.10, в) и *передачи круглым ремнем* (рис. 2.10, г).

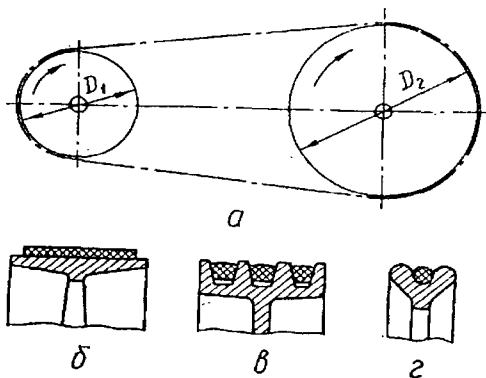


Рис.2.10. Ременная передача.

Клиновые ремни в сечении имеют форму трапеции, которая своими боковыми поверхностями касается боковых поверхностей канавок шкива. Глубина канавки делается больше высоты сечения ремня, чтобы между нижним основанием сечения ремня и дном канавки был зазор. Этим обеспечивается заклинивание ремня в канавке, увеличивается сцепление, а следовательно, и тяговая способность передачи. Клиноременная передача обладает плавностью и бесшумностью, малыми габаритами и возможностью передавать большие усилия вследствие параллельной установки необходимого количества ремней. Кроме того, как и всякая ременная передача, клиноременная предохраняет механизм от перегрузки за счет эластичности ремней и возможности их проскальзывания. В то же время свойство клиноременной передачи исключает постоянство передаточного числа и практически исключает возможность передавать очень большие мощности.

Различное натяжение ведущей и ведомой ветви ременной передачи приводит к обязательному упругому проскальзыванию ремня относительно шкива, из-за чего передаточное число этой передачи имеет следующий вид:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1(1-\varepsilon)} \quad (2.15)$$

где D_1 и D_2 – диаметры ведущего и ведомого шкивов; ε – коэффициент скольжения, зависящий от упругости и степени натяжения ремня.

При применении стандартных резинотканевых клиновых ремней коэффициент скольжения колеблется от 0,01 до 0,02.

2.4.3. Зубчатые передачи

Появление зубчатой передачи относится к глубокой древности. Изготавливались они тогда из дерева. Меньшее колесо имело шесть стержней (окружность легко делится на шесть частей), откуда и пошло название шестерня, а большое колесо получило название зубчатого.

Эти названия сохранились в русской технической терминологии и до настоящего времени.

Колеса зубчатых передач в зависимости от расположения их геометрических осей могут быть *цилиндрическими*, *коническими* или *винтовыми*.

Передача цилиндрическими колесами (рис. 2.11, а) применяется при параллельном расположении осей, коническими (рис. 2.11, б) – при пересекающихся осях и винтовыми (рис. 2.11, в) – при перекрещивающихся. Передачи цилиндрическими колесами могут быть *внешнего* (рис. 2.11, а) и *внутреннего зацепления* (рис. 2.11, г). В первом случае зубчатые колеса вращаются в противоположные стороны, а во втором – в одну и ту же.

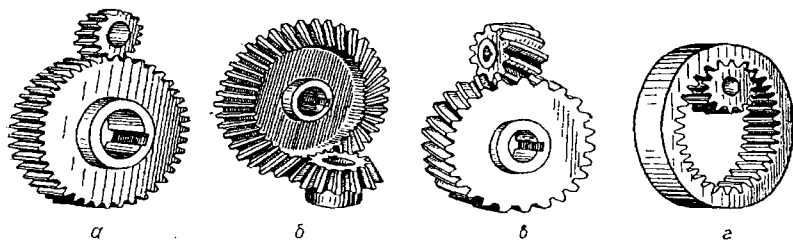


Рис. 2.11. Виды зубчатых передач: а – цилиндрическая внешнего зацепления; б – коническая; в – винтовая; г – цилиндрическая внутреннего зацепления

Во всех случаях вращение ведущего зубчатого колеса преобразуется во вращение ведомого зубчатого колеса через нажатие зубьев первого на зубья второго.

Профиль зубьев обычно выполняется по эвольвенте, очертание которой обеспечивает равномерное вращение колес, а следовательно, и постоянное передаточное число.

Эвольвентное зацепление показано на рис. 2.12. Окружности, проведенные из центров зубчатых колес и катящиеся одна по другой без скольжения, называются начальными.

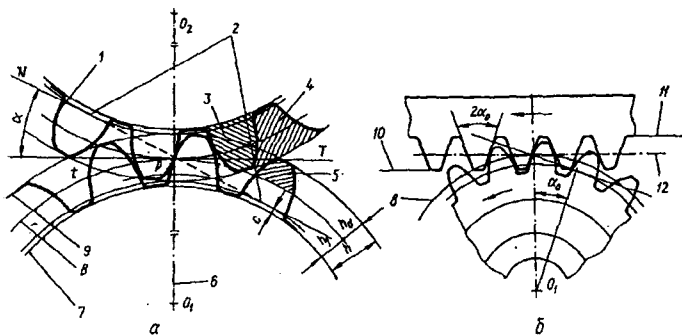


Рис. 2.12. Эвольвентное зацепление: а – цилиндрическими колесами; б – реечное зубчатое; 1 – профиль зуба; 2 – линия зацепления; 3 – ножка; 4 – впадина; 5 – головка; 6 – межосевая линия; 7 – окружность впадин; 8 – начальная окружность; 9 – окружность выступов; 10 – прямая выступов; 11 – прямая впадина; 12 – начальная прямая.

Окружность, проведенная по вершинам зубов, называется *окружностью выступов*, а окружность, описанная по впадинам, называется *окружностью впадин*.

Части зубов между начальной окружностью и окружностью выступов называются *головками зубов*, а нижние части, между начальной окружностью и окружностью впадин – *ножками зубов*.

Расстояние между одноименными точками двух соседних зубов, измеренное по дуге начальной окружности, называется *шагом зацепления*.

Основным параметром зубчатого зацепления является величина, называемая *модулем зацепления*. Измеряется модуль в миллиметрах и представляет собой отношение шага зацепления к числу π :

$$m = \frac{t}{\pi} \quad (2.16)$$

Длина начальной окружности равна произведению шага на число зубов:

$$\pi d = tz, \quad (2.17)$$

отсюда диаметр начальной окружности

$$d = \frac{t}{\pi} z = mz \quad (2.18)$$

Высота головки зуба h в стандартном зацеплении равна m . Поэтому диаметр окружности выступов, то есть наружный диаметр колеса,

$$D = m(z + 2).$$

Высота ножки зуба h_2 для обеспечения зазора между головкой зуба и дном впадины делается больше модуля и зависит от точности изготовления зубчатого колеса или шестерни.

Обычно высота ножки зуба $h_2 = 1,25m$.

Качение колес зубчатой передачи происходит без проскальзывания, отсюда

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}, \quad (2.19)$$

то есть передаточное число зубчатой пары равно отношению числа зубьев ведомого колеса к числу зубьев шестерни.

Для преобразования вращательного движения в поступательное (например, реечный домкрат) часто используют зубчатое зацепление, у которого радиус колеса бесконечно велик. Такое зацепление показано на рис. 2.12, а и носит название реечного зубчатого. В нем зацеплении начальная окружность шестерни перекатывается без скольжения по начальной прямой рейке; эвольвента зубьев приобретает прямолинейную форму, а зубья получают форму трапеции с углом наклона боковых сторон, равным углу зацепления.

Все цилиндрические зубчатые передачи обладают постоянством передаточного числа, компактностью и большим диапазоном передаваемых мощностей. Коэффициент полезного действия этих передач зависит от точности и чистоты поверхности зубьев, а также от способа смазки и находится для закрытых передач в пределах $\eta = 0,97-0,99$.

Для передачи вращающего момента между валами, оси которых пересекаются под углом, применяются конические передачи.

Наибольшее распространение имеют передачи с межосевым углом $\delta = 90^\circ$ (рис. 2.12, б). Зубья конических колес могут быть прямыми, косыми или криволинейными. Их профили выполняются также по эвольвенте, но сечение зуба уменьшается по мере приближения к вершине конуса. Поэтому шаг и модуль зуба по его длине меняются, имея наибольшее значение на максимальных диаметрах начальных конусов.

Передаточное число пары конических зубчатых колес определяется так же, как и в цилиндрических колесах:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} . \quad (2.20)$$

При работе конической зубчатой передачи всегда возникают значительные осевые усилия, которые должны быть восприняты опорами. Естественно, это вызывает дополнительные потери на трение, из-за которых КПД конических передач несколько ниже, чем цилиндрических: η равен 0,94...0,96.

При необходимости получения большого передаточного числа в передаче крутящего момента между скрещивающимися валами применяются передачи, которые носят название червячных (рис. 2.13).

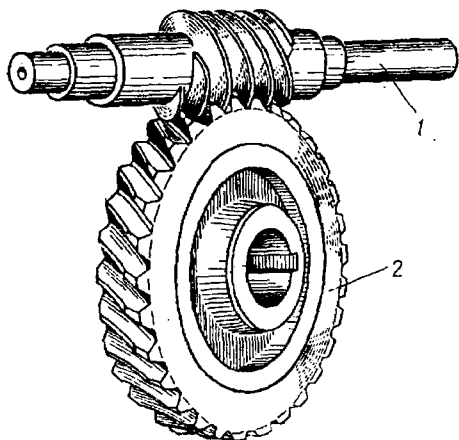


Рис. 2.13. Червячная передача: 1 – червяк; 2 – червячное колесо.

Червячная передача представляет собой зубчато-винтовую передачу и состоит из червяка – винта с трапецидальной резьбой – и червячного колеса – косозубого колеса с зубьями специальной формы.

При вращении червяка его витки, находящиеся в контакте с зубьями колеса, давят на них и заставляют поворачиваться колесо. Для обеспечения постоянного и равномерного движения необходимо, чтобы осевой шаг червяка был равен торцевому шагу червячного колеса. В этих передачах за каждый оборот червяка колесо поворачивается на один зуб при однозаходной резьбе, на два зуба – при двухзаходной резьбе и т. д. С помощью таких передач можно получить передаточное число больше 200 (обычно – 50–60).

$$i = \frac{z_k}{z_q} = \frac{n_q}{n_k}, \quad (2.21)$$

где z_q – число заходов червяка;
 z_k – число зубьев колеса;
 n_q – число оборотов червяка;
 n_k – число оборотов колеса.

Возможность получения большого передаточного числа, компактность, плавность и бесшумность являются неоспоримыми достоинствами червячной передачи.

Существенный ее недостаток – низкий коэффициент полезного действия η равный 0,7–0,75. Постоянно работающая червячная пара потребляет значительную мощность, выделяет большое количество тепла и требует обязательного интенсивного охлаждения. Этим объясняется сравнительно редкое применение червячных передач особенно в механизмах, передающих большие мощности.

Червячные передачи обычно отличаются свойством самоторможения. Это свойство используется в грузоподъемных устройствах. Если бы привод барабана, с помощью которого поднимается груз, имел, например, зубчатую передачу, то пришлось бы устанавливать тормозное устройство, чтобы груз не опускался. При наличии самотормозящейся червячной передачи обратного движения быть не может.

Если необходимо получить большие передаточные числа, обычно прибегают к многоступенчатым зубчатым передачам в основном с цилиндрическими зубчатыми парами. Такие многоступенчатые передачи называются *редукторами*. Редукторы выпускаются промышленностью как самостоятельные изделия. Они стандартизированы и могут быть установлены в любой машине в соответствии со своими параметрами. Редукторы выпускаются одно-, двух-, трех- и многоступенчатыми с различными зубчатыми передачами (цилиндрическими, червячными, коническо-цилиндрическими и т.д.). Основными параметрами редукторов являются передаваемая мощность, передаточное число и скорость вращения ведущего вала.

В редукторах передачи располагаются внутри корпусов специальной конструкции. Нижняя часть корпуса редуктора обычно заполняется маслом, уровень которого контролируется. При вращении колес часть из них, окунаясь в масляную ванну редуктора, поднимает масло и разбрызгивает его, обеспечивая смазку трущихся поверхностей.

Корпусы редукторов снабжаются опорными лапами для крепления к фундаментам или рамам, или рым-болтами для монтажа и ребрами для увеличения теплоотдачи и жесткости.

2.4.4. Цепные передачи

При сравнительно больших межосевых расстояниях, когда нецелесообразно использовать зубчатые передачи из-за их громоздкости и ременные передачи – в связи с требованиями компактности или постоянства передаточного числа, применяются цепные передачи.

Цепная передача состоит из расположенных на некотором расстоянии друг от друга двух колес, называемых звездочками, и охватывающей их цепи (рис. 2.14). Вращение ведущей звездочки преобразуется во вращение ведомой при сцеплении их со звеньями цепи и передаче окружного усилия через натянутую цепь.

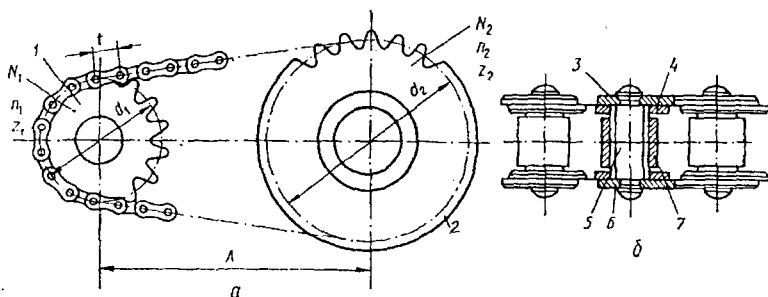


Рис. 2.14. Цепная передача: а – общий вид; б – конструкция втулочно-роликной цепи; 1 – ведущая звездочка; 2 – ведомая звездочка; 3 – наружное звено; 4 – внутреннее звено; 5 – ось; 6 – втулка; 7 – ролик

Цепные передачи, работающие при больших нагрузках и скоростях, помещают в специальные кожухи (картеры), в которых они постоянно и обильно смазываются и защищаются от загрязнения.

Передаточное число цепной передачи определяется, как и в любой передаче, зацеплением:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}, \quad (2.22)$$

где z_1 и z_2 – числа зубьев ведущей и ведомой звездочек передачи.

В качестве приводных цепей обычно применяются роликовые, втулочные, зубчатые и крючковые.

Втулочно-роликовая цепь (рис. 2.14, б) состоит из наружных 3 и внутренних 4 звеньев, соединенных попарно при помощи осей 5 и втулок 6. Каждая пара звеньев свободно поворачивается относительно другой.

В роликовой цепи на втулки надеты ролики 7, которых нет во втулочной цепи. Ролики во время набегания на ведущую 1 и ведомую 2 звездочки проворачиваются, уменьшая тем самым износ зубьев.

При больших окружных усилиях применяются двух- и трехрядные роликовые цепи, конструкция которых аналогична рассмотренной.

Детали приводных цепей делаются из специальных сортов легированных сталей и подвергаются термической обработке, что обеспечивает необходимую прочность и долговечность цепей.

Все цепные передачи требуют постоянного ухода (смазка, регулировка) и выходят из строя в основном из-за износа шарниров цепей, который приводит к увеличению шага и удлинению самой цепи.

К достоинствам цепных передач относятся: применимость в широком диапазоне межцентровых расстояний, малые габариты и масса, простота замены и высокий КПД.

К недостаткам – возможность внезапного обрыва, удлинение вследствие износа и необходимость натяжных устройств, неравномерность скорости, особенно при малом числе зубьев звездочки.

2.5. Детали передач

2.5.1. Оси и валы

Для поддержания вращающихся деталей (шкивы, зубчатые колеса, звездочки, блоки, катки, барабаны и т.д.) служат оси. Они могут быть вращающимися (вместе с установленными на них деталями) или невращающимися (относительно которых вращаются установленные на них детали). Оси воспринимают нагрузку от расположенных на них деталей и работают на изгиб.

Детали, которые в отличие от осей в основном предназначены для передачи моментов, называются *валами*. Валы, несущие на себе детали, через которые передается крутящий момент, воспринимают от этих деталей нагрузки и поэтому работают одновременно на кручение и изгиб.

Оси представляют собой прямые (в большинстве случаев переменного сечения) стержни, а валы могут быть как прямыми, так и коленчатыми и гибкими (рис. 2.15).

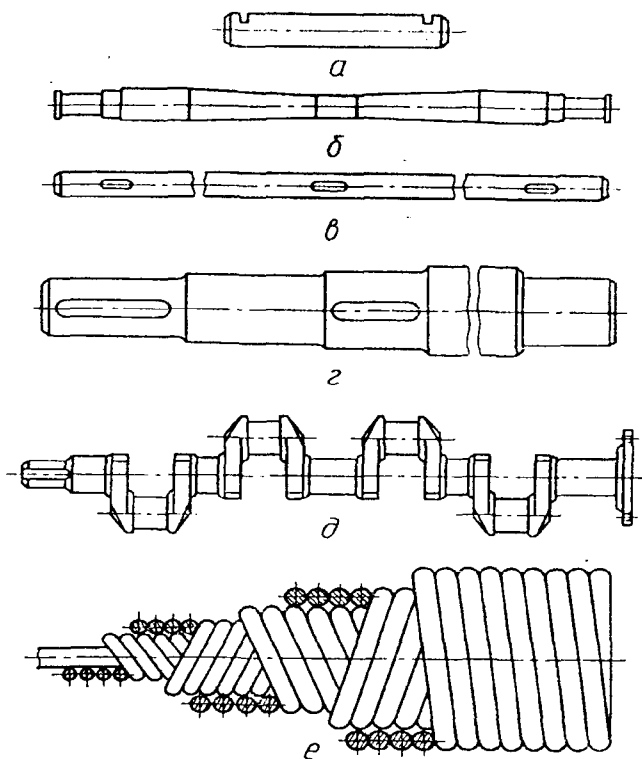


Рис.2.15. Оси и валы: а - невращающаяся ось; б - вращающаяся ось; в - гладкий прямой вал; г - ступенчатый прямой вал; д - коленчатый вал; е - гибкий вал

Оси валов вращающиеся относительно опор, называются подшипниками. Те части валов или осей, которыми они непосредственно ложатся на опоры, называются цапфами. Цапфы, воспринимающие осевую нагрузку, называются пятнами. Оси обычно имеют круглое сечение, диаметр которого по длине чаще всего переменен. В результате этого ось чаще всего приобретает форму ступенчатого цилиндра.

Изготавливаются оси обычно из конструкционных или качественных углеродистых сталей, а размеры поперечного сечения осей задаются из условий расчета на прочность по максимальному изгибающему моменту. Ось рассматривают при этом как балку на шарнирных опорах.

Во вращающейся оси, даже при постоянной нагрузке, напряжения меняются по симметричному циклу, поэтому при прочих равных условиях она должна иметь больший диаметр, чем неподвижная. Валы, как и оси, изготавливают в основном из углеродистых и легированных сталей.

При расчете валы и оси рассматриваются как балки на шарнирных опорах и рассчитываются на прочность. Определяют величины изгибающих и крутящих моментов в опасных сечениях. Если нагрузки действуют в разных плоскостях, то их обычно раскладывают на две взаимно перпендикулярные плоскости.

Для определения результирующего момента изгибающие моменты во взаимно перпендикулярных плоскостях геометрически складывают по формуле:

$$M_u = \sqrt{M_z^2 + M_a^2}, \quad (2.23)$$

где M_z – момент от сил, действующих в горизонтальной плоскости;
 M_a – момент от сил, действующих в вертикальной плоскости.

Диаметр валов, работающих на изгиб и кручение, находят по формуле:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10\sqrt{M_u^2 + M_k^2}}{[\sigma]}}, \quad (2.24)$$

где M_u – изгибающий момент в сечении;
 M_k – крутящий момент в сечении;
 $[\sigma]$ – допускаемое напряжение.

Диаметр осей, работающих только на изгиб (т.е., когда $M_k = 0$), определяется по формуле (2.25)

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_u}{[\sigma]}}, \quad (2.25)$$

Установлено, что величина максимальных прогибов не должна быть больше 0,0003 от расстояния между опорами вала, а в местах установки зубчатых колес – не более 0,03 от величины модуля зацепления. Если валы и оси не отвечают таким требованиям, то их проверяют на жесткость.

Гибкие валы. Для передачи движения между деталями, расположенными так, что жесткую связь нельзя осуществить (например, для при-

вода вибраторов, механизированных инструментов и других механизмов), применяются гибкие валы (рис. 2.15, е).

Эти валы делают из нескольких слоев проволоки, плотно намотанных на сердечник, причем каждый слой имеет противоположное направление навивки. Направление навивки наружного слоя противоположно тому, которое должен иметь вал при работе, чтобы проволока не раскручивалась, а также, чтобы при вращении вала внутренние слои уплотнялись. Броня, покрывающая гибкий вал, вместе с ним не вращается. Она обеспечивает заданное направление, защищает вал от повреждений, удерживает на нем смазку и предохраняет рабочих от захвата валом.

2.5.2. Подшипники

Подшипниками называются детали, которые воспринимают и передают на раму, корпуса или станины опорные реакции, возникающие на цапфах валов и вращающихся осей. Различают подшипники скольжения и качения.

Подшипники скольжения. По своей конструкции подшипники скольжения делятся на неразъемные (глухие) и разъемные. Неразъемные относятся к простейшим подшипникам, применяемым при небольших угловых скоростях вращения валов и осей.

Выполняются они (рис. 2.16) в виде втулок *1* из антифрикционных материалов, запрессованных непосредственно в корпусную деталь (раму или станину) или в отдельную деталь, прикрепляемую к раме. Главный недостаток всех этих подшипников состоит в том, что устранить увеличенный зазор, образуемый в результате износа втулки и цапфы, можно только заменой втулки.

Более современными являются разъемные подшипники, конструкция одного из которых показана на рис. 2.17. Этот подшипник состоит из корпуса *1* и крышки *2*, между ними болтами зажаты нижний *4* и верхний *3* вкладыши. Вкладыши подшипника изготавливаются из антифрикционных материалов или покрываются ими по внутренней поверхности.

В разъем между вкладышами перед их расточкой устанавливаются металлические прокладки *5*, которые по мере износа трущихся частей удаляются, позволяя уменьшить зазор между цапфой и вкладышем.

Существует множество и других конструкций подшипников скольжения. Однако подшипники скольжения обладают рядом недостатков: большие потери энергии на трение; необходимость использования дорогих антифрикционных материалов; большие размеры в осевом направлении; сложность в эксплуатации. Вместе с тем подшипники скольже-

ния имеют и некоторые неоспоримые преимущества: малые размеры подшипника в радиальном направлении; работоспособность при очень больших скоростях; бесшумность; разъемность; работоспособность в химически активных средах.

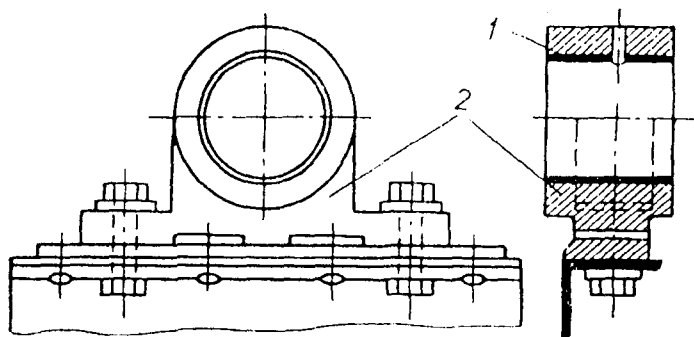


Рис. 2.16. Подшипник скольжения глухой: 1 – антифрикционная втулка; 2 – корпус подшипника.

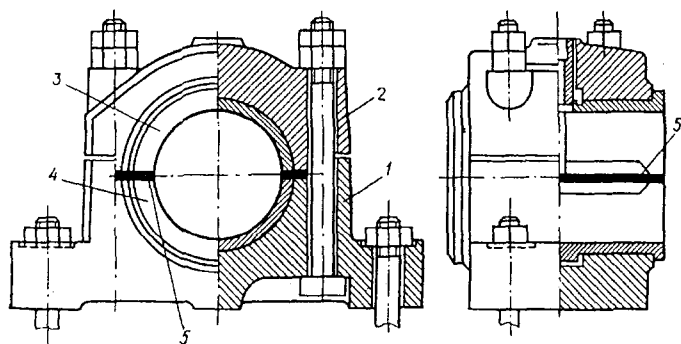


Рис.2.17. Подшипник скольжения разъемный: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – вкладыш верхний; 4 – вкладыш нижний; 5 – набор прокладок

Значительные потери на трение приводят к нагреву подшипников, вследствие чего ухудшается смазка и повышается износ.

Смазка подшипников скольжения может быть местной и централизованной, а по характеру действия – периодической и непрерывной. При местной смазке каждый подшипник смазывается отдельным смазочным устройством (масленкой), а при централизованной – одно устройство распределяет смазку между рядом подшипников.

В современных сложных машинах с быстроходными валами основной является централизованная смазка, при которой масло с помощью масляного насоса под давлением нагнетается через масляные фильтры в подшипники. По такой схеме выполняется, например, смазка двигателей внутреннего сгорания. Более простым способом непрерывной смазки является смазка разбрызгиванием, широко применяемая в различного рода редукторах.

Подшипники качения. Конструкции подшипников качения основных типов показаны на рис. 2.18. По форме тела качения подшипники делятся на шариковые, роликовые и игольчатые. Роликоподшипники по сравнению с шарикоподшипниками обладают большей нагрузочной способностью. По направлению действия нагрузки, воспринимаемой подшипником, они делятся на радиальные, упорные и радиально-упорные.

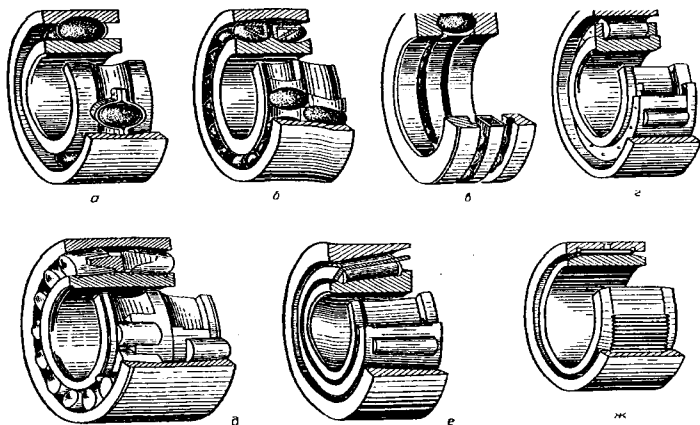


Рис. 2.18. Подшипники качения: а – радиальный однорядный шариковый; б – шариковый двухрядный радиальный; в – шариковый упорный; г – роликовый двухрядный сферический (самоустанавливающийся); д – конический радиально-упорный; ж – игольчатый (радиальный).

По числу рядов тел вращения подшипники могут быть одно- и двухрядными.

Чтобы ролики или шарики находились на одинаковом расстоянии один от другого, в подшипниках предусмотрены сепараторы, представляющие собой штампованные кольца с отверстиями для роликов или шариков.

Шариковые подшипники применяют в передачах с малыми и средними нагрузками.

Роликовые подшипники устанавливают в передачах с большими нагрузками, которые могут быть почти в 2 раза больше, чем для шариковых.

Радиальные подшипники предназначены для передачи радиальных усилий при точной установке вала, а радиальные сферические – для тех случаев, когда нельзя гарантировать строгую соосность опор. Роликовые подшипники не допускают нагружения даже незначительными осевыми усилиями.

Основным преимуществом подшипников качения является значительно меньший, чем у подшипников скольжения, коэффициент трения. Так, для шарикоподшипников приведенный коэффициент трения $f = 0,001-0,003$, для роликоподшипников он примерно вдвое больше, а для подшипников скольжения $f = 0,02-0,04$. Кроме того, подшипники качения просты в монтаже и обслуживании, расходуют малое количество смазки, имеют сравнительно низкую стоимость и малые габариты в осевом направлении.

Основными недостатками подшипников качения являются значительные габариты в радиальном направлении, невозможность разъема в осевой плоскости и плохое восприятие ударных нагрузок.

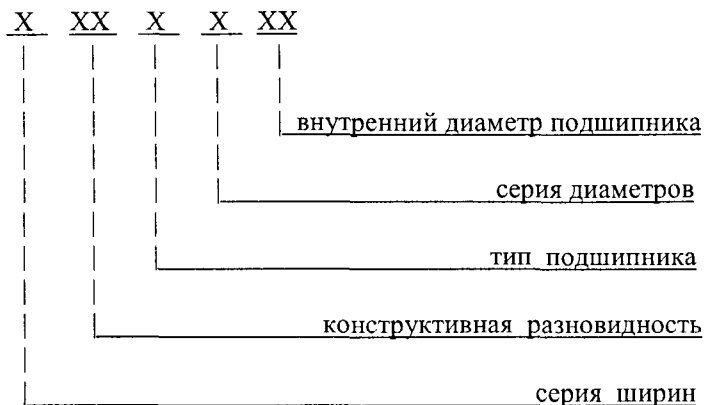
Номинальный размер, определяющий подшипник, – диаметр расточки внутреннего кольца. Подшипники разных серий при одном и том же внутреннем диаметре имеют различные наружные размеры.

Подшипники качения очень чувствительны к абразивному износу. Поэтому они должны быть хорошо изолированы от проникновения пыли. Для этой цели их закрывают крышками или специальными уплотнительными деталями, которые носят название сальников и монтажных уплотнителей.

Для смазки подшипников качения применяются консистентные смазки и жидкие минеральные масла.

Основные условные обозначения подшипников.

Порядок расположения знаков условных обозначений подшипников с внутренним диаметром от 10 до 495 мм следующий:



Первые две цифры определяют внутренний диаметр подшипника. Обозначения внутренних диаметров подшипников от 10 до 20 мм должны соответствовать указанным в табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Внутренний диаметр подшипника, мм	Обозначение
10	00
12	01
15	02
17	03

Внутренние диаметры подшипников (втулок) от 20 до 495 мм включительно обозначают частным от деления значения этого диаметра на 5.

Обозначения серий по наружному диаметру приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2.

Цифра	8:9	1:7	2	5	3	6	4
Серия	Сверх легкая	Особо легкая	Легкая	Легкая широкая	Средняя	Средняя широкая	Тяжелая

Типы подшипников указаны в табл. 2.3.

Типы подшипников	Обозначение
Шариковый радиальный	0
Шариковый радиальный сферический	1
Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	2
Роликовый радиальный со сферическими роликами	3
Роликовый игольчатый	4
Роликовый игольчатый	6
Шариковый радиально-упорный	7
Роликовый конический	8
Шариковый упорный, шариковый упорно-радиальный	8
Роликовый упорный, роликовый упорно-радиальный	9

Конструктивная разновидность подшипников обозначается двумя цифрами от 00 до 99. Основные конструктивные разновидности подшипников определяются по ГОСТ 3395-75.

Примеры условных обозначений подшипников качения (основные обозначения подчеркнуты).

75-3180206 E T202: шариковый радиальный однорядный легкой широкой серии с диаметром отверстия 30 мм, имеет два армированных уплотнения, класс точности 5, радиальный зазор по 7-му ряду, сепаратор из пластического материала.

12M42-201: шариковый радиальный однорядный легкой серии с диаметром отверстия 12 мм, класс точности 2, радиальный зазор по 4-му ряду, момент трения по 12-му ряду.

2.5.3. Муфты

Устройства, предназначенные для соединения валов между собой или валов с находящимися на них деталями и передающих крутящие моменты от одного вала к другому, называются *муфтами*.

Муфты, осуществляющие постоянные соединения, носят название постоянных (неуправляемых), а те, что позволяют в процессе работы машины разъединять соединяемые детали, – сцепных (управляемых).

Применение постоянных муфт определяется технологическими требованиями изготовления машин, а сцепных – их кинематикой.

Муфты в строительных машинах достаточно разнообразны по своей конструкции, поэтому рассмотрим лишь основные, наиболее распространенные.

Постоянные муфты. Могут быть глухими, предназначенными для соединения строго соосных валов, и компенсирующими – ими соединяются валы, имеющие некоторую подвижность или несоосность. Самыми распространенными глухими муфтами являются втулочные и поперечно-свертные.

Наиболее просты втулочные муфты (рис. 2.19, а). Крутящий момент от ведущего вала 1 на втулку 2 и от нее ведомому валу 4 передается с помощью шпонок 3 или штифтов, а сама муфта в осевом направлении фиксируется установочными винтами 5. Недостаток таких муфт в необходимости большого осевого смещения валов при монтаже и демонтаже.

К наиболее распространенным компенсирующим муфтам относятся упругая втулочно-пальцевая и плавающая, или крестовая.

Втулочно-пальцевая муфта (рис. 2.19, б) – поперечно-свертная, состоит из двух полумуфт-фланцев 6 и 9, укрепленных на ведущем и ведомом валах. В одной из полумуфт закреплены пальцы 7 с надетыми на них резиновыми втулками. Эти втулки входят в цилиндрические отверстия второй полумуфты. Таким образом, крутящий момент от одной полумуфты к другой передается через упругий элемент – резиновые втулки, позволяющие компенсировать незначительную неточность в установке валов. Втулочно-пальцевые муфты широко применяются для соединения вала электродвигателя с валом передач.

Плавающая муфта (рис. 2.19, в) состоит из двух полумуфт 10 и 12, закрепленных на ведущем и ведомом валах. Между полумуфтами устанавливается диск 11 с крестообразно расположенными на его торцах двумя выступами, которые входят в соответствующие пазы полумуфт. Если смещение валов незначительно, то перемещение диска выступами по пазам полумуфт при вращении полумуфт компенсирует эту несоосность. Такие плавающие муфты позволяют передавать значительные крутящие моменты и широко используются для соединения, например, барабанов лебедок с редукторами их приводов.

Широкое применение, особенно в приводах колесных машин, нашли так называемые шарнирные муфты (рис. 2.19, г). Они применяются для постоянного соединения валов, работающих под углом один к другому, позволяя изменять этот угол при передаче крутящего момента. Такая муфта состоит из двух вилок 13 и 15, соединенных между собой крестовиной.

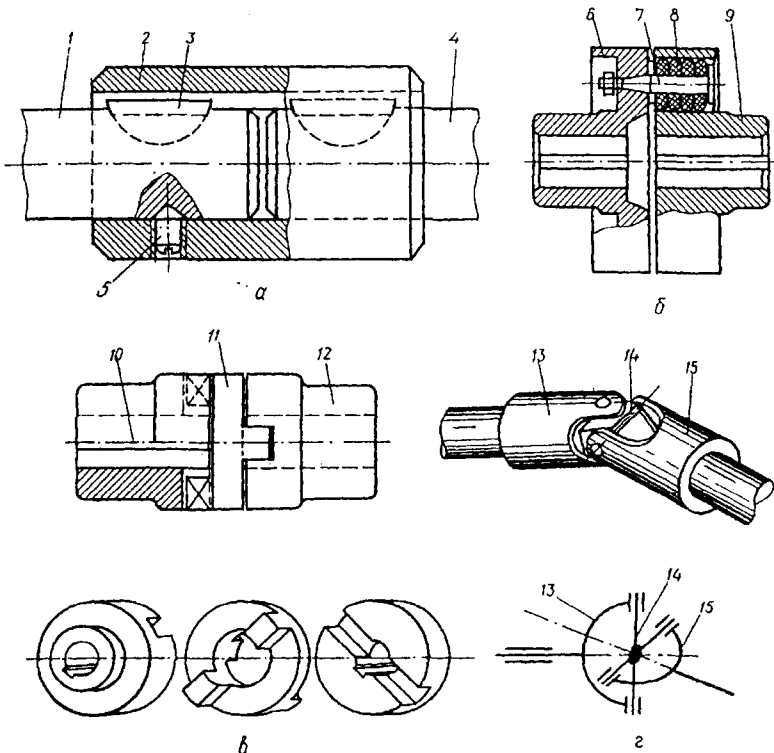


Рис. 2.19. Муфты: а – втулочная; б – упругая втулочно-пальцевая; в – плавающая муфта; 1 – ведущий вал; 2 – втулка; 3 – шпонки; 4 – ведомый вал; 5 – установочный винт; 6 – левая полумуфта; 7 – палец; 8 – резиновая втулка; 10 – ось; 11 – диск; 9, 12 – правые полумуфты; 13 – левая вилка; 14 – крестовина; 15 – правая вилка

Сцепные муфты. Применяемые в строительно-дорожных машинах сцепные муфты по способу передачи крутящего момента могут быть кулачковыми, зубчатыми, фрикционными и гидравлическими.

Кулачковые и зубчатые муфты обеспечивают постоянную жесткую связь ведущего и ведомого валов, но не допускают их включения на ходу под нагрузкой и при значительной разнице в угловых скоростях между ведомым и ведущим валами.

Разновидностью кулачковой является *зубчатая муфта*, в которой передача крутящего момента производится с помощью большого числа

кулачков-зубьев, выполненных на одной полумуфте в виде внутреннего зацепления, а на второй – в виде внешнего с равным первой муфте числом зубьев.

Такие муфты применяются в коробках передач автомобилей, тракторов и других самодвижущихся машин. Боковые поверхности зубьев в этом случае выполняются обычно, как и в зубчатых колесах, по эвольвентному профилю, удобному с технологической точки зрения.

Наибольшее применение в качестве сцепных получили *фрикционные муфты*, в которых крутящий момент передается за счет сил трения.

В зависимости от формы поверхностей трения различают следующие фрикционные муфты: дисковые, конусные, ленточные и пневмокамерные. Схематически устройство этих муфт показано на рис. 2.20, на котором стрелками указано движение ведомой муфты.

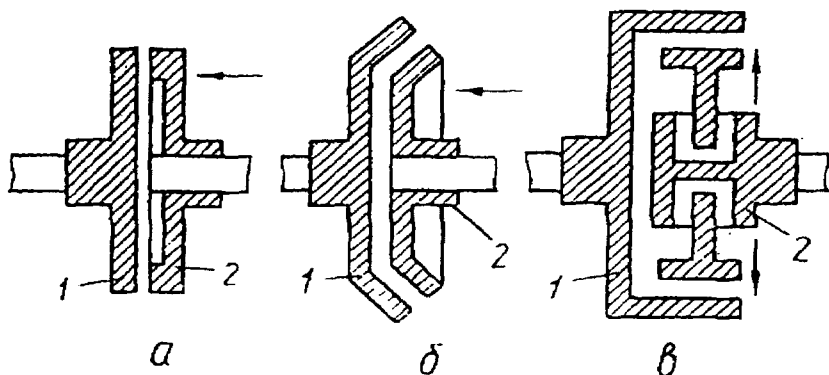


Рис. 2.20. Схемы фрикционных муфт: а – дисковая; б – конусная; в – цилиндрическая; 1 – ведущая полумуфта; 2 – ведомая полумуфта

Крутящий момент, передаваемый муфтой, зависит от силы трения, развиваемой между трущимися поверхностями, и плеча ρ среднего радиуса, на котором приложена эта сила трения. В свою очередь, сила трения определяется нормальным давлением и коэффициентом трения. Для получения максимальных значений силы трения в большинстве случаев трущиеся поверхности муфт покрываются специальными фрикционными материалами – композиционными пластмассами, наполнителем в которых является асбест.

Чтобы уменьшить габариты муфт при необходимости передавать значительные крутящие моменты, применяются муфты с несколькими поверхностями трения (многодисковые, двухконусные и т. д.).

В зависимости от назначения усилие прижатия поверхностей трения в муфте может быть постоянным, если выключение муфты производится лишь на короткие промежутки времени, или периодическим, если муфта включается на короткие промежутки времени. Для создания постоянного усилия применяются предварительно затянутые пружины. Выключаться и включаться периодически работающая муфта может рычажной системой с воздействием на нее мускульной силы человека или (что теперь является основным) с помощью гидравлической или пневматической системы управления. В некоторых машинах включение или выключение муфт производится электромагнитными устройствами.

На быстроходных валах, у которых проскальзывание поверхностей трения муфты при включении больше, чем у тихоходных, обычно применяются *дисковые муфты* с несколькими поверхностями трения.

Глава 3. СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИЛОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ

3.1. Силовое оборудование машин

Чтобы машина работала, к ее рабочим органам нужно подвести механическую энергию. Вырабатывается эта энергия силовым оборудованием, а передается – трансмиссией. Совокупность силового оборудования и трансмиссии называют приводом машины. Особенности технологии производства работ, условия эксплуатации и режимы нагружения определяют требования к приводам машин. От технологии зависит последовательность включения, выключения и реверсирования движения механизмов, совмещение их действий. Условия эксплуатации – работа на открытом воздухе в любое время суток и года в различных климатических поясах и зачастую вдали от населенных мест – определяют требования высокой надежности и ремонтпригодности, доступности мест смазки, возможности контроля и регулировки, работоспособности при больших поперечных и продольных уклонах и в условиях бездорожья. Хороши в эксплуатации конструкции, в которых широко использованы базовые машины и стандартные узлы.

Режимы нагружения характеризуются продолжительностью непрерывной работы привода, частотой включения, закономерностями изменения внешней нагрузки и скоростью движения ведомого звена. В основные периоды времени они определяются процессами взаимодействия рабочих органов машин с обрабатываемым материалом, а в переходные – процессами разгона, торможения и реверсирования масс, их подъемом или опусканием. Предпочтение отдают таким приводам, которые обеспечивают максимальное использование установленной мощности при высоком к. п. д., хорошо воспринимают динамические нагрузки, а также легко и просто управляются и автоматизируются.

По типу и структуре силового оборудования различают приводы с первичными или вторичными двигателями, одномоторные или многомоторные. Трансмиссии могут быть однопоточными, многопоточными, механическими, гидравлическими, электрическими, пневматическими или комбинированными (гидромеханическими, электрогидравлическими и т. п.). Управление приводами бывает ручным, механизированным, автоматическим или полуавтоматическим, ступенчатым или бесступенчатым.

На дорожных машинах в основном применяются приводы с первичными двигателями, у которых образующаяся при сгорании топлива энер-

гия непосредственно преобразуется в механическую работу. Машины с такими двигателями автономны, т. е. могут работать вдали от населенных пунктов и других источников энергии. К первичным двигателям относятся двигатели внутреннего сгорания и паровые машины. Из-за больших габаритов и массы, а также низкого к. п. д. паровые машины в настоящее время не применяются.

Основными параметрами двигателей внутреннего сгорания, характеризующими их работу, является мощность N_d крутящий момент M_d и угловая скорость ω_d . Связь между этими параметрами представлена на рис. 3.1, из которого видно, что изменение крутящего момента от нуля до номинала соответствует изменению скорости вращения на 8–12% у дизелей и на 20% у карбюраторных двигателей. Двигатели внутреннего сгорания способны развивать крутящие моменты, превышающие номинальное значение. Однако при этом их угловая скорость резко падает. Перегрузочная способность двигателей внутреннего сгорания характеризуется коэффициентом приспособляемости

$$k_M = \frac{M_{d \max}}{M_{d \text{ ном}}} \approx 1.1 \div 1.3 \quad (3.1)$$

где $M_{d \max}$ и $M_{d \text{ ном}}$ – максимальное и номинальное значения крутящего момента двигателя.

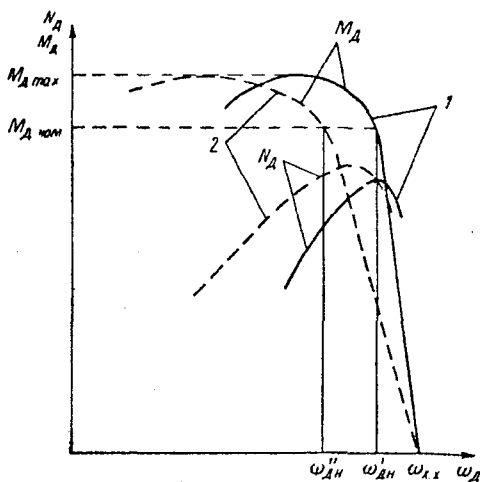


Рис. 3.1. Внешние характеристики двигателей внутреннего сгорания: 1 – дизель; 2 – карбюраторный двигатель

Так как этот коэффициент сравнительно мал, двигатели внутреннего сгорания не могут разгоняться под нагрузкой и “глохнуть” уже при скорости вращения, составляющей 50–60% от номинальной. Поэтому их следует выбирать с некоторым запасом, который характеризуется коэффициентом загрузки по мощности

$$k_N = \frac{N_{Дном}}{N_{Д max}} \quad (3.2)$$

где $N_{д max}$ и $N_{д ном}$ – максимальное и номинальное значения мощности двигателя.

Для дорожных машин принимают $k_N = 0,75–0,9$.

В качестве вторичных приводных двигателей применяются асинхронные электродвигатели, перегрузочная способность которых несколько выше, чем у двигателей внутреннего сгорания.

Трансмиссия включает одну или несколько передач, систему управления и вспомогательные средства. В приводах дорожных машин широко применяются механические передачи. Они имеют высокий к. п. д., надежны в работе и просты в обслуживании. Эти передачи состоят из зубчатых, цепных, ременных и других механизмов, которые образуют редукторы, коробки скоростей, ведущие мосты и т. п. С помощью механических передач можно подводить энергию не только к одному, а к нескольким исполнительным механизмам, реверсировать их движение и ступенчато изменять величину скорости и крутящего момента на ведомом валу.

Пренебрегая податливостью звеньев, а также влиянием люфтов в сопряжениях, полагают, что кинематические и нагрузочные параметры ведомого вала механических передач не зависят друг от друга и определяются следующими соотношениями:

$$\omega_2 = i_m \omega_1 \quad \text{и} \quad M_2 = \eta M_1 \frac{1}{i_m} \quad (3.3)$$

где M_1 и M_2 – крутящие моменты на входе передачи (вал приводного двигателя) и на выходе; i_m – общее передаточное отношение механизма; η – общий к.п. д. передачи.

Ввиду невозможности бесступенчатого регулирования скорости вращения и крутящего момента, возникновения динамических нагрузок при колебании внешних возмущений, громоздкости и сложности конструкции, механические передачи часто заменяются комбинированными – гидромеханическими или электромеханическими.

3.2. Электрические передачи

На крупных дорожных машинах и базовых тягачах, мощность силовой установки которых составляет 100–150 кВт и более, могут применяться электрические передачи постоянного и переменного тока. Эти передачи состоят из генератора и одного или нескольких электродвигателей. Генераторы, как правило, приводятся дизельными двигателями и образуют с ними один агрегат. Режимы работы генератора согласовываются с характеристикой приводного двигателя в направлении полного использования мощности силовой установки даже при изменении внешней нагрузки в широком диапазоне. Эта задача успешно решается в случае, когда электрическая передача позволяет бесступенчато регулировать скорость ведомого элемента, при этом выполняется условие

$$N_{д ном} = M_2 \omega_2 = const. \quad (3.4)$$

где M_2 и ω_2 – крутящий момент и угловая скорость ведомого звена передачи; $N_{д ном}$ – номинальная мощность приводного двигателя.

В электрических передачах постоянного тока изменением угловой скорости и крутящего момента электродвигателя производится регулированием тока возбуждения. При этом применяют схемы с параллельным, последовательным и смешанным включением обмоток возбуждения электромашин. В электрических передачах переменного тока эта же задача решается введением преобразователей частоты питания электродвигателей. Регулируемые электропередачи сложны и обладают большой массой. Поэтому чаще применяют более простые и дешевые нерегулируемые электропередачи переменного тока, хотя по своим характеристикам они близки к механическим передачам.

Механические характеристики электропередач отображают зависимости угловой скорости ω_2 и мощности N_2 от крутящего момента M_2 , на валу электродвигателя. Различают сверхжесткие, жесткие и мягкие характеристики электродвигателей. Сверхжесткой характеристикой обладает синхронный электродвигатель, питаемый электроэнергией постоянной частоты, и специальные двигатели постоянного тока с параллельным возбуждением и автоматическим регулированием угловой скорости. Жесткая характеристика имеет небольшое падение угловой скорости (5–10%) при изменении крутящего момента на валу электродвигателя от нуля до номинала. Эта характеристика наблюдается у электродвигателей постоянного тока с параллельным возбуждением и у асинхронных электродвигателей с малым сопротивлением в цепи ротора. Мягкая

характеристика имеет большое падение угловой скорости (20% и выше) при изменении нагрузки от нуля до номинала. Такую характеристику имеют электродвигатели постоянного тока последовательного или смешанного возбуждения, электродвигатели параллельного возбуждения с большим сопротивлением в цепи якоря, система генератор–двигатель с трехобмоточным генератором, асинхронные электродвигатели с большим сопротивлением в цепи ротора, специальные системы. Графическое изображение механических характеристик электродвигателей разной степени жесткости приведено на рис. 3.2.

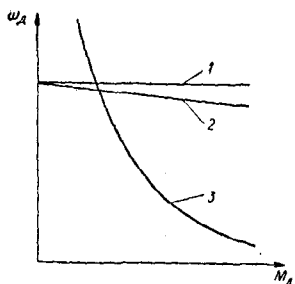


Рис. 3.2. Механические характеристики электропередач: 1 – сверхжесткая; 2 – жесткая; 3 – мягкая

3.3. Гидродинамические передачи

Большое распространение в приводах дорожных машин получили гидродинамические передачи, к числу которых относят гидромuffты и гидротрансформаторы. У них движение ведомых звеньев осуществляется без жестких связей – посредством рабочей жидкости. Гидродинамические передачи обеспечивают разгон и торможение, хорошо гасят крутильные колебания, выполняют функции автоматических бесступенчатых коробок скоростей, согласовывают работу нескольких механизмов, получающих энергию от одного приводного двигателя. Поэтому они широко применяются в трансмиссиях землеройно-транспортных машин, одноковшовых экскаваторов, погрузчиков, камнедробилок и т. п., приводимых в движение двигателями внутреннего сгорания или асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями.

Если гидродинамическую передачу, конструктивная схема которой изображена на рис. 3.3, заполнить рабочей жидкостью, а ведущий вал 1 с насосным колесом 2 привести во вращение, используя энергию приводного двигателя, то под действием центробежных сил начнется движение жидкости, сопровождаемое “закруткой” ее потока. При этом происходит преобразование механической энергии ведущего вала в энергию движущейся жидкости.

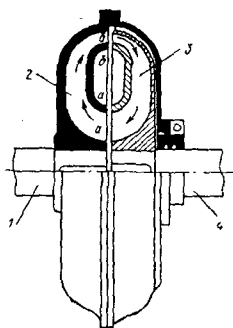


Рис. 3.3. Конструктивная схема гидромукты

Гидротрансформаторы (рис. 3.4) состоят из трех рабочих элементов – насосного колеса 1, закрепленного на ведущем валу, турбинного колеса 2, жестко посаженного на ведомый вал, и неподвижного направляющего аппарата (реактора) 3. Межлопаточные каналы этих рабочих элементов, так же как в гидромукте, образуют круг циркуляции жидкости. Ввиду наличия реактора при изменении внешней нагрузки в гидротрансформаторе происходит преобразование не только скорости вращения, но и крутящего момента.

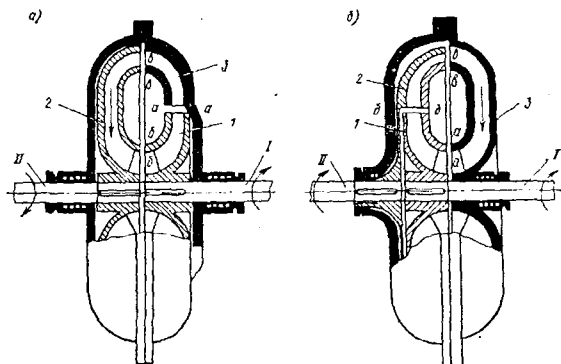


Рис. 3.4. Конструктивные схемы гидротрансформаторов:
 а – реактор после насосного колеса; б – реактор перед насосным колесом: I – ведущий вал; II – ведомый вал

3.4. Гидрообъемные передачи

В системах управления и в маломощных приводах дорожных машин широко применяются гидрообъемные передачи. Их используют также в машинах, на циклично работающих приводах, имеющих сложную пространственную кинематику движения.

Распространению объемных гидropередач способствует компактность конструкции даже при реализации больших передаточных отношений (1:1000 и более), простота средств бесступенчатого регулирования скорости исполнительного механизма и преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное. При их использовании возможна автоматизация процесса работы, унификация и стандартизация элементов привода. Однако работа гидрообъемных передач зависит от температуры окружающей среды. Эти передачи имеют невысокий к.п.д. (0,7 – 0,75) и требуют квалифицированного обслуживания.

В гидрообъемных передачах геометрические и силовые связи устанавливаются замкнутым объемом рабочей жидкости, расположенной в напорной магистрали между насосом и гидродвигателем. В насосе механическая энергия приводного двигателя преобразуется в гидравлическую энергию рабочей жидкости, которая затем переходит в механическую энергию гидродвигателя и расходуется на преодоление внешнего сопротивления.

В отличие от насосов, которые являются роторными гидромашинami вращательного типа, гидродвигатели бывают трех видов – гидромоторы, поворотники и гидроцилиндры. Гидромоторы обеспечивают вращательное движение ведомого вала с неограниченным углом поворота. Поворотники (их часто называют моментными гидроцилиндрами) поворачивают ведомый вал только на ограниченный угол. Гидроцилиндры относятся к группе очень распространенных на дорожных машинах гидродвигателей, совершающих возвратно-поступательное движение. В качестве насосов и гидромоторов применяют шестеренчатые, винтовые, пластинчатые (шиберные), аксиально-поршневые и радиально-поршневые гидромашины (рис. 3.5).

При вращении вала шестеренчатого насоса (рис. 3.5, а) захватывается некоторый объем рабочей жидкости из всасывающей камеры I и переносится в напорную камеру II. Этот перенос становится возможным благодаря образованию геометрически замкнутых пространств между впадинами зубьев ведущей 1 и ведомой 2 шестерен и корпусом 3. Линия контакта шестерен отделяет напорную камеру от всасывающей, препятствуя обратному движению жидкости.

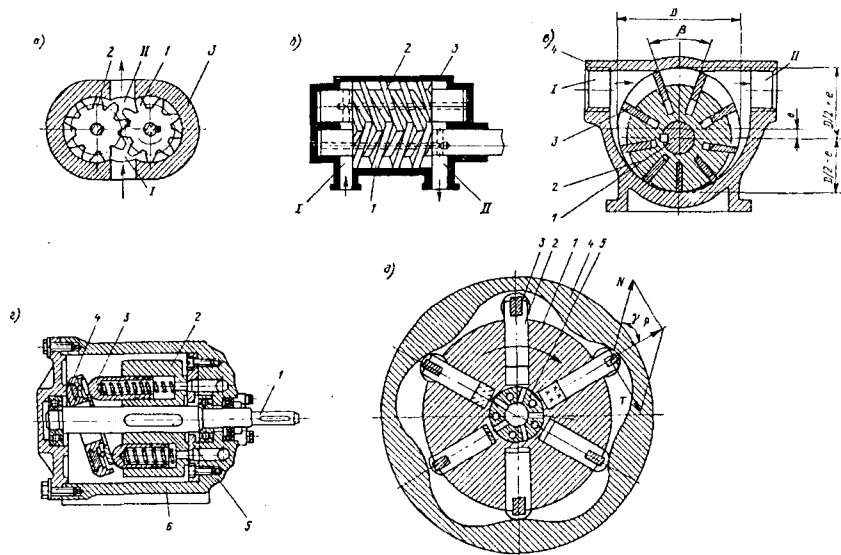


Рис. 3.5. Конструктивные схемы насосов и гидромоторов:
 а – шестеренчатого; б – винтового; в – лопастного; г – аксиально-поршневого; д – радиально-поршневого

В винтовом насосе (рис. 3.5, б), состоящем из винтов 1 и 2, а также корпуса 3, перенос рабочей жидкости обеспечивается расположенными между этими элементами запертыми пространствами, которые в виде “жидкостной гайки” перемещаются из всасывающей камеры I в напорную II.

Пластинчатые насосы (рис. 3.5, в) строятся на основе кулисного механизма. На ведущем валу 1 закреплен ротор 2, в пазах которого совершают возвратно-поступательное движение шиберы 3, опирающиеся на цилиндрическую поверхность корпуса 4, геометрическая ось которой расположена эксцентрично относительно ротора на величину e . При вращении ротора по часовой стрелке пространства между шиберами, работающими справа от вертикальной оси, а также ротором и статором уменьшаются, в связи с чем рабочая жидкость выдавливается в напорную полость II.

В то же время аналогичные пространства, расположенные слева от вертикальной оси, увеличиваются, обеспечивая захват рабочей жидкости из всасывающей полости I.

На валу 1 аксиально-поршневого насоса (рис. 3.5, г) закреплен цилиндрический блок 2, в цилиндрах которого совершают возвратно-поступательное движение поршни 3, опирающиеся на упорный подшипник диска 4. Цилиндрический блок упирается в распределитель 5, закрепленный в неподвижном корпусе 6. Благодаря распределителю полости цилиндров периодически соединяются с напорной или со всасывающей камерами, в зависимости от направления движения поршней.

Радиально-поршневой гидромотор (рис. 3.5, д) состоит из блока цилиндров 1, в расточках которого помещены поршни 2. Поршни имеют катки 3, которые обкатываются по направляющей поверхности корпуса 4. Рабочая жидкость поступает под поршни через распределитель 5. Расположение окон распределителя согласуется с положением рабочих и холостых участков направляющей корпуса. При развиваемом поршнем усилии P сила давления катка на направляющую N будет тем больше, чем больше угол давления γ . Возникающее при взаимодействии катка с направляющей тангенциальное усилие T формирует крутящий момент ротора.

Все перечисленные типы гидромашин относятся к классу роторных, одним из основных свойств которых является принципиальная обратимость, т. е. способность работать как в качестве насоса, так и в качестве гидромотора.

Аксиально-поршневые гидромашины работают при давлении 16–35 МПа с объемным расходом 5–20 л/с, их долговечность составляет 5–8 тыс. часов чистой работы, а общий к. п. д. достигает 0,9–0,93.

Широкое применение находят шестеренчатые и пластинчатые насосы, максимальные значения параметров которых при долговечности 4–6 тыс. часов примерно одинаковы: $p_{max} = 14–18$ МПа и $Q_{max} = 8–10$ л/с.

Пластинчатые насосы чаще используют в системах управления, подпитки и централизованной смазки дорожных машин. В этих случаях их работа протекает при давлениях 0,3–1,2 МПа.

Наряду с низкомоментными высокооборотными гидромашинными пере численных типов все большее распространение получают высокомоментные радиально-поршневые гидромоторы, рассчитанные на работу при давлениях до 35 МПа. Если $\omega < 10$ рад/с, или $M > 1000$ Нм, или $M/\omega > 100$, то гидромашину относят к разряду высокомоментных. Высокомоментные гидромоторы устанавливают непосредственно на рабочий орган или передают ему движение через простейшую редукторную систему. Однако удельные энергетические показатели высокомоментных гидромоторов (кВт/кг) в 2–5 раз хуже низкомоментных гидромоторов. Поэтому высокомоментным гидромоторам часто предпочитают низко-

моментные, сконструированные в одно целое с планетарными или червячными передачами.

Простота исполнения, хорошая компоновка, сравнительно небольшая масса на единицу передаваемой мощности, способность встраиваться непосредственно в рабочие органы машин определили большое разнообразие конструктивных схем гидроцилиндров. Тем не менее их можно разбить на две основные группы – гидроцилиндры одинарного действия (рис. 3.6, а–в) и гидроцилиндры двойного действия (рис. 3.6, г–е). Первые из них могут перемещать под действием рабочей жидкости ведомые элементы только в одном направлении. Возврат же в исходное положение осуществляется пружиной или силой тяжести рабочих органов. В гидроцилиндрах двойного действия перемещение в обоих направлениях осуществляется усилием рабочей жидкости. Основными элементами гидроцилиндров является корпус 1 и поршень 2 со штоком 3 или плунжер 4. Плунжерные гидроцилиндры могут быть одностороннего действия, так как в них рабочая жидкость подводится только в камеру между корпусом и плунжером. В поршневых гидроцилиндрах рабочая жидкость может поступать как в штоковую, так и в бесштоковую полость. Поэтому они бывают как одностороннего, так и двустороннего действия. Для подвода (отвода) рабочей жидкости в корпусе гидроцилиндра имеются каналы, соединенные с трубопроводами 5. Наибольшее распространение имеют гидроцилиндры двойного действия с односторонним штоком (рис. 3.6, г). Однако из-за разности площадей штоковой и бесштоковой полостей скорость движения штока в разных направлениях не одинакова. Когда это нежелательно, применяют гидроцилиндры с двусторонним штоком (рис. 3.6, д). Если усилие, которое развивается на штоке гидроцилиндра, недостаточно для преодоления внешнего сопротивления, а стесненные габариты не позволяют развивать диаметр поршня, используют гидроцилиндры с двойными поршнями (рис. 3.6, е). В этом случае рабочая жидкость подводится одновременно в полости I и III или в II и IV.

Типичные конструктивные схемы поворотников изображены на рис. 3.6, ж, з. Внешне они напоминают либо гидромотор с одной лопастью 6, корпус 7 которого ограничен некоторым сектором, либо гидроцилиндр с двойными поршнями. Шток 8 этого гидроцилиндра соединен с кривошипно-шатунным механизмом 9, ось 0 которого поворачивает ведомый вал.

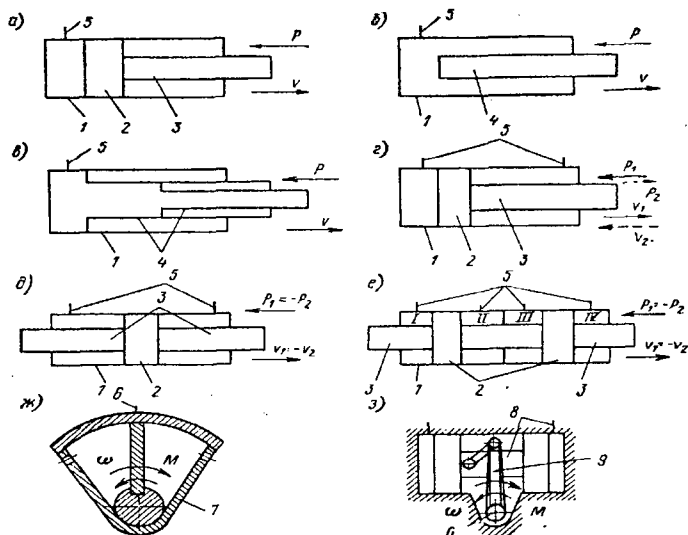


Рис. 3.6. Гидродвигатели возвратно-поступательного и поворотного движения. Гидроцилиндры: а – поршневой одинарного действия; б – плунжерный; в – телескопический; г – двойного действия; д – с двусторонним штоком; е – со сдвоенными поршнями; ж и з – поворотники

Контроль и управление параметрами гидравлической энергии осуществляется с помощью распределительной, регулирующей и контрольной аппаратуры.

Распределители направляют рабочую жидкость от насоса к гидродвигателям, обеспечивают их реверсирование и остановку. По конструкции различают пробковые, клапанные и золотниковые распределители. Последние имеют наибольшее распространение. Они многопозиционны, уравновешены от статических сил давления и имеют сравнительно небольшие сопротивления от сил трения. Схема трехпозиционного золотникового распределителя, управляющего направлением движения штока гидроцилиндра, изображена на рис.3.7. Его рабочими элементами являются цилиндрический плунжер 1, снабженный поясными и кольцевыми проточками, и корпус 2, имеющий окна или отверстия, через которые подводится и отводится рабо-

чая жидкость. Рассматриваемый распределитель является четырехходовым, так как связывает четыре элемента системы – напорную и сливную магистрали и две магистрали, ведущие к полостям гидроцилиндра. Различают три основных типа золотниковых распределителей: с положительным, нулевым и отрицательным перекрытиями. У золотников с положительным перекрытием ширина пояса a на плунжере больше отверстия b в корпусе.

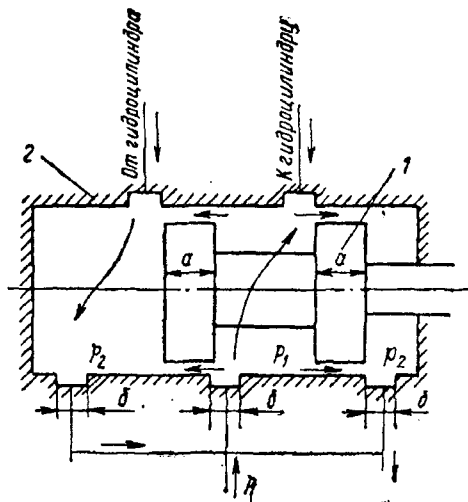


Рис. 3.7. Конструктивная схема золотникового распределителя

Они хорошо фиксируют положение исполнительных механизмов. Когда плунжер такого распределителя устанавливается в нейтральное положение, исполнительный механизм отсекается от напорной и сливной магистралей, а рабочая жидкость запирает его. Этот тип золотника применяется в разомкнутых системах управления для лучшей динамической устойчивости гидропривода. Применение его в системах управления с обратной связью нежелательно, так как наличие перекрытия определяет большую зону нечувствительности. Этого недостатка лишены золотники с нулевым перекрытием, когда ширина пояса плунжера равна ширине канавки или отверстия корпуса. Достигнуть нулевого перекрытия при изготовлении золотника сложно, поэтому в следящих приводах, как правило, применяют золотники с отрицательным перекрытием. У таких золотников при нейтральном положении плунжера по обеим сторонам его пояса имеются начальные зазоры $(4...6) \cdot 10^{-5}$ м, через которые жидкость, подаваемая насосом, поступает в сливную магист-

раль. В полостях силового гидроцилиндра устанавливаются давления p_1 и p_2 . При этом

$$p_1 = p_2 = \frac{p - p_0}{2} \quad (3.5)$$

где p и p_0 — давление жидкости в напорной и сливной магистрали системы при нейтральном положении распределителя.

Золотники с отрицательным перекрытием имеют меньшую зону нечувствительности, но не могут применяться тогда, когда утечки и жесткость являются важными для системы факторами.

Регулирующие органы гидросистемы подразделяют на регуляторы давления и регуляторы расхода. Регуляторы давления предназначены для предохранения гидросистемы от перегрузок, а также для поддержания в ее магистралях давления заданной величины. К первой группе этих устройств относятся предохранительные клапаны, а ко второй — подпорные, редуцирующие и обратные клапаны и клапаны разгрузки насосов. Конструктивно регуляторы расхода выполняются шариковыми, конусными, плунжерными и комбинированными. Шариковые клапаны являются наиболее простыми и быстродействующими ввиду малой инерционности подвижных элементов. Однако при непрерывной работе они из-за износа седла быстро выходят из строя. Поэтому их применяют в качестве эпизодически работающих предохранительных и обратных клапанов. Чаще применяют плунжерные и комбинированные клапаны. Конструкция и принцип работы таких устройств видны из рассмотрения конструктивной схемы предохранительного клапана с переливным золотником (рис. 3.8). Рабочая жидкость из полости давления A по каналу B в золотнике 4 поступает в полость B и одновременно по каналу Γ — в полость D . Затем через демпферное отверстие E рабочая жидкость направляется в полость $Ж$ и под настроенный на определенное давление шариковый клапан 2. Пока давление в системе не преодолет усилия, на которое настроена пружина 1, золотник пружиной 3 удерживается в крайнем положении, перекрывая выход жидкости на слив. При повышении давления в гидросистеме шариковый клапан преодолевает усилие пружины и открывается. Жидкость из полости $Ж$ по каналу Π поступает на слив. При прохождении жидкости через демпферное отверстие E в полость $Ж$ давление понижается по сравнению с тем значением, которое соответствует полостям B и D . Вследствие этого золотник поднимается, перепуская часть жидкости из напорной полости на слив.

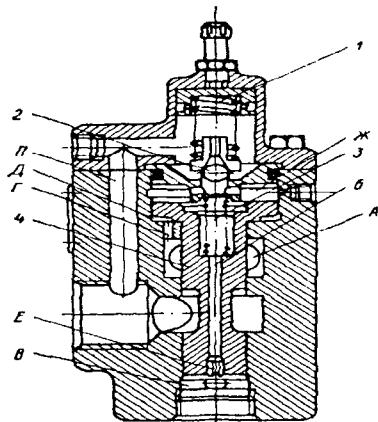


Рис. 3.8. Предохранительный клапан с переливным золотником

Регулирование скорости маломощных и редкорботающих рабочих орудий и механизмов дорожных машин осуществляется дроссельными регуляторами расхода, представляющими собой местное регулируемое или нерегулируемое сопротивление, которое устанавливается на пути течения жидкости. Конструктивно наиболее распространенные из них выполняются в виде набора тонких шайб с калиброванными отверстиями либо в виде поворотного крана с переменным проходным сечением.

В соответствии с известным уравнением Бернулли объемный расход жидкости ($\text{м}^3/\text{с}$), протекающей при дросселировании через такое устройство, определяется как

$$Q_{op} = \mu_{op} F \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (3.6)$$

где μ_{op} — коэффициент расхода, который принимается при истечении минеральных масел через круглые дросселирующие отверстия, 0,59–0,60, а для щелевых 0,70–0,75; F — площадь поперечного сечения дросселя, м^2 ; ρ — плотность рабочей жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; Δp — перепад давления на дросселе, Па.

Чтобы избежать влияния режимов нагружения на скорость движения исполнительного механизма, применяют дроссели с регуляторами. Регуляторы являются такими устройствами, которые с помощью гидравлической обратной связи независимо от условий нагружения поддерживают на дросселе постоянный перепад давления. Дроссельные ус-

тройства устанавливают на входе или выходе гидродвигателя, а в некоторых случаях – параллельно ему (рис. 3.9). В первом случае рабочая жидкость от насоса поступает к гидродвигателю через дроссель. При этом некоторый избыток объемного расхода жидкости насоса сливается через предохранительный клапан. Чем меньше проходное сечение дросселя, тем меньше скорость вращения гидромотора и тем большая доля расхода поступает на слив через предохранительный клапан. Запускается такая система в работу плавно, без толчков. Однако если нагрузка на валу гидродвигателя меняет свою величину, то из-за отсутствия подпора на сливе трудно получить устойчивую скорость движения этого вала. Этот недостаток отсутствует, когда дроссель, установлен на выходе из гидродвигателя. По к. п. д. оба эти варианта уступают системам, в которых дроссель установлен параллельно гидродвигателю, так как при их использовании насос независимо от нагрузки работает при давлении срабатывания предохранительного клапана. Однако когда дроссель установлен параллельно гидродвигателю, в системе трудно получить устойчивую скорость движения исполнительного механизма особенно при небольших ее значениях. К вспомогательным устройствам гидросистем относятся средства борьбы с различными помехами. Они подразделяются на средства очистки рабочей жидкости – фильтры, средства стабилизации теплового режима – теплообменники, накопители гидравлической энергии – гидроаккумуляторы.

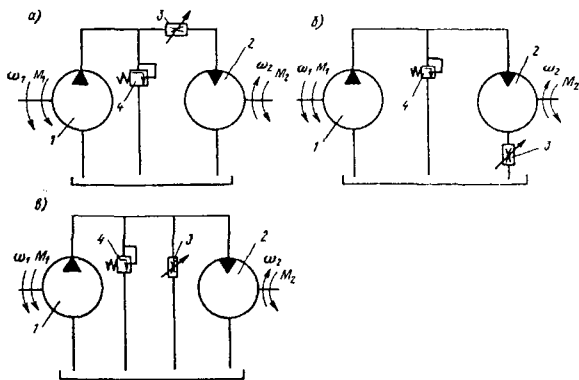


Рис. 3.9. Схемы установки дросселя: а – на входе; б – на выходе; в – параллельно гидродвигателю; 1 – насос; 2 – гидромотор; 3 – дроссель; 4 – предохранительный клапан

Фильтры улавливают попавшие в гидросистему посторонние механические примеси. По тонкости очистки различают фильтры: грубой очистки ($d \geq 1,0 \cdot 10^{-4}$ м), нормальной очистки ($d \geq 1,0 \cdot 10^{-5}$ м), тонкой очистки ($d \geq 0,5 \cdot 10^{-5}$ м) и особо тонкой очистки ($d \geq 1,0 \cdot 10^{-6}$ м). По методу отделения механических частиц различают фильтры механического действия и силовые очистители. В фильтрах механического действия поток жидкости пропускается через фильтрующий материал, в котором задерживаются механические частицы. Действия силовых очистителей основаны на разделении рабочей жидкости и примесей под влиянием силового поля, которое может быть гравитационным, центробежным, магнитным, электростатическим или вибрационным. Наибольшее распространение в гидросистемах дорожных машин получили фильтры механического действия. В баках, картерах и отстойниках широко применяют магнитные очистители. Устанавливают фильтры чаще всего на нагнетательном трубопроводе после предохранительного клапана. При такой установке фильтры наиболее надежно защищают от загрязнений распределительные устройства. Распространены также схемы с установкой фильтров на сливе. В этом случае они работают под небольшим давлением.

Теплообменники отводят выделившуюся в гидросистеме тепловую энергию, а при низких температурах воздуха нагревают рабочую жидкость. На дорожных машинах применяют теплообменники с принудительным обдувом воздухом, направляемым вентиляторной установкой.

Гидравлические аккумуляторы служат для компенсации кратковременных пиковых нагрузок. Они являются также демпферами возникающих при пульсации давления колебаний. Схема, представленная на рис. 3,10, иллюстрирует применение гидравлического аккумулятора в системе управления процессом торможения механизма передвижения одноковшового экскаватора. Когда давление в полостях тормозных гидроцилиндров 1 упадет из-за объемных потерь в системе и станет меньше, чем в напорном трубопроводе насоса 2, то обратный клапан 3 обеспечит доступ рабочей жидкости в гидроаккумулятор 4. Благодаря этому произойдет зарядка гидроаккумулятора, т. е. наполнение его рабочей камеры жидкостью под давлением системы. При неработающих исполнительных механизмах экскаватора напорная магистраль насоса соединена со сливной, и этот насос работает вхолостую. Тем не менее, рабочие полости гидроцилиндров находятся под давлением гидроаккумулятора, так как обратный клапан не пропускает жидкость на слив. Если из такой системы исключить гидроаккумулятор, то при нерабо-

тающих механизмах экскаватора насос должен работать не вхолостую, а под некоторым давлением подпора. Это энергетически не рационально и не всегда оправдано. При применении гидроаккумулятора в качестве демпфера колебаний его параметры выбирают таким образом, чтобы собственная частота была приблизительно равна частоте пульсаций. Такой гидроаккумулятор очень чувствителен к изменению давления и хорошо его стабилизирует на заданном уровне. В практике машиностроения применяют грузовые, пружинные и пневматические аккумуляторы. В наиболее распространенных пневматических аккумуляторах средой, накапливающей энергию, является воздух или технический азот. При наполнении рабочей полости таких аккумуляторов жидкостью под действием избыточного давления в напорной магистрали воздух в пневматической камере сжимается. Когда в гидросистеме из-за уменьшения или снятия нагрузки давление падает, воздух расширяется и вытесняет жидкость из рабочей полости в систему. Резиновая камера разделяет воздушную и жидкостную среду, не допуская их смешения.

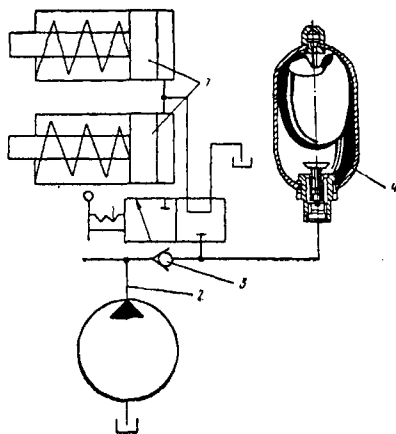


Рис. 3.10. Гидросистема с гидронеймоаккумулятором

Рабочая жидкость гидросистем сочетает свойства рабочего тела со свойствами смазочных материалов. В гидросистемах широко применяют минеральные масла, полученные смешиванием маловязких нефтепродуктов с высоковязкими компонентами. Углеводородные полимеры, входя-

щие в состав минеральных масел, образуют во взаимодействии с поверхностью металла граничные адсорбционные слои, обладающие высокой механической прочностью и малым сопротивлением поперечному скольжению. Присадки, содержащиеся в рабочих жидкостях гидросистемы, улучшают их свойства. Основными показателями качества рабочих жидкостей служат их вязкость, температурно-вязкостная характеристика, физическая и химическая стабильность, антикоррозионные свойства, агрессивность по отношению к резиновым уплотняющим устройствам, смазочная способность и температура замерзания. Рабочая жидкость должна быть достаточно густой, чтобы снизить объемные потери в гидросистеме, но не слишком, чтобы избежать явлений кавитации и повышенных гидромеханических потерь в гидроагрегатах и трубопроводах.

Физическая стабильность характеризует способность рабочей жидкости сопротивляться деформациям сдвига и не терять своей вязкости и смачивающих свойств. При работе высокооборотных гидромашин и распределительно-регулирующей аппаратуры вязкость жидкости постепенно уменьшается. При этом чем более высокомолекулярные присадки использованы для улучшения вязкостных свойств, тем сильнее влияние деформаций, вызванных трением и смятием рабочей жидкости.

Химическая стабильность рабочих жидкостей, или их стойкость к окислению, зависит от химического состава и строения компонентов. В процессе окисления, когда прекращается действие антиокислительных присадок, из жидкости выпадают осадки в виде смолы, которые засоряют элементы сопряжений гидроагрегатов и могут вывести их из строя. Лучшими катализаторами, вызывающими ускорение процесса окисления, являются металлические частицы, грязь и вода. Это следует учитывать при заправке гидросистемы и ее очистке. При повышении температуры рабочей жидкости интенсивность окисления минеральных масел увеличивается. Поэтому при конструировании гидросистем не следует экономить на средствах, обеспечивающих ограничение температуры рабочей жидкости.

Антикоррозионные свойства и агрессивность по отношению к резиновым уплотнениям характеризуют совместимость рабочей жидкости, т. е. ее способность длительное время работать совместно с металлическими и резиновыми изделиями, не разрушая их. Улучшение этого качества обеспечивается применением антикоррозионных присадок, действующих за счет образования на поверхностях деталей прочных пленок.

Минеральные масла склонны к образованию стойкой пены. Чем больше вязкость рабочей жидкости, тем выше вспениваемость. С пенообразованием в гидросистемах необходимо бороться, так как пена сни-

жает смазывающую способность рабочих жидкостей, ухудшает их антикоррозионные свойства, повышает сжимаемость. Для борьбы с пенообразованием увеличивают вместимость резервуаров, ставят в них антипенные перегородки, механические отделители воздуха, а также применяют антипенные присадки.

Решая вопрос о выборе сорта рабочей жидкости, учитывают диапазон рабочих температур, температурный график за цикл, время эксплуатации гидropередач с учетом продолжительности хранения, характеристики применяемых в гидроагрегатах материалов, особенности эксплуатации – условия смены, пополнения, очистки и т.п. Во всех случаях нужно стремиться применять рабочие жидкости, рекомендуемые заводами-изготовителями элементов гидropередач.

Глава 4. ХОДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

4.1. Классификация ходового оборудования

Ходовое оборудование дорожно-строительных машин состоит из движителей, механизма передвижения и опорных рам или осей.

По типу применяемых движителей ходовое оборудование делят на гусеничное (рис. 4.1, а), пневмоколенное (рис. 4.1, б), рельсоколенное и шагающее (рис. 4.1, в). Движители передают нагрузку от машины на опорную поверхность и передвигают машины. Механизмы передвижения обеспечивают привод движителей при рабочем и транспортном режимах. У многих строительных машин (землеройно-транспортных, многоковшовых экскаваторов, передвижных кранов и др.) ходовое оборудование участвует непосредственно в рабочем процессе, обеспечивая при этом дополнительные тяговые усилия.

Современные самоходные дорожно-строительные машины предназначены для передвижения в различных дорожных условиях. Транспортные скорости у некоторых пневмоколенных и рельсоколенных машин достигают нескольких десятков километров в час. Рабочие скорости часто должны плавно регулироваться от максимальных значений до нуля. Давление на грунт у различного типа строительных машин меняется от 0,03–0,05 до 0,5–0,7 МПа. Тяговые усилия на движителях у большинства строительных машин обеспечиваются в пределах 45–60 % от их массы, превышая у некоторых в рабочих режимах их общую массу. Обеспечение машиной необходимых величин давления на грунт, тягового усилия и клиренса (расстояния от поверхности дороги до наиболее низкой точки ходового оборудования) характеризует ее проходимость, т. е. способность передвигаться в разнообразных условиях эксплуатации. Проходимость машин в существенной степени сказывается на их основных технико-экономических показателях. Важным показателем ходового оборудования машин является также их маневренность, под которой понимается способность машин изменять направление движения – маневрировать. Маневренность характеризуется радиусами поворота, вписываемостью машин в угловые проезды и размерами площадки, необходимой для обратного разворота.

Для обеспечения разнообразных требований эксплуатации строительных машин применяют различное ходовое оборудование.

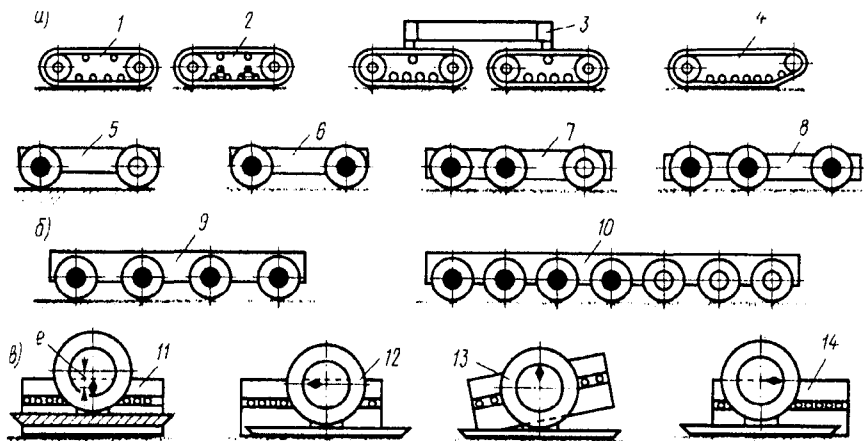


Рис. 4.1. Ходовое оборудование строительных машин.

4.2. Гусеничное ходовое оборудование

Гусеничное ходовое оборудование (рис. 4.1, а) широко применяют как для дорожно-строительных машин малой мощности массой 1...2 т, так и для машин самой большой мощности с массой в сотни тонн. Оно обеспечивает возможность воспринимать значительные нагрузки при сравнительно низком давлении на грунт, большие тяговые усилия и хорошую маневренность.

Недостатками гусеничного хода являются значительная масса (до 35 % от всей массы машины), большая материалоемкость, недолговечность и высокая стоимость ремонтов, низкие КПД и скорости движения, невозможность работы и передвижения на площадках и дорогах с усовершенствованными покрытиями. Машины на гусеничном ходу передвигаются своим ходом, как правило, только в пределах строительных площадок, к которым их доставляют автомобильным, железнодорожным или водным транспортом.

Гусеничное ходовое оборудование может быть двух- и многугусеничным (рис. 4.1, поз. 3). В строительных машинах с массой до 1000 т применяется наиболее простое и маневренное двухгусеничное оборудование. Для машин большей массы используют сложные многугусеничные системы, у которых число гусениц достигает 16.

По степени приспособляемости к рельефу пути различают гусеницы жесткие 1, мягкие 2, полужесткие и с опущенным или поднятым колесом 4.

У жестких гусениц (рис. 4.2) опорные катки 7 непосредственно соединены с несущей балкой гусеницы. Этот тип подвески наиболее прост и дешев, он обеспечивает более равномерное распределение давления на грунт. Вследствие того, что жесткая гусеница не приспособляется к неровностям пути и не амортизирует ударные нагрузки при езде по неровному и жесткому основанию, скорость передвижения машин на таких гусеницах обычно не превышает 5 км/ч. Для лучшей приспособляемости гусениц к неровностям грунта опорные катки объединяют в балансирные тележки (рис. 4.1, поз. 2) и вводят демфирующие пружины или рессоры. Для лучшей работы машины в зимних условиях или на грунтах с низкой несущей способностью и плохим сцеплением на звеньях гусеничной ленты применяют съемные шипы или шпоры. Привод гусениц осуществляется ведущими колесами 1. Для зацепления с ведущим колесом используются реборды звеньев или отверстия в них. Для компенсации износа и вытяжки звеньев гусеничные ленты натягиваются с помощью устройства 9 на направляющем колесе.

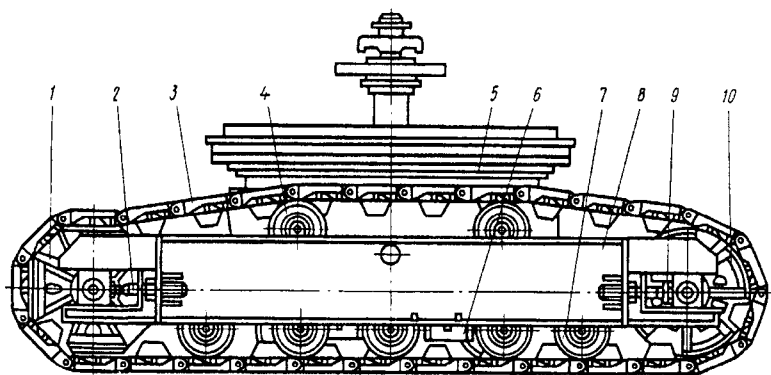


Рис. 4.2. Конструкция гусеницы:

- 1 – ведущее колесо; 2 – винт; 3 – звено гусеничной ленты; 4, 7 – поддерживающие и опорные катки; 5 – ходовая рама; 6 – стопор;
8 – несущая балка гусеницы; 9 – натяжное устройство;
10 – направляющее колесо.

В последние годы для работы машин на заболоченных грунтах со слабой несущей способностью применяют гусеничное ходовое оборудование с резинометаллическими гусеницами. Такая гусеница выполнена из специальной резиновой ленты, армированной высокопрочной несущей проволокой со штампованными звеньями. Эта гусеничная лента имеет меньшую массу, лучшую приспособляемость к грунтовым условиям, повышает проходимость машины, не нарушает дерновый покров.

Тип привода машины и требования к ее скорости и маневренности определяют конструкцию механизма передвижения. При одномоторном механическом или гидромеханическом приводе привод гусениц часто осуществляют с помощью конических зубчатых передач, цепных передач и кулачковых муфт и тормозов, обеспечивающих разворот машины только относительно одной из гусениц. Для большей маневренности гусеничных машин, выполненных на базе тракторов, для включения и выключения гусениц служат специальные фрикционные бортовые муфты сцепления. При включении гусениц в разных направлениях достигается разворот машины на месте. Такое качество достигается и при индивидуальном приводе гусениц, когда каждая из них приводится в движение отдельным электро- или гидродвигателем, имеющим возможность для разворотов машин на месте включаться в разных направлениях.

4.3 Пневмоколесное ходовое оборудование

Пневмоколесное ходовое оборудование (рис. 4.1, б) выполняется обычно двухосным с одной 5 или двумя 6 ведущими осями. Более тяжелые машины выполняются трехосными с двумя 7 или всеми 8 ведущими осями, четырех- 9 и многоосными 10. Основные достоинства пневмоколесного ходового оборудования определяются возможностью развивать высокие транспортные скорости, приближающиеся к скоростям грузовых автомобилей, что придает им большую мобильность, а также большей долговечностью и ремонтпригодностью по сравнению с гусеничным ходовым оборудованием.

Важной характеристикой колесных машин является колесная формула, состоящая из двух цифр: первая обозначает число всех колес, вторая – число приводных. Наиболее распространены машины с колесными формулами 4x2 (рис. 4.1, б, поз. 5), 4x4 (рис. 4.1, б, поз. 6). Машины с большим количеством общих и ведущих осей применяются реже – в основном на тяжелых автогрейдерах и кранах. С ростом числа приводных колес в ходовом устройстве улучшаются проходимость и тяговые качества машины, но усложняется механизм привода передвижения.

Свойства пневмоколесного ходового оборудования в значительной степени зависят от конструкции шин (рис. 4.3). На машине, как правило, устанавливают шины одного типоразмера, поэтому часто на наиболее нагруженных осях устанавливают сдвоенные колеса. Для улучшения проходимости используют шины большого диаметра, широкопрофильные и арочные. При этом проходимость улучшается за счет большей опорной поверхности и развитых грунтозацепов. Такие шины дают возможность работать машине на слабых и рыхлых грунтах и на снегу.

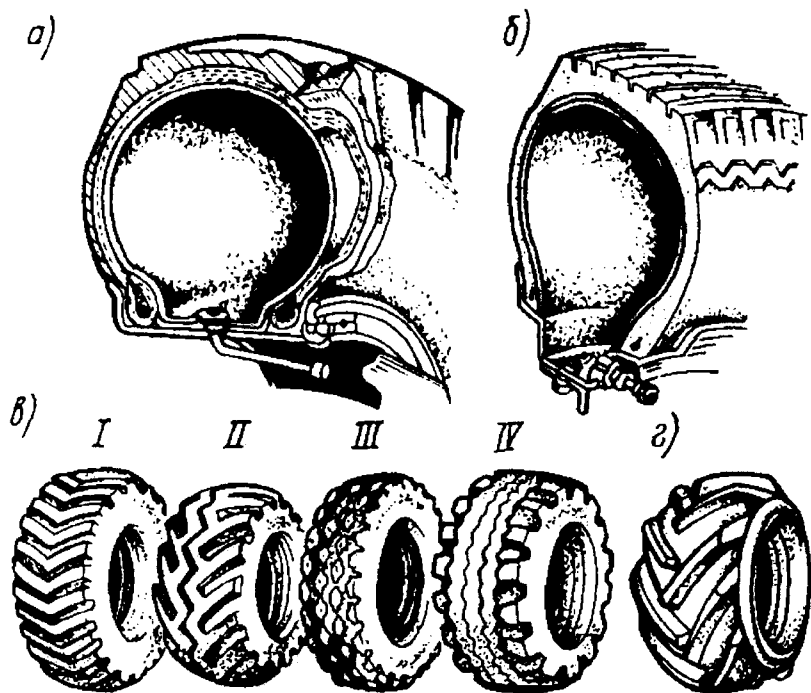


Рис. 4.3. Типы шин: а – камерные; б – бескамерные; в – протекторы: I – для земляных работ; II – то же, в каменных карьерах; III – противобуксующие; IV – универсальные; г – арочные.

При работе арочных шин на твердых грунтах и дорогах с твердым покрытием сопротивление перемещению машины увеличивается, а срок службы шин резко уменьшается.

Маркируются шины обычного профиля двумя цифрами через тире (например, шина 320–508 мм или 12.00–20"). Первое число – ширина профиля шины, второе – внутренний (посадочный на обод) диаметр шины в миллиметрах или дюймах. В обозначение шины широкого профиля входят три числа в миллиметрах: наружный диаметр, ширина профиля и посадочный диаметр обода, – например, шина 1500x660x635 мм.

Для улучшения проходимости машин, снижения сопротивления передвижению и износа шин в последние годы на дорожных машинах стали применять регулирование давления воздуха в шинах из кабины машиниста. В этом случае при движении машины по рыхлому или влажному грунту давление воздуха в шинах снижают, уменьшая соответственно давление на грунт и улучшая тяговые качества и проходимость. При передвижении машин по твердым дорогам давление в шинах повышается, что ведет к снижению сопротивления движению и увеличению долговечности шин. Указанное регулирование давления в шинах можно автоматизировать с помощью применения микропроцессоров. Срок службы шин может быть увеличен за счет правильного выбора типа шин, специальных устройств для соответствующих условий их эксплуатации.

В зависимости от условий работы и скоростей движения машины, определяющих динамичность, выбираются и допускаемые нагрузки на колеса. Например, при прочих равных условиях, если нагрузку на колесо при скорости передвижения машины 50 км/ч принять за 100%, то при скорости продвижения 8 км/ч нагрузку можно увеличить примерно в полтора раза, а при скорости, близкой к нулю, увеличить в два раза. Это, например, очень важно для работы пневмоколесных кранов в операциях перемещения их с грузом на стройплощадке. Пневмоколесное ходовое оборудование дорожно-строительных машин может иметь механический, гидравлический, электрический и комбинированный приводы колес. Самыми распространенными являются механический, гидромеханический и гидрообъемный. В механических и гидромеханических приводах наиболее распространен привод ведущих колес, объединенных в мосты попарно через дифференциалы. Это обеспечивает высокие скорости движения без проскальзывания.

К недостаткам такого привода следует отнести то, что колеса одного моста могут развивать только равные тяговые усилия, величины которых определяются максимальным тяговым усилием колеса, находящегося

в худших по сцеплению дорожных условиях. Для устранения этого недостатка при движениях с низкими скоростями в сложных дорожных условиях применяют устройства для блокировки дифференциалов. Привод колес без дифференциалов обеспечивает простоту конструкции и более высокие тяговые усилия, но при поворотах машины и движении по неровной поверхности колеса проскальзывают вследствие разности скоростей. При этом увеличиваются расход энергии и износ шин.

В последние годы в строительных машинах начали применять индивидуальный привод каждого колеса от своего гидро- или электродвигателя – привод с мотор-колесами. Он представляет собой самостоятельный блок, состоящий из двигателя, муфты, планетарного редуктора, тормоза и колеса. Применение гидропривода с давлением от 16 МПа и выше позволяет при низкомоментных гидродвигателях создать очень компактные, встроенные в обод колеса конструкции, конкурирующие с другими типами приводов. Применение мотор-колес упрощает компоновку машин, улучшает ее маневренность и проходимость за счет того, что каждое колесо может служить приводным и управляемым (поворотным). Применение гидравлических мотор-колес с регулируемыми насосами и гидромоторами позволяет регулировать скорости от нескольких метров в час (рабочие движения) до десятков километров в час (транспортные режимы).

4.4. Рельсоколесное и шагающее ходовое оборудование

Рельсоколесное ходовое оборудование обеспечивает низкое сопротивление передвижению, восприятие больших нагрузок, простоту конструкции и невысокую стоимость, достаточную долговечность и надежность. Жесткие рельсовые направляющие и основания обеспечивают возможность высокой точности работы машины. Главными недостатками этого хода являются: малая маневренность, сложность перебазирования на новые участки работ, дополнительные затраты на устройство и эксплуатацию рельсовых путей. Этот вид ходового оборудования применяют для башенных и железнодорожных кранов, цепных и роторно-стреловых экскаваторов, а также для экскаваторов-профилировщиков.

Шагающее ходовое оборудование имеет несколько конструктивных решений. Оно выпускается как с механическим, так и гидравлическим приводом. На рис. 4.1, в показан в качестве примера кривошипно-эксцентриковый механизм привода хода. В положении *11* ходовые лыжи (одна лыжа заштрихована) вместе с расположенными на них рельсами эксцентрикового механизма подняты вверх и опирание машины на грунт происходит

через круглую базу машины. При этом положении машина может поворачиваться с лыжами на опорно-поворотном устройстве в любую сторону на 360° . В позиции 12 лыжи передвинулись на половину шага вперед (вправо) и опустились на основание. В позиции 13 эксцентриковым механизмом поднята вся машина и передвинута на половину шага вперед. В позиции 14 машина передвинута еще на полшага вперед и опущена на грунт. В следующей позиции, при повороте кривошипа на четверть оборота, лыжи вместе с механизмом займут свое исходное положение. Шагающий ход обеспечивает низкие удельные давления на грунт и высокую маневренность, так как поворот машины заменен поворотом платформы.

Основным недостатком шагающего хода являются его малые скорости передвижения (обычно до $0,5 \text{ км/ч}$). Этот вид ходового оборудования применяют преимущественно на мощных экскаваторах-драглайнах.

4.5. Тяговые расчеты дорожных машин

При тяговом расчете необходимо выяснить сопротивление передвижению машины и тяговые возможности ее механизма по двигателю привода и по сцеплению движителей с грунтом.

Сопротивления передвижению, которые должны быть преодолены механическим приводом и колесным или гусеничным движителем,

$$W = W_p + W_{пер} + W_{пов} \pm W_y + W_u + W_v, \quad (4.1)$$

где W_p – сопротивление от рабочего органа машин; $W_{пер}$ – сопротивление передвижению (перекатыванию) движителей; $W_{пов}$ – сопротивление повороту машины; W_y , W_u , W_v – сопротивления уклона местности, инерции при разгоне и ветра.

Сопротивление от рабочего органа W_p зависит от назначения и типа машины, характера выполняемых работ, конструкции рабочего органа и других факторов. Сопротивления перемещению (перекатыванию) движителей вследствие большого количества факторов, влияющих на его значение, определить аналитически с достаточной точностью затруднительно. Поэтому

$$W_{пер} \approx fG_m, \quad (4.2)$$

где f – коэффициент сопротивления передвижению движителей, средние значения которого для некоторых видов опорных поверхностей приведены в табл. 4.1; G_m – сила тяжести машины.

Сопротивления повороту для гусеничных машин определяются затратами энергии на срезание и смятие грунта гусеницами и трением

заторможенной гусеницы. При перемещении по рыхлому вязкому грунту можно принять

$$W_{нов} = (0,4-0,7) W_{пер}. \quad (4.3)$$

Сопrotивление повороту колесных машин, передвигающихся по твердым основаниям, обычно не учитываются из-за малых значений. При езде по рыхлому грунту можно принять $W_{нов} = (0,25...0,5) W_{пер}$.

Сопrotивление движению машины от уклона местности

$$W_y = \pm G_{\kappa} \sin \alpha, \quad (4.4)$$

где α – угол подъема пути машины; знак “+” соответствует движению машины на подъем, знак “-” – под уклон.

Сопrotивление от инерции при разгоне

$$W_u = \left(m + \frac{I}{r^2} \right) a, \quad (4.5)$$

где m – масса машины; I – момент инерции приводимых в движение вращающихся масс механизма привода движителей; r – радиус приводного колеса; a – ускорение разгона машины.

Таблица 4.1

Значения коэффициентов сопротивления передвижению f и коэффициентов сцепления φ

Вид опорной поверхности	Шинноколесный движитель				Гусеничный движитель	
	Шины высокого давления		Шины низкого давления		f	φ
	f	φ	f	φ		
Асфальт сухой	0,015 – 0,02	0,7 – 0,8	0,02	0,7 – 0,8	–	–
Грунтовая дорога:						
Сухая укатанная	0,02 – 0,06	0,6 – 0,7	0,025 – 0,035	0,4 – 0,6	0,06 – 0,07	0,8 – 1,0
Влажная, грязная	0,13 – 0,25	0,1 – 0,3	0,15 – 0,20	0,15 – 0,25	0,12 – 0,15	0,5 – 0,6
Грунт:						
Рыхлый свежесыпанный	0,20 – 0,30	0,2 – 0,4	0,1 – 0,2	0,4 – 0,6	0,07 – 0,10	0,6 – 0,7
Слежавшийся, уплотненный	0,10 – 0,20	0,3 – 0,6	0,10 – 0,15	0,5 – 0,7	0,08	0,8 – 1,0
Песок:						
Влажный	0,10 – 0,40	0,3 – 0,6	0,06 – 0,15	0,4 – 0,5	0,05 – 0,10	0,6 – 0,7
Сухой	0,40 – 0,50	0,25 – 0,30	0,20 – 0,30	0,2 – 0,4	0,15 – 0,20	0,4 – 0,5
Снег:						
Рыхлый	0,40 – 0,50	0,15 – 0,20	0,10 – 0,30	0,2 – 0,4	0,10 – 0,25	0,25 – 0,35
Укатанный	0,05 – 0,10	0,25 – 0,30	0,03 – 0,05	0,3 – 0,5	0,04 – 0,06	0,5 – 0,6
Болото	–	–	0,25	0,1	0,3	0,15
Бетон	0,015 – 0,02	0,7 – 0,8	0,02	0,7 – 0,8	0,06	0,5 – 0,6

Сопротивление от давления ветра

$$W_a = Sq_a, \quad (4.6)$$

где S – суммарная подветренная площадь машины; q_a – давление ветра.

В тяговых расчетах большинства машин для земляных работ в рабочих режимах их на стройплощадке могут не учитываться отдельно инерционные силы и силы ветра, которые имеют небольшую величину по сравнению с основными составляющими. Могут не учитываться также сопротивления подъему и повороту, если при этом копание или другой рабочий процесс не производится.

Сопротивление передвижению в процессе копания для землеройных машин

$$W = W_p + f_l G_m, \quad (4.7)$$

где f_l – коэффициент сопротивления передвижению при копании, который можно принимать в первом приближении $f_l = (1,1-1,3)f$.

В транспортных режимах не учитываются рабочие усилия. Сопротивления передвижению определяются дорожными условиями, при этом одновременное действие сопротивлений повороту и подъему в машинах для земляных работ обычно исключается. Действие ветра принимается по рабочему состоянию.

Условие движения любой машины записывается неравенством:

$$W \leq P_{од} \leq P_{о.сц.}, \quad (4.8)$$

где $P_{од}$ – окружная сила всех движителей машины (приводных колес, гусениц), получаемая от двигателей привода; $P_{о.сц.}$ – суммарная окружная сила всех движителей по условию сцепления их с основанием:

$$P_{од} = \frac{N_d}{v} \eta_d, \quad (4.9)$$

где N_d – мощность двигателей механизмов передвижения; v – скорость передвижения; η_d – общий КПД механизма передвижения;

$$P_{о.сц.} = G_m \varphi, \quad (4.10)$$

где φ – коэффициент сцепления движителя с основанием, по которому передвигается машина (см. табл. 4.1).

В случае, если наступает условие

$$P_{о.сц.} < P_{од} < W, \quad (4.11)$$

машина не может двигаться, так как происходит буксование движителей. Если же возникает условие

$$P_{o.ц.} \geq P_{од} < W, \quad (4.12)$$

то машина также не будет двигаться вследствие недостаточного тягового усилия, развиваемого приводом ходового механизма.

Глава 5. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

5.1. Назначение и классификация

Система управления дорожно-строительными машинами состоит обычно из пульта управления с расположенными на нем приборами, рукоятками, педалями, кнопками, системы передач в виде рычагов, тяг, золотников, трубопроводов, а также дополнительных устройств, позволяющих контролировать работу двигателей, механизмов привода и рабочего оборудования. Для удобства управления машиной и улучшения условий работы операторов пульты управления на всех мобильных строительных машинах размещают, как правило, в специальных кабинах.

Системы управления существенно влияют на производительность машины и на утомляемость оператора, поэтому к ним предъявляются эргономические и другие требования. Системы управления должны обеспечивать: надежное и быстрое приведение в действие рабочих органов, механизмов передвижения, плавность их включения и выключения, безопасность, легкость и удобство работы оператора (минимальное количество рукоятей, педалей и кнопок управления) положение рычагов управления машиной должно давать оператору представление о направлениях движения рабочих органов; простоту, надежность и минимальное количество регулировок.

Системы управления делятся: по назначению – на системы управления тормозами, муфтами, двигателями, положением рабочего органа; по способу передачи энергии – на механические, рычажные, электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные; по степени автоматизации – на неавтоматизированные и автоматические.

Неавтоматизированные системы могут быть непосредственного действия или с усилителями (с сервоприводом). В первом случае оператор управляет только за счет своей мускульной энергии, прикладываемой к рычагам и педалям, во втором – для воздействия на объект управления используют дополнительные (электрический, гидравлический или пневматический) источники энергии. Роль оператора сводится лишь к включению и выключению элементов привода системы управления. В полуавтоматических системах автоматизированы отдельные элементы системы управления. В полностью автоматической системе оператор лишь подает сигналы о начале или окончании работы, а также настройке системы на определенную программу управления рабочим процессом машины.

5.2. Рычажные, гидравлические и пневматические системы управления

Основными показателями качества работы системы управления являются усилия, ход рычагов и педалей управления и соответственно усилия, развиваемые на исполнительном органе, скорость движения рабочего звена исполнительного органа, число и продолжительность включений в час (ПВ, %), быстрота срабатывания и КПД.

Системы управления непосредственного действия с рычажно-механическим и гидравлическим управлением тормозом показаны на рис. 5.1. В рычажно-механической системе управления (рис. 5.1, а) усилие P от ноги на педаль A увеличивается рычажной системой $l_1 - l_6$ в усилие P_1 на конце ленты B тормоза.

Передаточное отношение рычажной системы управления

$$i_y = \frac{l_1 l_3}{l_2 l_4} \frac{l_5}{l_6} = \frac{S_n}{h}, \quad (5.1)$$

где S_n – ход педали A ; h – ход конца ленты B .

Усилие на конце ленты

$$P_1 = i_y P. \quad (5.2)$$

В рычажно-гидравлической системе управления (рис. 5.1, б) усилие от ноги на педали управления 6 через гидравлический цилиндр 5 по трубопроводу 4 передается в рабочий цилиндр 3 , поршень которого через рычаг 8 воздействует на сбегаящий конец тормозной ленты 1 . Пружины 2 и 7 служат для возврата системы управления в исходное положение после снятия ноги с педали управления.

Передаточное отношение в этом случае

$$i_y = i_p i_2, \quad (5.3)$$

где i_p, i_2 – передаточные отношения рычажной и гидравлической систем:

$$i_2 = d_1^2 / d_2^2, \quad (5.4)$$

где d_1 и d_2 – соответственно диаметры цилиндров управления 3 и 5 .

Схемы управления, приведенные на рис. 5.1, применяются обычно для машин небольшой мощности при сравнительно малых количествах включений механизма в час. Расход мощности на управление не должен превышать средних физических возможностей машиниста, равных при длительной работе 40–50 Вт. Положительным свойством системы уп-

равления непосредственного действия является возможность плавного регулирования процесса управления рабочим элементом.

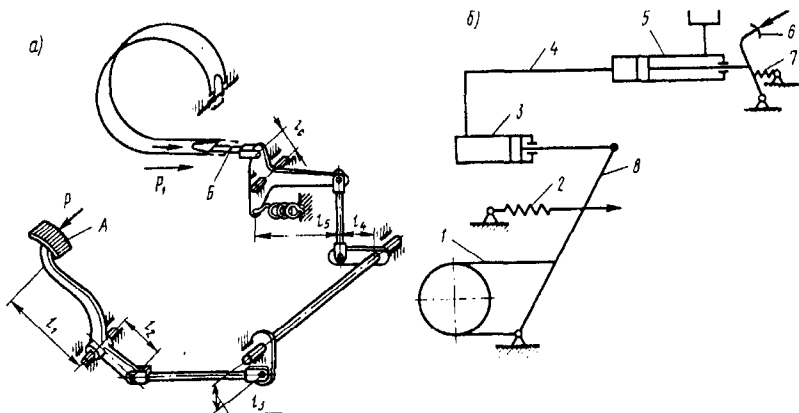


Рис. 5.1. Схемы управления ленточным тормозом непосредственного действия; 1 – тормозная лента; 2 – пружина; 3 – рабочий цилиндр; 4 – трубопровод; 5 – гидравлический цилиндр; 6 – педаль управления; 7 – пружина; 8 – рычаг.

В большинстве мобильных строительных машин для земляных работ, кранах и других машинах для облегчения труда машинистов применяются, как правило, системы управления с усилителями гидравлического, пневматического и электрического действия. В этих случаях часть мощности силовой установки машины используется в системе управления для включения исполнительных рабочих органов рабочего оборудования и механизмов. В качестве усилителей в гидросистемах управления применяют гидрообъемные передачи. Для предотвращения пульсации рабочей жидкости и поддержания ее давления на определенном уровне используют гидроаккумуляторы.

К недостаткам гидравлических систем управления относят быстрое нарастание давлений рабочей жидкости (0,1–0,2 с) в исполнительных органах и, как следствие, резкое их включение и возникновение существенных динамических нагрузок в элементах конструкции. Этот недостаток легко устраняется в пневматических системах управления, широко применяемых в дорожно-строительных машинах. Давление в таких системах составляет 0,7–0,8 МПа. Вследствие сжимаемости воз-

духа и установки дросселей время нарастания давления в исполнительных органах может легко регулироваться в необходимых оптимальных пределах.

В пневматической системе управления (рис. 5.2) компрессор 2 приводится в движение от двигателя 1. Воздух компрессором всасывается через воздухозаборник 4, фильтр 3 и через влагомаслоотделитель 6 нагнетается в аккумулирующую емкость – ресивер 7. При включении пневматических золотников 8 или 8' воздух поступает в пневмокамеру муфты или тормоза 9, или в пневмоцилиндр. В пневмокамерах тормозов в отличие от цилиндров функцию поршня выполняет резиновая диафрагма 12, соединенная со штоком 10 и удерживаемая в нормальном положении пружиной 11. Быстрому возвращению диафрагмы пневмокамеры и штока в исходное положение при выключении кроме пружины способствует клапан быстрого оттормаживания 13, выбрасывающий воздух в непосредственной близости от диафрагмы. Предохранительный клапан 5 в системе настраивается на давление, превышающее номинальное на 5–7%. К недостаткам системы пневматического управления относятся: необходимость тщательной очистки воздуха от механических примесей, масла и влаги; несвоевременное удаление конденсата из системы может приводить к ее замерзанию в холодное время.

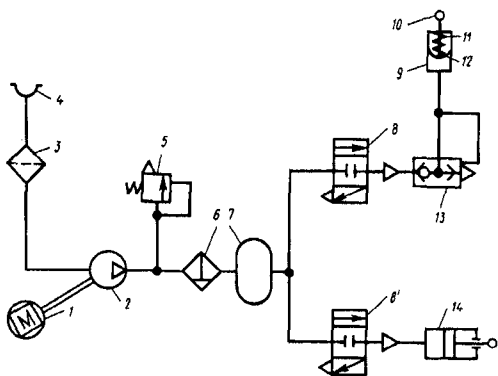


Рис. 5.2. Принципиальная схема пневматической системы управления:
 1 – двигатель; 2 – компрессор; 3 – фильтр; 4 – воздухозаборник;
 5 – предохранительный клапан; 6 – влагомаслоотделитель;
 7 – ресивер; 8 – золотник; 9 – пневмокамерная муфта; 10 – шток;
 11 – пружина; 12 – диафрагма; 13 – клапан быстрого оттормаживания.

В системах автоматизированного управления рабочими органами, а также при рулевом управлении пневмоколесных машин применяются следящие системы гидропривода. Следящей называют такую гидравлическую систему, которая имеет обратную связь и в которой происходит усиление мощности. На рис. 5.3 приведена схема рулевого управления следящего действия. Принцип действия этой системы состоит в следующем. При повороте рулевого колеса 3, например, вправо, поршень гидроцилиндра рулевой колонки 4 перемещается влево, навинчиваясь по резьке вала руля. При этом он вытесняет часть жидкости из левой полости в сервоцилиндр 7. Под действием давления жидкости поршень сервоцилиндра переместится влево и сдвинет следящий золотник 8 из нейтрального положения II в положение III. При этом жидкость от насоса 2 поступит к двойному управляемому обратному клапану 9, откроет его и переместит поршень рабочего цилиндра 10. Из полости рабочего цилиндра 12 жидкость через клапан 9 и золотник 8 поступит в сливную линию. При этом будет осуществлен поворот колес машин на определенный угол.

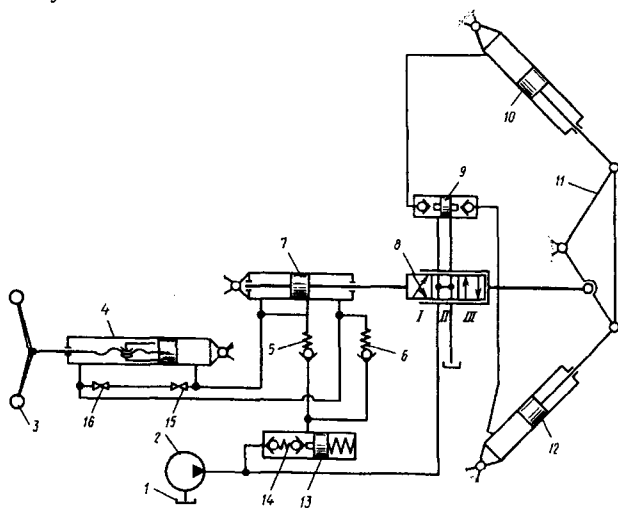


Рис. 5.3. Схема рулевого управления следящего действия;
 1 – гидробак; 2 – насос; 3 – рулевое колесо; 4 – рулевая колонка;
 5, 6 – обратный клапан; 7 – сервоцилиндр; 8 – золотник;
 9 – обратный клапан управляемый; 10 – рабочий цилиндр;
 11 – траверса; 12 – рабочий цилиндр; 13 – пружинный аккумулятор;
 14 – зарядный клапан; 15 – клапаны регулирования системы.

При остановке золотника поршень будет перемещать траверсу *11*, а последняя через жесткую обратную связь – корпус следящего золотника влево до восстановления положения *11*. При этом подача жидкости к цилиндру *10* и, следовательно, поворот колес прекратятся. Для дальнейшего поворота колес или восстановления первоначального положения колес рулевое колесо управления поворачивается в соответствующую сторону на определенный угол. Таким образом, поворот колес осуществляется по методу слежения за поворотом рулевого колеса. Пружинный аккумулятор *13* с зарядными клапанами *14* и обратными клапанами *5* и *6* служит для пополнения системы управления маслом в случае его утечки через уплотнения, клапаны *15* и *16* – для регулирования системы.

Применение гидравлической и пневматической систем дает возможность дистанционного управления и автоматизации работы машины с использованием электроники и микропроцессорной техники. Наиболее целесообразны в этих целях комбинации различных систем управления – электрогидравлических и электропневматических.

Широкие возможности автоматизации имеют электрические системы управления, которые применяются на машинах с дизель-электрическим и электрическим приводами. Строительные машины с применением бортовых мини-ЭВМ позволяют автоматически оптимизировать рабочие процессы и тем самым существенно поднять их производительность и облегчить работу оператора по управлению машиной.

Для улучшения условий труда машинистов в современных строительных машинах выполняется целый ряд эргономических требований к управлению и рабочему месту.

Глава 6. ТРАНСПОРТНЫЕ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

6.1. Общая характеристика транспортирования строительных грузов

В строительстве для перемещения грузов используются наземный, водный и воздушный виды транспорта. Свыше 90 % перевозок на объекты строительства осуществляется наземным транспортом: автомобильным, железнодорожным и трубопроводным. Выбор типа транспортных средств определяется характером и количеством перемещаемых грузов, дальностью перевозок и временем, отведенным на их доставку.

Автомобильный транспорт. Это наиболее мобильный и массовый вид транспорта. С его помощью строительные грузы доставляются без перегрузок непосредственно на строительные объекты. На долю автомобильного транспорта, тракторов и колесных тягачей приходится более 82 % перевозок грунта, строительных материалов, длинномерных грузов, строительных конструкций, технологического оборудования и строительных машин. Расходы только на автомобильный транспорт составляют 12...15 % стоимости строительно-монтажных работ, достигая в отдельных случаях и значительно больших величин.

Различают автомобильный транспорт *общего назначения* и *специализированный*. К транспортным средствам общего назначения относятся грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы с бортовыми не опрокидывающимися открытыми платформами, а также седельные тягачи, используемые для перевозки всех видов грузов, кроме жидких, без тары. Автомобиль или седельный тягач в сцепе с прицепом или полуприцепом называют *автопоездом*. Специализированными транспортными средствами являются грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы, предназначенные для перевозки определенного вида груза (труб, ферм, панелей, массовых штучных грузов в контейнерах и т. п.). Использование специализированных транспортных средств обеспечивает высокую эффективность перевозок, сохранение качества перевозимых грузов, внедрение передовых методов организации и управления транспортным процессом.

Железнодорожный транспорт. Железнодорожным транспортом осуществляют массовые перевозки строительных грузов и оборудования при сосредоточенном строительстве крупных объектов с расстоянием перевозки не менее 200 км. Им выполняют внешние, внутрикарьер-

ерные, технологические перевозки. Транспортирование грузов по железным дорогам осуществляется в вагонах общего назначения (полувагонах, платформах, крытых) и специального назначения (цистернах, вагонах-самосвалах). Выбор типа вагонов ведется с учетом различных требований: сохранности перевозимого груза, механизации погрузки и выгрузки, необходимости взвешивания и т. д. Грузоподъемность подвижного состава определяется допустимой нагрузкой оси вагонов на рельсы. Нагрузка оси вагонов на рельсы, выход которых допускается на пути МПС, не должна превышать 220 кН. Нагрузка оси вагонов на рельсы, которые обращаются только по путям предприятий, карьеров и заводов, может превышать 220 кН.

Водный транспорт. Строительные грузы перемещаются на речных и морских судах. Речные суда используются на внутренних водных путях между речными и морскими портами при сосредоточенном строительстве крупных объектов в прибрежных районах, имеющих специальные портовые сооружения, где грузы перегружаются на автомобильный и железнодорожный транспорт. Грузовые речные суда в зависимости от наличия силовой установки бывают самоходные и несамоходные. Самоходные суда разделяют на сухогрузные и нефтеналивные (танкеры). Грузоподъемность их достигает 1000 т. Несамоходные суда подразделяются на баржи и секции. Секционные составы перемещаются толканием, баржи – толканием и буксировкой.

Внутренний водный транспорт, особенно при использовании судов повышенной грузоподъемности, может обеспечить высокую провозную способность при сравнительно меньших, чем железнодорожный и автомобильный, капитальных затратах на 1 км водного пути и тем самым существенно разгрузить железные дороги, особенно при их сезонной загрузке.

Воздушный транспорт (грузовые самолеты, вертолеты и дирижабли). Его применяют при строительстве в труднодоступных районах (Западная Сибирь, Крайний Север) при отсутствии наземных и водных путей или при невозможности их использования по климатическим условиям.

Наибольшее применение получили вертолеты. Грузы располагают внутри фюзеляжа, а негабаритные грузы или в случае отсутствия посадочной площадки – на системе внешних подвесок. Грузоподъемность, дальность и скорость полета зависят от взлетной массы вертолета, по которой они разделяются на классы. Вертолеты различных классов стали все шире использоваться при сооружении высотных объектов (теле-

башен, ретрансляторов, доменных печей, труб и др.), а также при установке на фундаменты колонн, реакторов, опор линий электропередач. Они оборудованы системой внешних подвесок, а для удобства ведения монтажных работ – дополнительной кабиной, из которой пилотом-оператором ведется управление вертолетом и операциями по монтажу конструкций. Максимальная взлетная масса вертолетов составляет примерно 43 т, максимальная масса груза на внешней подвеске – 11 т.

Конвейеры и пневмотранспортные установки также относятся к основным видам транспортирующих машин, применяемых в строительстве. Конвейерами перемещают сыпучие кусковые материалы, штучные грузы, а также пластичные смеси бетонов и растворов. В пневмотранспортных установках мелкий или порошкообразный материал перемещается по трубам во взвешенном в потоке воздуха состоянии или в специальных контейнерах с заключенным в них материалом. Свойство многих порошкообразных и пылевидных материалов приобретать подвижность при насыщении их воздухом широко используется в разгрузчиках цемента, автоцементовозах и других машинах.

6.2. Грузовые автомобили, тракторы, пневмоколесные тягачи

Грузовыми автомобилями, тракторами, пневмоколесными тягачами и созданными на их основе прицепными и полуприцепными транспортными средствами общего и специального назначения осуществляются основные перевозки строительных грузов. Кроме того, автомобили, тракторы и тягачи используются как тяговые средства прицепных и полуприцепных дорожно-строительных машин, а также в качестве базы для кранов, экскаваторов, бульдозеров, погрузчиков, бурильных установок, коммунальных и других машин.

Автомобили, тракторы, тягачи изготавливаются серийно, поэтому многие их сборочные единицы широко используются в конструкциях различных дорожно-строительных машин.

Грузовые автомобили. Основными частями грузового автомобиля массового производства являются двигатель 1, кузов 2 и шасси 3 (рис. 6.1). Шасси включает силовую передачу (трансмиссию), несущую раму, на которой установлены двигатель, кабина, передний и задние мосты с пневмоколесами, упругая подвеска, соединяющая мосты с рамой, механизм управления и электрооборудование. По конструкции кузова различают автомобили общего назначения и специализированные. Автомобили общего назначения имеют кузов в виде опрокидывающейся

открытой платформы с откидными бортами для перевозки любых видов грузов, специализированные – для перевозки определенного вида груза. Кроме того, грузовые автомобили классифицируются по типу двигателя, проходимости, грузоподъемности и другим факторам. На грузовых автомобилях применяют поршневые двигатели внутреннего сгорания, работающие на бензине или газе (карбюраторные), на тяжелом топливе (дизельные), газотурбинные. Дизельные двигатели получили преимущественное распространение, газотурбинные применяют на автомобилях очень большой грузоподъемности. В зависимости от грузоподъемности мощность двигателей автомобилей общего назначения 60–220, а автомобилей-тягачей достигает 500 кВт.

По проходимости автомобили делятся на дорожные, рассчитанные для эксплуатации по всем дорогам общей дорожной сети, повышенной и высокой проходимости – по всем видам дорог различного состояния и внедорожные – (карьерные). Автомобили повышенной и высокой проходимости в зависимости от типа движителя разделяются на колесные, колесно-гусеничные, на воздушной подушке и автомобили-амфибии. Внедорожные автомобили применяют на стройках и разработках полезных ископаемых открытым способом и используют на дорогах со специальным основанием.

Главным параметром, определяющим конструкцию автомобиля, является нагрузка на одиночную ось. Правилами дорожного движения установлены предельные нагрузки на одиночную ось автомобиля – 100 кН для дорог с усовершенствованным покрытием и 60 кН для общей дорожной сети. Эти требования не распространяются на внедорожные автомобили. Для обеспечения высокой проходимости и требований по нагрузке на ось бортовые автомобили и седельные тягачи выпускаются с двумя, тремя ведущими осями и более (рис. 6.1, б, в). Такие автомобили получили большое распространение. Прицепы и полуприцепы разделяются на прицепы, буксируемые автомобилем с помощью дышла (одно-, двух- и многоосные), прицепы-ропуски для перевозки длинномерных грузов, полуприцепы, буксируемые седельными тягачами. Седельные тягачи изготавливают на базе шасси бортового автомобиля, но с укороченной базой (рис. 6.1, в). На раме 3 такого тягача укрепляется опорная плита с седельно-сцепным устройством 4, которое воспринимает нагрузку от полуприцепа и передает ему тяговое усилие, развиваемое двигателем автомобиля.

По грузоподъемности грузовые автомобили разделяются на автомобили малой, средней, большой и особо большой (внедорожные) грузоподъемности. Максимальная грузоподъемность наиболее распро-

страненных грузовых автомобилей с бортовой платформой составляет: типа ЗИЛ – 6500 кг, типа КамАЗ – 8000–11000 кг, типа МАЗ – 12000 кг, типа КрАЗ – 14500 кг.

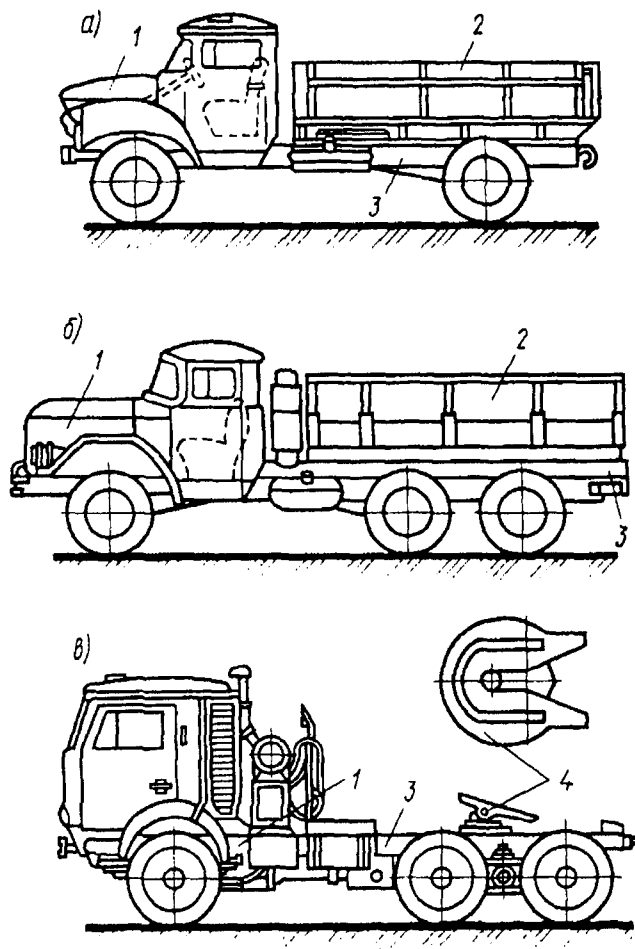


Рис. 6.1. Грузовые автомобили общего назначения: а – с открытой платформой и бортами; б – повышенной проходимости; в – тягач с седельно-сцепным устройством.

На рис. 6.2 приведены схемы силовых передач с одной и несколькими ведущими осями. Крутящий момент от двигателя 1 (рис. 6.2. а) к ведущим колесам 8 передается через силовую передачу. Она состоит из постоянно замкнутой фрикционной муфты (сцепления) 2, выключение которой позволяет отключать двигатель при переключении передач, ступенчатой коробки перемены передач 3 с переменным передаточным числом для согласования крутящего момента на колесах 8 с моментом сопротивления движению и обеспечения движения автомобиля задним ходом, карданного вала 4, главной передачи 5, состоящей из двух конических зубчатых колес и увеличивающей крутящий момент на ведущих колесах, дифференциала 6, позволяющего колесам вращаться с различной частотой на криволинейных участках пути, и двух полуосей 7, передающих вращение закрепленным на них колесам. Главная передача, дифференциал и полуоси, закрепленные в кожух, называются ведущим мостом. Дифференциал устроен следующим образом (рис. 6.2, г). На внутренних концах полуосей 7 закреплены полуосевые конические шестерни 15. Концы полуосей с полуосевыми шестернями входят в коробку дифференциала 14. К коробке дифференциала прикреплена ведомая шестерня 5, с которой сцеплена ведущая шестерня главной передачи. В коробке установлены шестерни-сателлиты 13, которые сцеплены одновременно с обеими полуосевыми шестернями и могут вращаться в цапфах. При прямолинейном движении автомобиля по ровной дороге полуоси с шестернями будут вращаться с одинаковой скоростью, равной скорости коробки, а шестерни-сателлиты остаются неподвижными относительно своей оси. При движении автомобиля по криволинейному участку дороги сателлиты перекачиваются по замедлившей свое вращение полуосевой шестерне, а вторая полуосевая шестерня за счет вращающихся сателлитов начнет вращаться быстрее. В результате колесо, катящееся по внутренней кривой, будет вращаться медленнее, чем колесо, катящееся по внешней кривой и проходящее за одно и то же время больший путь.

Автомобиль оборудуется тормозной системой для снижения скорости и остановки машины и рулевой системой для изменения направления движения посредством поворота передних управляемых колес 9. На тяжелых машинах рулевой механизм оснащается гидроусилителем, снижающим усилие на рулевом колесе.

На рис. 6.2, б показана схема силовой передачи трехосного автомобиля с двумя ведущими мостами 10, (колесная формула 6х4), а на рис. 6.2, в – с тремя ведущими мостами (колесная формула 6х6), передний мост 12 является одновременно управляемым и ведущим. Движение к ведущим мостам передается посредством карданных валов от коробки

перемены передач через раздаточную коробку 11, позволяющую включать передний ведущий мост при преодолении трудных участков пути во время движения по проселочным дорогам и бездорожью.

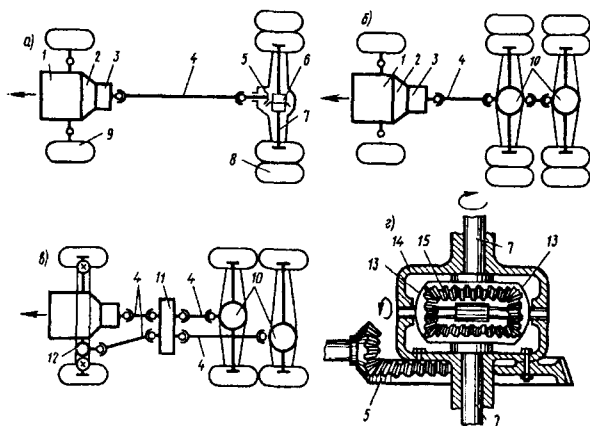


Рис. 6.2. Силовые передачи грузовых автомобилей: а – с колесной формулой 4х2; б – с колесной формулой 6х4; в – с колесной формулой 6х6; г – схема дифференциала.

Тракторы гусеничные и колесные (рис. 6.3). Их используют для перемещения тяжелых грузов по грунтовым и временным дорогам. Агрегируются они с бортовыми и саморазгружающимися прицепами, а также с прицепными и навесными строительными машинами (скреперами, бульдозерами, экскаваторами, кранами-трубоукладчиками и др.). Гусеничные тракторы обладают малой нагрузкой на грунт и большой силой тяги. Поэтому они имеют более высокую проходимость, чем колесные. Максимальная скорость их перемещения составляет 12 км/ч. Колесные тракторы более маневренны, имеют большую транспортную скорость – 40 км/ч. Давление на грунт колесных машин 0,2–0,35 МПа, гусеничных – 0,1 МПа. Главным параметром тракторов является максимальное усилие на крюке, по которому их разделяют на классы. Максимальное усилие на крюке измеряют при скорости 2,6–3 км/ч для гусеничных и 3,0–3,5 км/ч – для колесных. Усилие на крюке гусеничных тракторов примерно равно их массе, а колесных – 0,5–0,6 от массы.

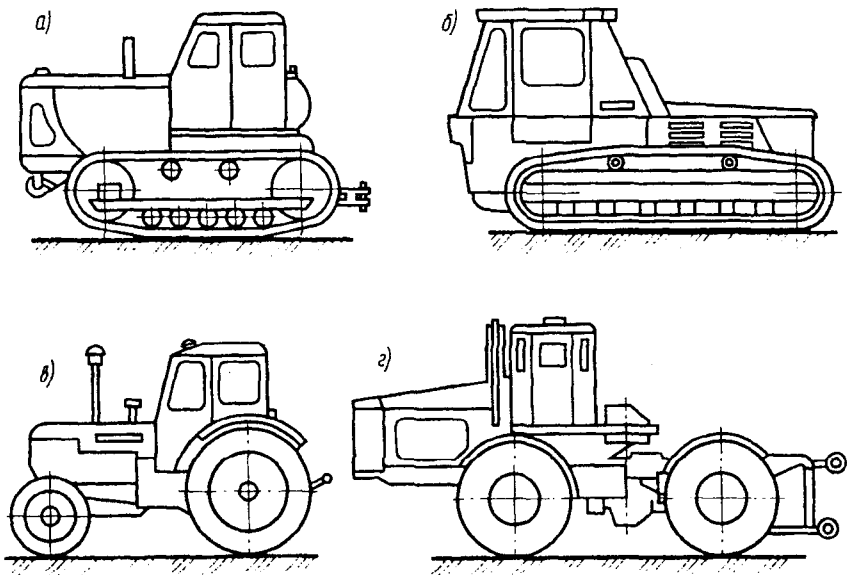


Рис. 6.3. Тракторы: а – гусеничный с передним расположением двигателя; б – гусеничный с задним расположением двигателя; в – пневмоколесный с передними управляемыми колесами; г – с шарнирно сочлененной рамой.

Промышленностью выпускаются тракторы сельскохозяйственного типа классов тяги 6, 9, 14, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 150 и 250 кН и промышленного типа классов тяги 100, 150, 200, 250, 350, 500 кН. Тракторы промышленного типа изготавливаются различных модификаций, т. е. с учетом установки на них погрузочного, бульдозерного, рыхлительного, кранового и другого оборудования. Мощность двигателей тракторов достигает 800 кВт, а иногда и более. Трактор состоит из рамы, силовой передачи, гусеничного или колесного движителя и управления. Кроме того, все тракторы комплектуются гидравлической системой для привода навесного или прицепного рабочего оборудования.

У пневмоколесных тракторов с шарнирно-сочлененными полурамами (рис. 6.3, г) каждая из полурам опирается на ведущий и управляе-

мый мосты. Поворот передней полурамы относительно задней осуществляется с помощью двух гидроцилиндров на угол до 40° в каждую сторону. Такие тракторы обладают большей маневренностью по сравнению с тракторами с передней управляемой осью. Силовая передача трактора существенно отличается от силовой передачи автомобиля. В ней отсутствует дифференциал, а поворот машины осуществляется торможением одной из гусениц. Силовые передачи тракторов выполняются механическими, гидромеханическими и электрическими.

В состав механической силовой передачи гусеничного трактора (рис. 6.4, а) входят: дисковая фрикционная муфта сцепления 2, коробка перемены передач 3, карданный вал 5, главная передача 6, бортовые фрикционы 7 с ленточными тормозами 8, бортовые редукторы 9, соединенные с ведущими звездочками гусениц 10. На гусеничной раме 4 установлены ведомые звездочки 11 с натяжным устройством гусеничной цепи. Бортовые редукторы увеличивают крутящий момент на ведущих звездочках. Бортовые фрикционы представляют собой многодисковые фрикционные муфты, которые в замкнутом (включенном) состоянии обеспечивают прямолинейное движение трактора. Изменение направления движения достигается частичным или полным выключением одного из бортовых фрикционов с одновременным торможением его ведомых дисков с помощью ленточного тормоза. Ленточные тормоза используются также для торможения обеих гусениц при движении на уклонах и как стояночные тормоза. Для плавного бесступенчатого регулирования скорости в широком диапазоне в зависимости от внешней нагрузки силовая передача дополняется гидравлическим ходоуменьшителем, позволяющим работать на пониженных (до 1 км/ч) скоростях.

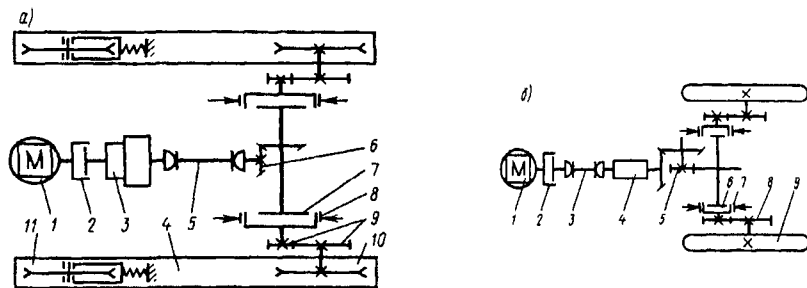


Рис. 6.4. Силовые передачи тракторов:
а — гусеничного; б — колесного.

В состав механической передачи колесного трактора (рис. 6.4, б) с передним расположением двигателя / входят фрикционная муфта сцепления 2, карданный вал 3, коробка перемены передач 4, главная передача 5, бортовые фрикционы 6 с ленточными тормозами 7, бортовые редукторы 8, передающие вращение пневматическим колесам 9.

В силовых передачах гусеничных и колесных тракторов, одно- и двухосных тягачей, специальных шасси одноковшовых погрузчиков, самоходных кранов автомобильного типа широко применяют гидродинамические передачи.

При больших сопротивлениях движению (при трогании с места, движении на подъем или в трудных дорожных условиях) используется способность гидротрансформатора увеличивать крутящий момент двигателя с высоким коэффициентом трансформации. По мере снижения сопротивления движению постепенно снижается трансформация момента, плавно возрастает скорость ведущих колес, а работа трансформатора переходит в режим с более высоким кпд. При этом переключение передач осуществляется автоматически, т. е. высшие передачи включаются только тогда, когда вторичный вал достигает определенной частоты вращения. При этом двигатель работает в режиме максимальной мощности, а переключение передач происходит без разрыва крутящего момента. Отсутствие жесткой кинематической связи двигателя с ведущими звездочками снижает динамические нагрузки на двигатель, повышает долговечность двигателя и силовой передачи.

В гусеничных тракторах с электрической силовой передачей момент ведущим звездочкам гусениц сообщается тяговым электродвигателем постоянного тока через бортовые фрикционы и редукторы. Тяговый электродвигатель получает питание от генератора, вращаемого дизелем трактора. Система привода дизель–генератор–двигатель значительно упрощает кинематическую схему силовой передачи (отсутствуют коробка перемены передач, карданные валы), а главное – обеспечивает в широких пределах бесступенчатое регулирование скорости движения и момента в зависимости от внешней нагрузки. Гидромеханическая и электрическая силовые передачи наиболее полно отвечают режиму работы тракторов с прицепным и навесным рабочим оборудованием строительных машин.

Пневмоколесные тягачи. Такие одно- и двухосные тягачи предназначены как базовые машины для работы с различного рода прицепным (одноосные) и навесным и прицепным (двухосные) рабочим оборудованием строительных машин (рис. 6.5). Пневмоколесные тягачи обла-

дают высокими тяговой характеристикой, транспортными (до 50 км/ч и более) скоростями, большим диапазоном рабочих скоростей, хорошей маневренностью, что способствует достижению высокой производительности строительных машин, создаваемых на их базе.

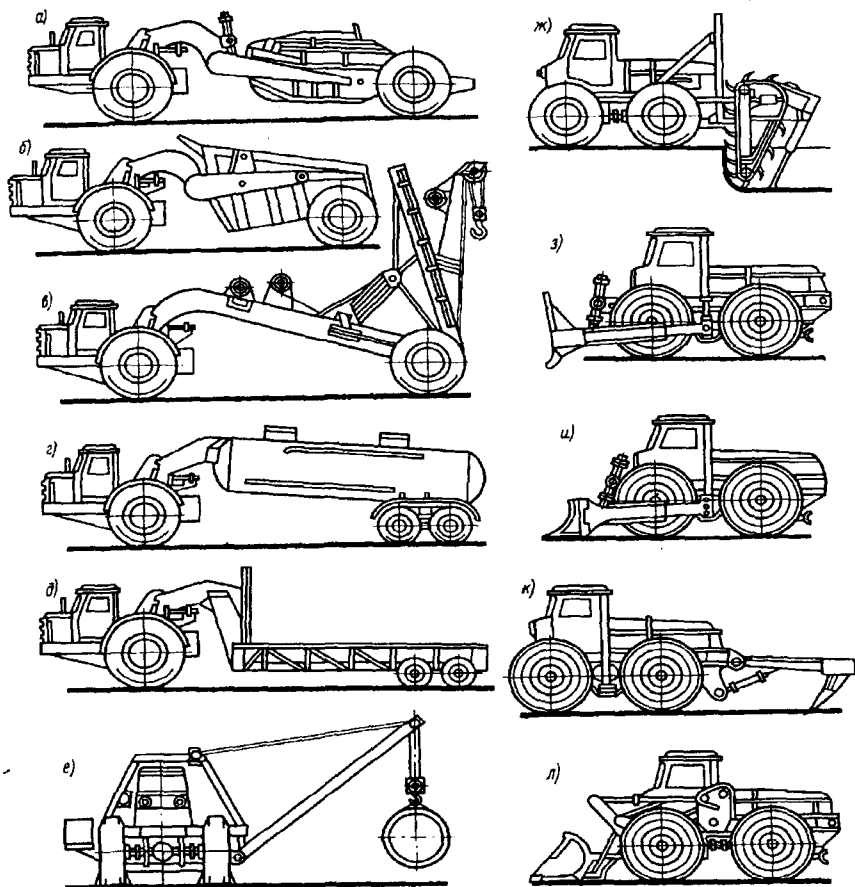


Рис. 6.5. Прицепное и навесное оборудование одно- и двухосных тягачей: а – скрепер; б – землевоз; в – кран; г – цистерна для цемента и жидкостей; д – тяжеловоз; е – кран-трубоукладчик; ж – траншейный экскаватор; з – корчеватель; и – бульдозер; к – рыхлитель; л – погрузчик.

Пневмоколесные тягачи собирают из узлов и деталей серийного производства тракторов и тяжелых автомобилей при широкой степени унификации, что делает их конструкцию более долговечной. Мощность дизелей тягачей достигает 900 кВт при нагрузке на ось 750 кН и более, что обеспечивает реализацию одного из главных направлений развития строительной техники – создания машин большой единичной мощности.

Одноосный тягач (рис. 6.6, а) состоит из шасси, на котором установлены двигатель 6, силовая передача, два ведущих колеса, кабина и опорно-сцепное устройство. Опорно-сцепное устройство выполнено в виде стойки 2, которая может качаться вокруг продольной горизонтальной оси, закрепленной в раме тягача, что позволяет полуприцепу перекашиваться относительно тягача в вертикальной плоскости. Соединяется полуприцеп с тягачом вертикальным шкворнем 3. Поворот тягача относительно оси полуприцепа обеспечивается двумя гидроцилиндрами 4 на угол до 90° в обе стороны. Гидромеханическая силовая передача (рис. 6.6, б) включает в себя раздаточную коробку 7, гидротрансформатор 8, коробку перемены передач 9, карданные валы 10 и 12, мост с главной передачей и дифференциалом 11, полуосями 13 и планетарные редукторы 14, встроенные в ступицы ведущих колес. Оба ведущих колеса являются одновременно и управляемыми. Коробку перемены передач и гидротрансформатор часто монтируют в одном корпусе, что делает конструкцию более компактной. От раздаточной коробки через вал 12 приводится в действие один или несколько масляных насосов 5, обеспечивающих работу исполнительных органов полуприцепной машины. Управление тягачом и прицепным оборудованием осуществляется гидрораспределителем 1.

Двухосные тягачи состоят из двух шарнирно-сочлененных полурам. Поворот полурам, так же как и у одноосного тягача, осуществляется с помощью двух гидроцилиндров двустороннего действия. Тягачи имеют один или два ведущих моста, одну или две двигательные установки. Силовая передача к ведущим колесам аналогична рассмотренной выше. Коробки перемены передач одно- и двухосных тягачей трехступенчатые при одинаковых скоростях движения передним и задним ходом. Последнее особенно важно для машин циклического действия, требующих особой маневренности при частом реверсировании рабочих движений (одноковшовые фронтальные погрузчики, бульдозеры и др.).

В последние годы одно- и двухосные тягачи комплектуются мотор-колесами с шинами до 3 м в диаметре и шириной более 1 м с автоматически изменяющимся в зависимости от дорожных условий давлением воздуха.

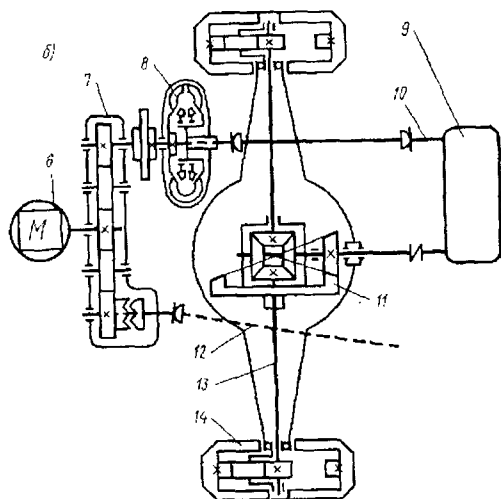
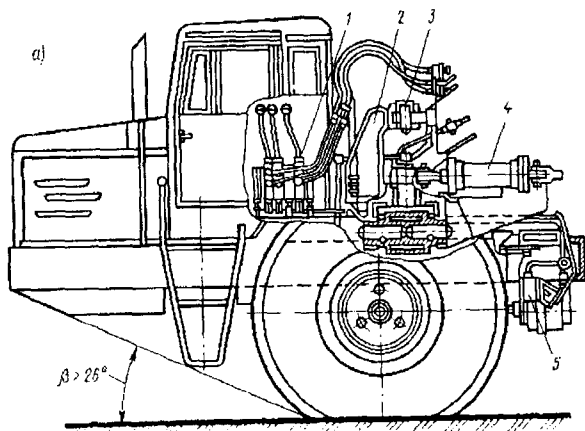


Рис. 6.6. Одноосный тягач; а - общий вид; б - кинематическая схема; 1 - распределитель; 2 - стойка; 3 - шкворень; 4 - гидроцилиндры; 5 - насос; 6 - двигатель; 7 - раздаточная коробка; 8 - гидротрансформатор; 9 - коробка перемены передач; 10 - карданный вал; 11 - дифференциал; 12 - карданный вал; 13 - поршень; 14 - планетарный редуктор.

Мотор-колесо представляет собой самостоятельный агрегат с гидравлическим или электрическим двигателем и планетарным редуктором, встроенным в колесо. Рабочие двигатели питаются от масляных насосов или генератора, приводимых в действие основным двигателем тягача. Система управления двигателями мотор-колес позволяет каждому из них сообщать различные по величине моменты и частоту вращения, а при разворотах – и направление вращения, что особенно важно при работе в сложных дорожных условиях.

6.3. Специализированные транспортные средства

Специализированные транспортные средства применяют в соответствии с их назначением и видом груза: для перевозки грунта, сыпучих грузов, бетонов и растворов, битума, топлива (автомобили-самосвалы, керамзитовозы, автобетоносмесители, авторастворовозы, автобитумовозы, топливовозы), порошкообразных грузов (автоцементовозы, известковозы), строительных конструкций (панелевозы, фермовозы, плитовозы, сантехкабиновозы), длинномерных грузов (трубовозы, плетевозы, металловозы), строительных грузов в контейнерах (контейнеровозы), технологического оборудования и строительных машин (тяжеловозы).

Специализированные транспортные средства представляют собой прицепы и полуприцепы к базовым автомобилям и седельным тягачам средней и большой грузоподъемности с разрешенной нагрузкой на одиночную ось 60 и 100 кН (автомобили и тягачи с колесной формулой 6х2 и 6х4). Конструкция таких транспортных средств учитывает особенности перевозки и физические свойства грузов, сохранение их качества, комплексную механизацию погрузки и выгрузки. Главным параметром специализированных транспортных средств принята полная масса транспортного средства с грузом. Использование специализированного транспорта способствует дальнейшему развитию индустриальных методов строительства, снижению себестоимости перевозок, росту производительности транспортных средств. Ниже приводятся конструктивные схемы и технологические возможности отдельных видов специализированного транспорта.

Автомобили-самосвалы и автопоезда. Различают автомобили-самосвалы общего назначения и специальные карьерные самосвалы. Автомобили-самосвалы общего назначения (рис. 6.7) изготавливают на базе серийных грузовых автомобилей (иногда с укороченной базой). Их используют для перевозки грунта из котлованов, нерудных строительных материалов от карьеров, причалов и железнодорожных станций на пред-

приятия строительной индустрии и на сооружаемые дороги. Кроме того, автомобили-самосвалы используют для перевозки асфальтобетона, строительного мусора и других навалочных грузов. Загрузка автомобилей-самосвалов производится обычно экскаватором, погрузчиком или из бункера. Кузов 2 самосвалов прямоугольной, трапециевидной или корытообразной формы делается опрокидным с углом наклона до 60° . Различают самосвалы с задней разгрузкой, т. е. опрокидыванием только назад, с боковой разгрузкой на одну или обе стороны и с трехсторонней разгрузкой. Опрокидывание кузова осуществляется с помощью гидравлического подъемника, состоящего из одного или двух гидроцилиндров 3 одностороннего действия, питаемых насосной установкой 4, приводимой от двигателя 1 через коробку отбора мощности 6 автомобиля карданными валами 5.

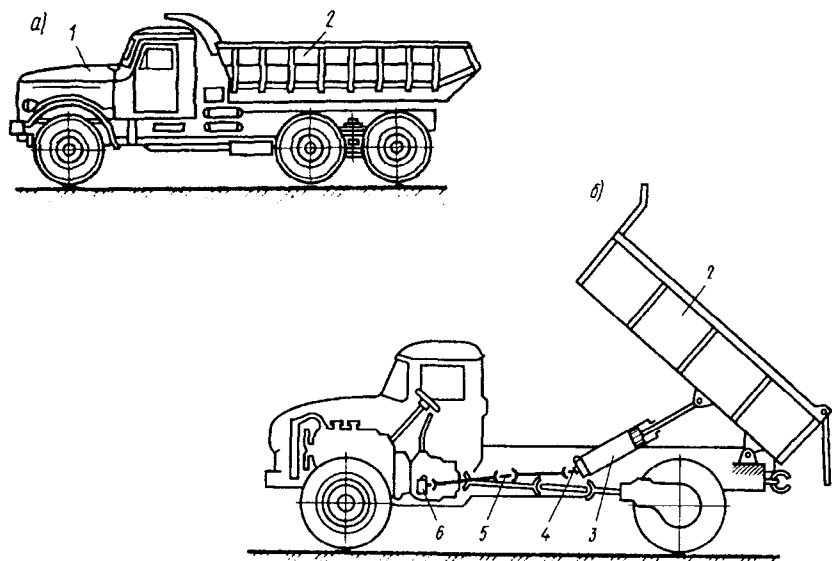


Рис. 6.7. Автомобили-самосвалы общего назначения; а – с кузовом ковшовой формы; б – с откидной задней стенкой; 1 – двигатель; 2 – кузов; 3 – гидроцилиндр; 4 – насос; 5 – карданный вал; 6 – коробка отбора мощности.

Управление опрокидыванием кузова осуществляется из кабины. При этом положения гидрораспределителя обеспечивают принудительный подъем кузова, фиксирование его на любом уровне и плавное опускание

под действием собственной массы, при котором происходит слив масла в бак через клапан с определенным проходным сечением. Грузоподъемность серийно выпускаемых отечественной промышленностью самосвалов составляет 10–12 т при полной массе автомобиля с грузом 19–23 т. Грузоподъемность специальных карьерных самосвалов достигает 300 т, так как они предназначены для работы вне дорог общей дорожной сети и их осевые нагрузки могут превышать действующие весовые ограничения.

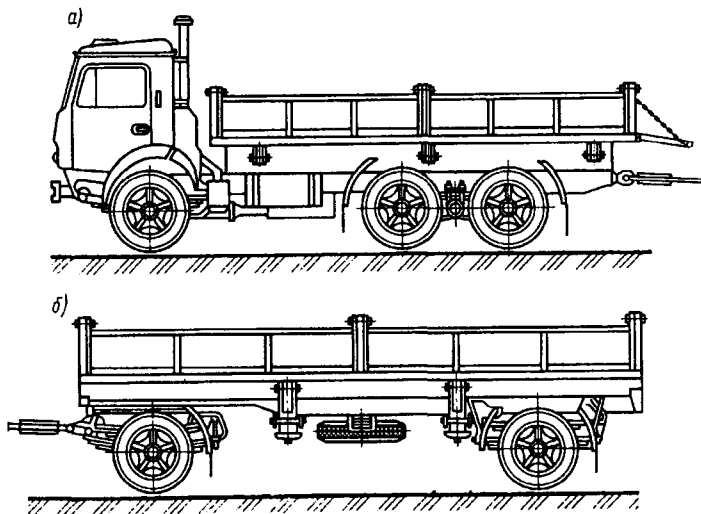


Рис. 6.8. Автопоезд: а – автомобиль-самосвал; б – прицеп-самосвал.

При перевозке массовых грузов применяют автопоезда (рис. 6.8). Использование автопоездов вместо одиночных автомобилей-самосвалов позволяет повысить выработку на среднесписочную машину, снизить расход топлива, уменьшить число водителей. Автопоезда создают на базе автомобилей-самосвалов и унифицированных автомобильных прицепов-самосвалов и полуприцепов-самосвалов к седельным тягачам, имеющим общие конструктивные признаки. Гидроцилиндры прицепов действуют от гидравлической системы базового автомобиля. Автомобили-самосвалы, предназначенные для использования в качестве тягачей, оснащаются

стандартными буксирными устройствами, а также гидро-, пневмо- и электровыводами для подключения соответствующих систем прицепов. Разгрузка кузовов самосвала и промежуточных прицепов ведется на две (боковые), а заднего – на три (боковые и заднюю) стороны. Грузоподъемность автопоезда, выполненного, например, на базе автомобиля 6x4 типа КамАЗ, составляет 11 т (полная масса 19 т), прицепа полной массой 16 т и полуприцепа полной массой 25 т.

Полуприцепы-керамзитовозы. Для перевозки пористых заполнителей бетона плотностью 0,48–0,65 т/м³ применяют полуприцепы-керамзитовозы к седельным тягачам (рис. 6.9). Характерной особенностью конструкции является значительный объем кузова и наличие устройства для задней и боковой разгрузки. Для этого на раме тягача рядом с седельным устройством находится подрамник для крепления силового гидроцилиндра, который обеспечивает угол наклона кузова назад до 60°. Грузоподъемность полуприцепов-керамзитовозов 18 т.

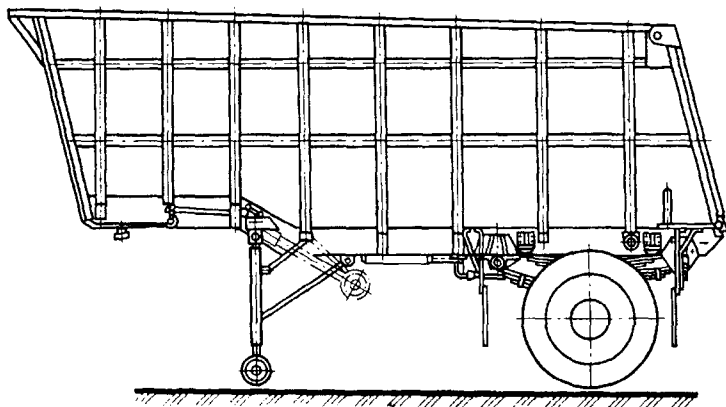


Рис. 6.9. Полуприцеп-керамзитовоз.

Полуприцепы-автобитумовозы. Эти автомобили применяют для транспортирования битумных материалов от нефтеперерабатывающих заводов к местам производства дорожных, кровельных и изоляционных работ. Автобитумовоз (рис. 6.10) представляет собой полуприцепную цистерну I эллиптической формы, установленную на полуприцепе безрамной конструкции к седельному тягачу и оборудованную системами

подогрева, забора и выдачи битума. Сверху цистерна имеет заливные люки 2, а в задней части – фланец для присоединения сливного трубопровода 5. Система подогрева включает в себя жаровые трубы 3, вмонтированные в заднее днище цистерны, стационарные горелки 4, работающие на керосино-воздушной смеси, топливный бак, компрессор и приборы контроля за уровнем и температурой битума. Система наполнения и выдачи битума состоит из трубопроводов и битумного шестеренного насоса, приводимого от двигателя тягача через коробку отбора мощности или от индивидуального гидромотора. Обогрев битумного насоса производится теплом выхлопных газов двигателя при его установке на тягаче или теплом горячего битума при его размещении внутри цистерны.

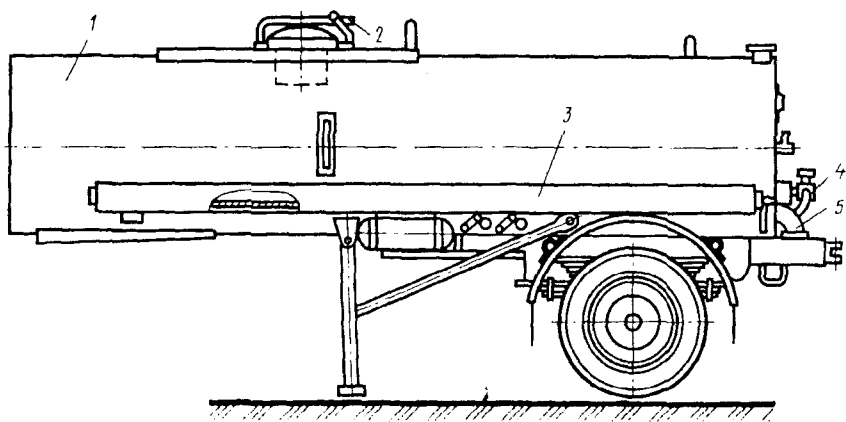


Рис. 6.10. Полуприцеп-автобитумовоз; 1 – цистерна; 2 – заливной люк; 3 – жаровые трубы; 4 – горелки; 5 – сливной трубопровод.

Конструкция автобитумовоза обеспечивает сохранение температуры битума в цистерне при транспортировании без подогрева, подогрев битума в цистерне до рабочей (200°C) температуры, перекачивание его, минуя цистерну, забор из битумоплавильных котлов и битумохранилищ насосом. Грузоподъемность выпускаемых промышленностью автобитумовозов 6,8–21 т.

Трубо- и плетевозы. Перевозка труб и плетей (сваренных секций и труб) по дорогам с твердым покрытием и грунтовым, а также вдоль

трассы строительства трубопроводов вне дорог осуществляется специальными автопоездами-трубовозами и плетевозами. Трубовоз состоит из тягача, одноосного прицепа-ропуска, соединенных между собой жестким сцепным устройством. Длина перевозимых труб не превышает 12 м. Плетевозы, в отличие от трубовозов, могут перевозить плети из труб практически любой длины (обычно до 36 м) прицепами-ропусками, так как тяговое усилие прицепу-ропуску передается непосредственно плетями, закрепленными на тягаче.

На рис. 6.11 показан плетевоз для перевозки труб и плетей диаметром 529–1420 мм, длиной до 36 м, массой до 36 т по дорогам с твердым покрытием и грунтовыми дорогам, состоящий из четырехосного автомобильного тягача 1 повышенной проходимости и двухосного прицепа-ропуска 5. На тягаче установлен коник 4 для укладки труб 3. Такие же коники неподвижно закреплены на раме прицепа-ропуска. На кониках тягача и прицепа имеются переставные стойки-упоры для труб и предохранительный щит 2, ограничивающий передний вылет труб и защищающий кабину водителя при погрузочно-разгрузочных работах и перевозке труб. Положение стоек регулируется в зависимости от размера и количества перевозимых труб. Коники снабжены устройством винтового типа для увязки труб. Прицеп-ропуск оснащен сцепным устройством 6 для соединения его с тягачом при холостом пробеге и для крепления страхового каната при транспортировке плетей. Количество одновременно перевозимых плетей или труб определяется грузоподъемностью поезда. Выпускаемые промышленностью плетевозы рассчитаны на массу перевозимых труб 9–36 т.

Полуприцепы-панелевозы. Они предназначены для перевозки панелей, плит перекрытий на полуприцепах к седельным автомобильным тягачам (рис. 6.12). Передняя часть панелевоза опирается на седельное сцепное устройство тягача, а задняя – на одно- или двухосную тележку. В некоторых конструкциях панелевозов задняя тележка имеет поворотные оси, что способствует уменьшению габаритной полосы движения, повышению маневренности автопоезда в естественных условиях. Полуприцепы снабжают гидравлическими опорами для устойчивости при погрузочно-разгрузочных операциях, а также автоматической сцепкой и тягачом, позволяющей работать одному тягачу с несколькими сменными полуприцепами и вести монтаж панелей “с колес”, т. е. без складирования на строительной площадке. По конструкции несущего каркаса полуприцепы разделяют на хребтовые и рамные кассетного типа.

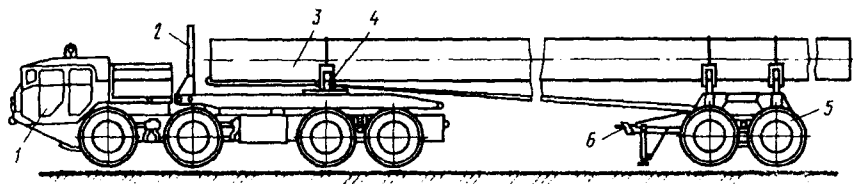


Рис. 6.11. Плетьовоз: 1 – тягач; 2 – предохранительный щит; 3 – труба; 4 – коник; 5 – прицеп-ропуск; 6 – сцепное устройство.

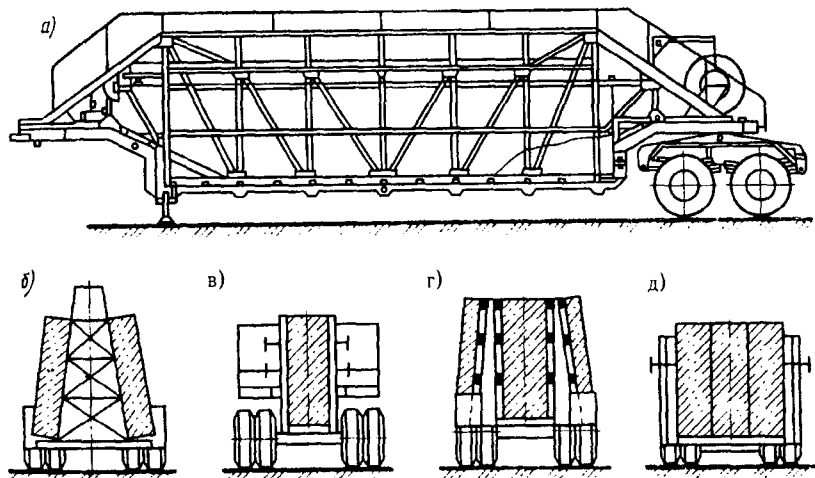


Рис. 6.12. Полуприцеп-панелевоз: а – общий вид полуприцепа хребтового типа; б–д – расположение панелей на полуприцепах-панелевозах различных типов.

Хребтовые панелевозы имеют каркас в виде фермы трапециевидного поперечного сечения, а панели устанавливаются в наклонном положении по обеим сторонам каркаса под углом $8-10^\circ$ к вертикали (рис. 6.12, а, б). Преимущество таких панелевозов – малая погрузочная высота, удобство проведения погрузочно-разгрузочных работ. Однако эти панелевозы требуют симметричной загрузки их грузовых площадок, что трудновыполнимо при перевозке панелей нечетного числа или различ-

ной массы. Кроме того, наклонное положение панелей часто приводит к возникновению трещин, сколов и других повреждений.

Рамные полуприцепы представляют собой кассету, образованную двумя продольными вертикальными плоскими фермами и поперечными связями (рис. 6.12, в), или несущую раму с кассетой (рис. 6.12, д), в которой размещаются перевозимые изделия. Они устанавливаются в вертикальном положении и удерживаются с помощью разделителей, перемещаемых вдоль кассеты, и боковых держателей. Иногда их дооборудуют дополнительными боковыми кассетами (см. рис. 6.12, г). Система крепления дает возможность перевозить панели различных размеров и конфигурации, исключает их взаимное перемещение и повреждение выступающих частей и офактуренного слоя.

Для перевозки панелей и плит перекрытий шириной до 4 м (негабаритных по высоте) используют панелевозы с рамами, имеющими поворотную (на угол 55°) часть грузовой площадки, которая одновременно служит опорной поверхностью панелей. Панелевоз оборудуется механизмом поворота площадки, фиксирующей ее в транспортном положении, и устройствами для крепления панелей.

Полуприцепы-фермовозы. Для перевозки ферм длиной 12, 18, 24 м на объекты используют полуприцепы-фермовозы с автомобильными тягачами седельного типа (рис. 6.13). Фермы устанавливают на опоры полуприцепа в рабочем положении с опиранием по концам аналогично их опиранию в сооружении. Они удерживаются в таком положении винтовыми зажимами, расположенными в передней и задней частях рамы полуприцепа. В зависимости от длины фермы передняя опора может перемещаться вдоль рамы с помощью ручной лебедки. В задней части рама опирается на седельное устройство поворотной тележки с управляемой осью. Управление поворотом осуществляется с помощью канатной или гидравлической системы с фиксацией тележки относительно рамы при отключении поворота или в случае обрыва каната. Грузоподъемность полуприцепов-фермовозов 12 и 20 т.

Полуприцепы-сантехкабино- (рис. 6.14) и **блоковозы** (рис. 6.15). Такие автомобили предназначены для перевозки санитарно-технических кабин, блоков-лифтов. Кассетная форма полуприцепа позволяет перевозить также балки, колонны, сваи, контейнеры и другие грузы. По конструкции они имеют много общего с панелевозами, но отличаются более низким расположением грузовой площадки. Небольшая погрузочная высота обеспечивает перевозку изделий с крупными размерами или с высоким расположением центра тяжести без нарушения установленно-

го габарита. При перевозке объемных блоков большой массы рама прицепа оборудуется раздвижными и опорными площадками для опирания блоков по углам или по их длинным сторонам. Конструкция блокочезов предусматривает крепление блоков от смещения при транспортировке, легкость переналадки для блоков различных типоразмеров.

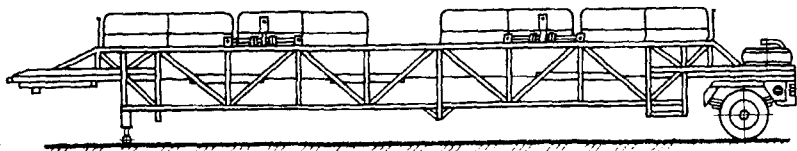


Рис. 6.13. Полуприцеп-фермовоз.

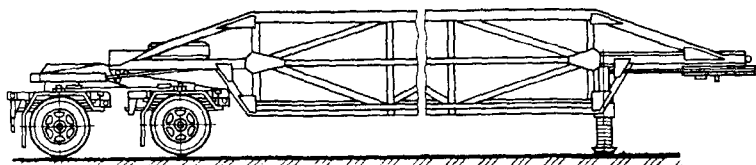


Рис. 6.14. Полуприцеп-сантехкабиновоз.

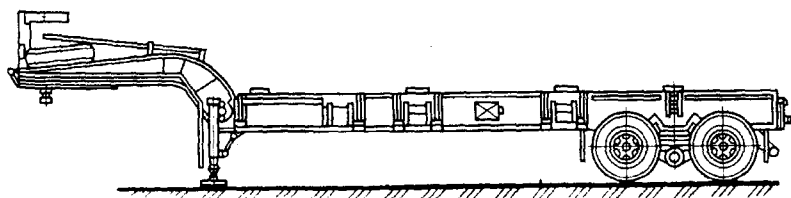


Рис. 6.15. Полуприцеп-блоковоз.

Полуприцепы-контейнеровозы. При перевозках на строительные объекты мелкоштучных и тарных грузов широко используются контейнеризация и пакетирование. Для перевозки контейнеров и пакетов используют одиночные автомобили и автопоезда общего назначения и специализированные транспортные средства – автомобили-самопогрузчики,

оборудованные погрузочно-разгрузочными устройствами. К числу таких транспортных средств относятся контейнеровозы. Наиболее рациональной конструкцией контейнеровоза, обеспечивающей лучшую маневренность и оптимальную грузоподъемность, является седельный тягач и полуприцеп.

Для повышения устойчивости и уменьшения погрузочной высоты и центра тяжести груженого автопоезда полуприцепы изготавливают низкорамными, снабжают быстродействующими выдвижными и откидными опорами, используемыми при выполнении погрузочно-разгрузочных работ для создания устойчивости и разгрузки ходовой части машины. Наличие таких опор способствует быстрому соединению тягача с полуприцепом и внедрению челночной (маятниковой) схемы организации перевозок, при которой один тягач может обслуживать несколько полуприцепов. Грузоподъемные устройства устанавливают на платформе автомобиля, на раме седельного тягача или на платформе полуприцепа.

На рис. 6.16, а показан полуприцеп к седельному тягачу, оборудованный стреловым гидравлическим краном с шарнирно-сочлененной стрелой. Кран имеет поворотную в плане (на угол до 200°) телескопическую стрелу 1, состоящую из основной и выдвижной секций и удлинителя. На основной секции стрелы и удлинителе установлены грузозахватные устройства 2. Телескопическая стрела шарнирно закреплена на поворотной колонке 3, смонтированной на раме полуприцепа 4. Перемещение секций стрелы, ее подъем и опускание, поворот колонны осуществляются гидроцилиндрами двустороннего действия, работающими от гидросистемы, установленной на тягаче.

Гидравлические стреловые краны имеют грузоподъемность до 2,5 т (на наименьшем вылете). При большей массе контейнеров (до 5 т) на контейнеровозах устанавливают грузоподъемные устройства в виде качающегося портала бокового (рис. 6.16, б) или поперечного расположения. Стойки 5 портала шарнирно закреплены на передней и задней площадках полуприцепа и могут поворачиваться в вертикальной плоскости на угол до 120° двумя синхронно действующими гидравлическими цилиндрами двустороннего действия. По продольной балке 6 портала перемещается грузовая каретка 7 с грузозахватным устройством 8. Привод всех механизмов крана – гидравлический от автомобиля-тягача, оборудованного дополнительной гидросистемой. Для погрузки и разгрузки крупнотоннажных контейнеров или пакетов применяют более сложные грузоподъемные устройства в виде двух стреловых гидравлических кранов либо наклоняемой рамы, по которой перемещается груз с помощью канатно-блочной или цепной передачи.

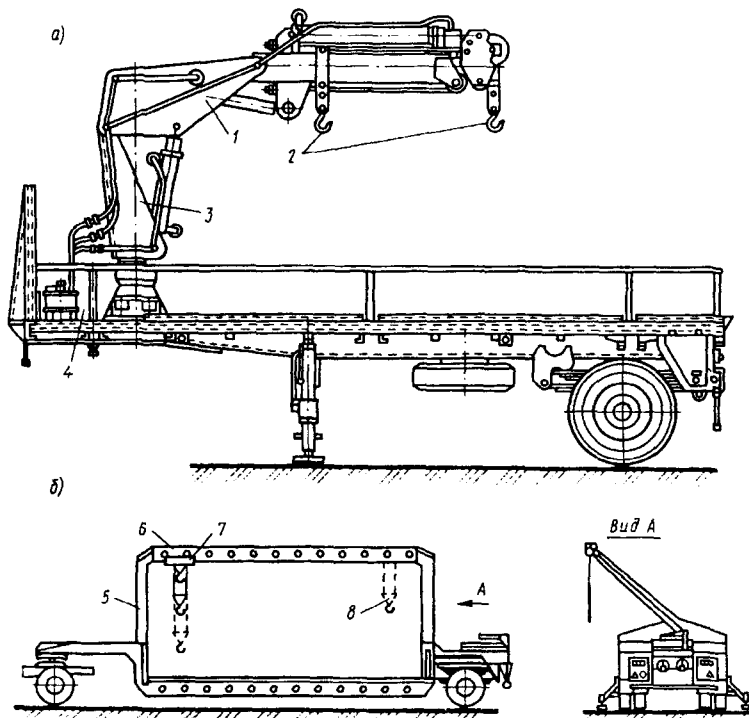


Рис. 6.16. Полуприцепы-контейнеровозы: 1 – телескопическая стрела; 2 – грузозахватное устройство; 3 – поворотная колонка; 4 – рама; 5 – стойка; 6 – портал; 7 – грузовая каретка; 8 – грузозахватное устройство.

Тяжеловозы. По назначению их делят на универсальные – для перевозки строительных машин и неделимого технологического оборудования, специализированные – для перевозки специального технологического оборудования и большегрузных контейнеров и узкоспециализированные – для уникального, особо большой массы и габаритов технологического оборудования. В зависимости от назначения тяжеловозы изготовляют грузоподъемностью до 100 т и более.

Конструктивно тяжеловозы (рис. 6.17) представляют собой прицепные (рис. 6.17, в) и полуприцепные (рис. 6.17 а, б, г), реже самоходные

машины с низко расположенной платформой, опирающейся на двух-, трех- и четырехосные многоколесные тележки со всеми управляемыми осями. Передняя часть рамы полуприцепных тяжеловозов приподнята для размещения на ней поворотной или подкатной тележки. Заднюю часть платформы и рамы делают заниженной, оснащенной откидными трапами для загрузки самоходных машин. Для улучшения условий погрузки и выгрузки оборудования тяжеловозы снабжают лебедками с приводом от силовой установки тягача и гидравлическими опорами. В некоторых конструкциях тяжеловозов грузовая платформа может опускаться и подниматься в пределах погрузочной высоты (500...900 мм) с помощью объемного гидропривода. Как и другие транспортные средства, тяжеловозы оборудуются опорно-сцепными и тормозными устройствами, а также средствами для надежного крепления оборудования и машин.

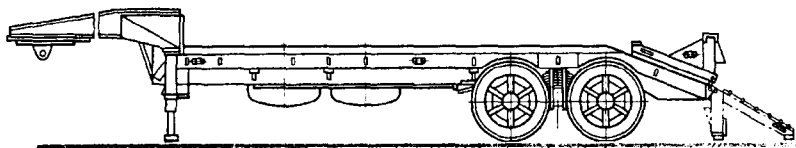


Рис. 6.17. Полуприцеп-тяжеловоз.

Тяговый расчет автотракторного транспорта проводят с целью определения оптимальных режимов его движения в различных дорожных условиях при использовании максимальной мощности двигателя и достижения наивысшей технической производительности.

Для движения транспорта необходимо выполнить два условия: 1) чтобы сила тяги S , развиваемая двигателем при его движении с постоянной скоростью, была достаточной для преодоления общего сопротивления движению W , которое складывается из основного сопротивления движению на прямолинейном горизонтальном участке пути (сопротивления качению колес или гусениц и трения в силовой передаче) W_0 и дополнительного сопротивления движению на уклоне W_i ; 2) чтобы сила сцепления ведущих колес (гусениц) с дорогой $S_{сч}$ была достаточной для реализации силы тяги, развиваемой двигателем.

Для автопоезда в составе автомобильного тягача и полуприцепа (рис. 6.18, а) сила тяги (H), развиваемая двигателем,

$$SiW = (G_{m1} + Q_1)(f \pm i) + (G_{np} + Q_2)(f \pm i), \quad (6.1)$$

а сила тяги по сцеплению

$$S_{\text{ц}} = (G_{m1} + Q_1) \varphi \geq S. \quad (6.2)$$

Для поезда в составе тягача и прицепов (рис. 6.18,б):

$$S \geq G_m(f \pm i) + (nG_{np} + Q_1)(f \pm i); \quad (6.3)$$

$$S_{\text{ц}} = G_m \varphi \geq S, \quad (6.4)$$

где G_m , Q , G_{np} – соответственно силы тяжести тягача, груза, прицепа; Q_1 , Q_2 – силы тяжести груза, приходящиеся на прицеп или полуприцеп; G_{m1} – нагрузка на ведущие оси тягача от его массы; f – коэффициент сопротивления движению тягача, прицепа (зависит от типа движителя, вида и состояния пути); i – уклон пути (в тысячных); φ – коэффициент сцепления колес (гусениц) с дорогой; n – число прицепов.

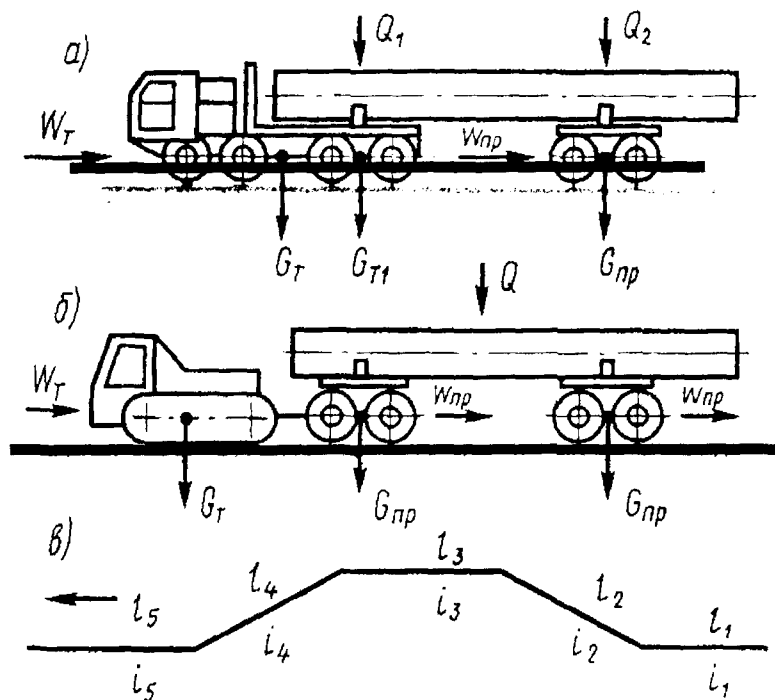


Рис. 6.18. Схемы к тяговым расчетам автотракторного транспорта: а – тягача-полуприцепа; б – тягача-прицепа; в – схема трассы.

Каждой скорости движения, изменяемой коробкой перемены передач тягача, соответствует определенная сила тяги. Она больше на пониженных и меньше на повышенных передачах. Используя приведенные зависимости, определяют скорость движения поезда на отдельных участках трассы, время прохождения отдельных участков, полное время одной поездки с грузом по трассе следования, продолжительность рейса и техническую производительность транспорта.

Скорость движения поезда (км/ч) на отдельных участках пути из условия использования полной мощности

$$v_{i\max} = \frac{3.6 \cdot 10^3 N \eta}{W_i}, \quad (6.5)$$

где N – мощность тягача (трактора), кВт; η – общий КПД силовой передачи; W_i – общее сопротивление движению поезда на данном участке пути, H .

По характеристике тягача или трактора выбирают передачу и скорость, с которой возможно движение на каждом из участков трассы. При этом следует иметь в виду, что выбранная таким образом скорость является максимально возможной, при которой запас мощности тягача равен нулю. Фактическая скорость движения транспорта всегда ниже максимально возможной. На нее влияют не только дорожные условия, но и требования безопасности движения. Так, движение на спуске по условиям безопасности осуществляется на низших передачах. Кроме того, движение с максимальной скоростью сопровождается крайне напряженной работой агрегатов транспортного средства с повышенным расходом топлива. Поэтому скорость длительного безостановочного движения (км/ч) при относительно ровном продольном профиле дороги обычно составляет 70–60 % от максимальной, т. е.

$$v_i = (0.7 - 0.8) v_{i\max}. \quad (6.6)$$

Зная скорость движения на каждом участке дороги v_i и протяженности этих участков l_i , можно определить время (ч) одной поездки с грузом по трассе следования:

$$t = \sum_i l_i / v_i. \quad (6.7)$$

Продолжительность рейса включает время загрузки, груженого хода, разгрузки и порожнего хода.

Производительность поезда (т/ч) за один рейс

$$П = Q/t_p, \quad (6.8)$$

где Q – масса груза, т; t_p – продолжительность рейса, ч.

Техническую производительность транспорта выражают количеством перевезенного груза в тоннах или выполненной транспортной работой в тонно-километрах за единицу времени. При этом учитывают ряд дополнительных факторов, в том числе использование грузоподъемности и парка машин, среднее расстояние перевозок и использование пробега, среднюю техническую скорость и время, потраченное на погруочно-разгрузочные и другие работы, отражающие как технический уровень транспортных средств, так и организацию и технологию перевозок.

6.4 Конвейеры

Конвейерами перемещают сыпучие, кусковые материалы, штучные грузы, а также пластичные смеси бетонов и растворов. По конструкции конвейеры делят на ленточные, ковшовые, винтовые и вибрационные. У ленточных и ковшовых конвейеров транспортируемый материал перемещается бесконечной лентой или цепью, у винтовых и вибрационных – вращением или колебанием жесткого рабочего органа в виде винта или желоба.

Ленточные конвейеры. Их широко применяют для непрерывного транспортирования различных материалов в горизонтальном или наклонном направлениях. Они обеспечивают высокую производительность (до нескольких тысяч тонн) и значительную дальность транспортирования (до нескольких десятков километров). В строительстве используют передвижные и стационарные ленточные конвейеры, перемещающие грузы на сравнительно небольшие расстояния.

Передвижные ленточные конвейеры изготовляют длиной 5, 10 и 15 м. Они оборудуются колесами для перемещения вручную или в прицепе к тягачу. Стационарные ленточные конвейеры для удобства монтажа состоят из отдельных секций длиной 2...3 м и общей протяженностью 40–80 м. Ленточные конвейеры широко используются как транспортирующие органы в конструкциях траншейных и роторных экскаваторов, бетоноукладчиков и других машин, где их параметры определяются параметрами основной машины.

Основным транспортирующим и тяговым органом ленточного конвейера (рис. 6.19, а) является бесконечная прорезиненная лента 4, огибающая два барабана – приводной 6 и натяжной 2. Поступательное движение ленты с грузом создается силами трения, действующими в зоне

контакта ленты с приводным барабаном. Вращение барабан получает от приводного электродвигателя 10 через редуктор 9. Для увеличения тягового усилия рядом с приводным барабаном устанавливают отклоняющий барабан 7, увеличивающий угол обхвата α . Верхняя рабочая и нижняя холостая ветви поддерживаются верхними 5 и нижними 8 роlikоопорами. В целях получения наибольшей производительности конвейеров их верхние роlikоопоры делают желобчатой формы, при прохождении по ним лента той же ширины способна нести больше материала по сравнению с плоской (рис. 6.19, б). Для предотвращения провисания между роlikоопорами, а также для увеличения тягового усилия лента предварительно натягивается посредством винтового или грузового натяжного устройства 1.

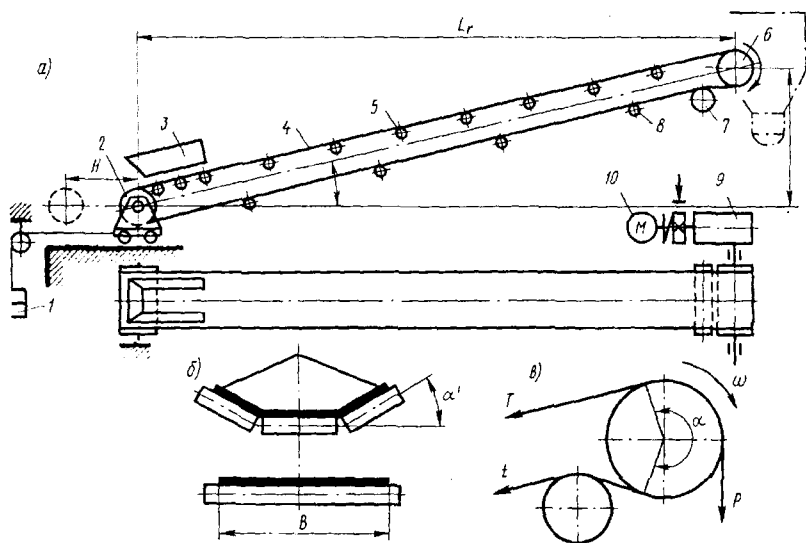


Рис. 6.19. Ленточный конвейер: а – схема конструкции; б – роlikоопоры; в – схема усилий на приводном барабане; 1 – натяжное устройство; 2 – натяжной барабан; 3 – воронка; 4 – лента; 5 – верхняя роlikоопора; 6 – приводной барабан; 7 – отклоняющий барабан; 8 – нижняя роlikоопора; 9 – редуктор; 10 – электродвигатель.

Загрузка транспортируемого материала на ленту производится через специальную воронку 3. Съем материала может производиться через приводной барабан или в промежуточных пунктах с помощью специальных сбрасывающих устройств. Для предотвращения самопроизвольного обратного хода ленты после остановки конвейера на валу приводного барабана устанавливается тормоз. Угол наклона конвейера зависит от подвижности транспортируемого материала. Для таких материалов, как шлак, песок, щебень, он обычно составляет 16–20°.

Для транспортирования строительных материалов применяют тканевые прорезиненные ленты, состоящие из нескольких слоев (прокладок) ткани (бельтинга). Ширина и число прокладок ленты стандартизированы. Растягивающую нагрузку воспринимают только тканевые прокладки, которые изготовляют из хлопчатобумажных или из более прочных синтетических волокон. Ширина ленты ленточных конвейеров зависит от производительности и ее скорости. У серийно выпускаемых конвейеров она составляет 0,4–1,6 м. Скорости конвейеров, используемых для транспортирования наиболее распространенных строительных материалов, находятся в пределах 0,8–2,5 м/с. Конвейеры специального назначения, являющиеся транспортным органом многоковшовых экскаваторов, землеройных комплексов и других машин, имеют ширину ленты до 3,2 м при скорости 8 м/с.

В конвейерах большой длины и производительности прочность прорезиненной ленты с прокладками из синтетических волокон оказывается недостаточной. В этих случаях применяют несколько последовательно расположенных самостоятельных конвейеров, составляющих общую длину трассы, а для тягового и несущего органов в ряде случаев применяют резино-тросовые ленты, у которых в качестве прокладок использованы тонкие стальные проволочные канаты при 6...8-кратном запасе прочности.

При транспортировании на дальние расстояния применяют также конвейеры с отдельными тяговым и несущим органами. В качестве тягового органа используют стальные канаты или цепи, а несущего – облегченную прорезиненную ленту специальной формы, опирающуюся на тяговой канат или тяговую цепь.

Производительность ленточных конвейеров ($\tau/\text{ч}$)

$$P = 3600 Av\rho, \quad (6.9)$$

где A – площадь поперечного сечения потока материала, м^2 ; v – скорость движения материала, $\text{м}/\text{с}$; ρ – плотность материала, $\text{т}/\text{м}^3$.

Для обеспечения требуемой производительности необходимо, чтобы ширина ленты (м)

$$B \geq k \sqrt{\Pi / (\rho v)}, \quad (6.10)$$

где k – коэффициент, учитывающий изменение площади поперечного сечения материала на желобчатой ленте (для трехроликовой опоры с углом наклона боковых роликов $\alpha' = 20$ и 30° соответственно принимают равным 0,05 и 0,04).

При транспортировании крупнокусовых материалов ширина ленты должна исключить их рассыпание и удовлетворять следующему требованию:

$$B \geq 2a_{max} + 0,2 \text{ м}, \quad (6.11)$$

где a_{max} – максимальный размер кусков, м.

Таким образом, при известной ширине ленты ее прочность определяется количеством прокладок в ней и допустимой нагрузкой на единицу ширины одной прокладки:

$$i = T / (BK), \quad (6.12)$$

где T – усилие в набегающей на барабан ветви ленты, Н; K – допустимое усилие на разрыв 1 см ширины одной прокладки, Н/см.

При эксплуатации конвейерная лента вытягивается. Относительное удлинение ленты при разрыве прокладок доходит до 20...30 %. Поэтому для устранения большой вытяжки ленты применяют 10... 12-кратный запас прочности. Допустимое усилие на разрыв принимают 60 Н/см для хлопчатобумажных и 300 Н/см – для синтетических бельтингов.

Тяговое усилие на приводном барабане (Н) можно определить через потребляемую им мощность N , т. е.

$$S = 1000 N / v. \quad (6.13)$$

По теории Эйлера, тяговое усилие на приводном барабане (Н) равно разности между натяжениями в набегающей T и сбегаящей t ветвях ленты, т. е. $S = T - t$, а натяжения в ветвях ленты определяются следующими зависимостями:

$$T = \frac{S e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1}; \quad (6.14)$$

$$t = \frac{S}{e^{f\alpha} - 1}, \quad (6.15)$$

где f – коэффициент трения ленты о приводной барабан; α – угол обхвата приводного барабана лентой, рад.

Лента не должна проскальзывать по барабану. Это условие определяется неравенством $T \leq te^{f\alpha}$. Для устранения пробуксовки ленты увеличивают угол обхвата барабана или коэффициент трения, а при недостаточности этих мер применяют дополнительное натяжение каждой ветви ленты.

Мощность привода конвейера реализуется на подъем потока материала на высоту H , на преодоление сопротивлений движению материала по горизонтальному участку пути длиной L_2 и на преодоление сопротивлений в движущихся элементах самого конвейера (сопротивлений холостого хода). Следовательно, мощность на валу приводного барабана (кВт)

$$N = PH/367 + PL_2/367 + 0.02q_m v L_2 \omega, \quad (6.16)$$

где q_m – масса 1 м ленты, кг/м; $\omega = 0.04$ – коэффициент сопротивления движению ленты по роlikоопорам.

Мощность двигателя конвейера должна быть достаточной для возможности запуска случайно остановившегося груженого конвейера. Для этого необходимо, чтобы средний пусковой момент двигателя превышал суммарный момент статических и динамических сопротивлений конвейера, действующих в период пуска.

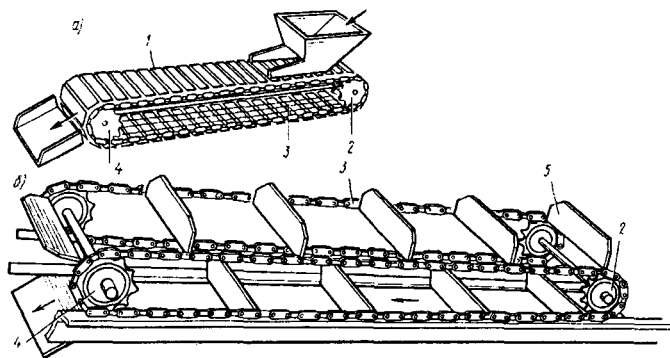


Рис. 6.20. Конвейеры с цепным тяговым органом; 1 – пластина; 2 – натяжная звездочка; 3 – цепь; 4 – приводная звездочка; 5 – скребок.

Пластинчатые конвейеры. При транспортировании материалов с острыми кромками, например для подачи крупнокускового камня в дробилки, применяют пластинчатые конвейеры (рис. 6.20, а), у которых

тяговым органом являются две бесконечные цепи 3, огибающие приводные 4 и натяжные 2 звездочки. К тяговым цепям прикрепляют металлические пластины 1, перекрывающие друг друга и исключают просыпание материала между ними. Пластинчатые конвейеры применяют также для перемещения горячих материалов, деталей и изделий на заводах строительных конструкций.

Скребокковые конвейеры. Разновидностью конвейеров с цепным тяговым органом являются скребокковые (рис. 6.20, б). Они отличаются от пластинчатых тем, что на тяговых цепях 3 закреплены скребки 5, а нижняя рабочая ветвь погружена в открытый неподвижный желоб и при своем движении перемещает материал.

Ковшовые конвейеры. Такие конвейеры перемещают материал в ковшах в вертикальном или наклонном (под большим углом) направлениях на высоту до 50 м. Ковшовый конвейер (рис. 6.21) представляет собой замкнутый тяговый орган 4 в виде ленты или двух цепей, огибающий приводной 6 и натяжной 1 барабаны (при цепном органе – звездочки), на котором закреплены ковши 3 с шагом T . Рабочий орган вместе с ковшами размещен в металлическом кожухе 5. Загрузка материала осуществляется через загрузочное 2, а разгрузка – через разгрузочное 7 устройство.

Различают быстроходные, со скоростью 1,25–2,0 м/с, конвейеры для транспортирования порошкообразных и мелкокусковых материалов и тихоходные, со скоростью 0,4–1,0 м/с, для транспортирования крупнокусковых материалов. В зависимости от вида транспортируемого материала применяют мелкие и глубокие полукруглые ковши, монтируемые на тяговом органе с шагом 300–600 мм, и остроугольные ковши, располагаемые вплотную друг к другу. Заполнение ковшей быстроходных конвейеров происходит при прохождении ими загрузочного башмака зачерпыванием, а в тихоходных – путем засыпания материала в ковш.

Разгрузка ковшей быстроходных конвейеров осуществляется при огибании ими приводного барабана под действием центробежных сил, а у тихоходных – под действием силы тяжести (гравитационная разгрузка). При гравитационной разгрузке остроугольных ковшей материал скатывается по передней стенке впереди идущего ковша, в результате чего снижается сила удара его о разгрузочный башмак.

Производительность ковшового конвейера (т/ч) определяется по формуле производительности для машин непрерывного действия с порционной выдачей материала:

$$P = 0.6 qk_{\text{н}} \rho n , \quad (6.17)$$

где q – вместимость одного ковша, л; k_n – коэффициент наполнения ковша, принимаемый для мелких 0,6, для глубоких – 0,8 и для остроугольных ковшей – 0,8; ρ – плотность материала, т/м³; $n = 60v/T$ – число разгрузок в минуту; v – скорость ковшей, м/с; T – шаг расстановки ковшей, м.

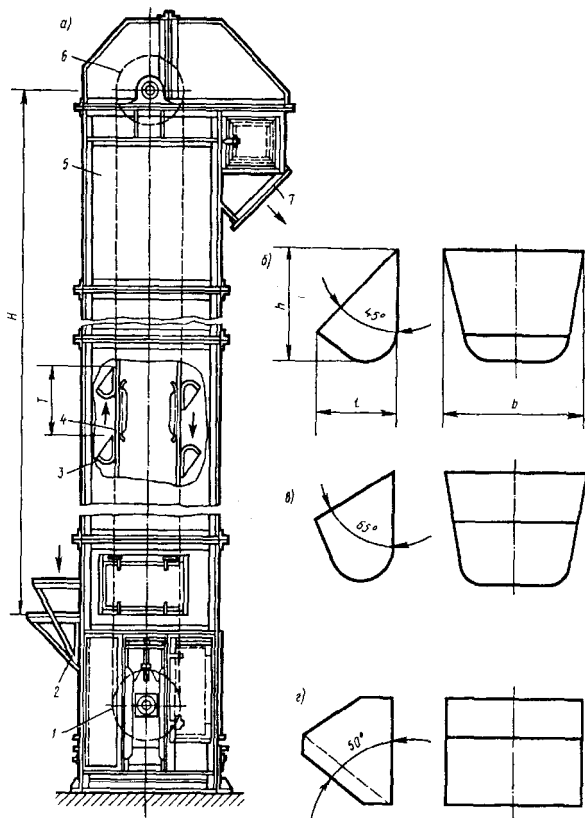


Рис. 6.21. Ковшовый конвейер: а – схема конструкции; б – мелкий полукруглый ковш для сыпучих малоподвижных материалов; в – глубокий полукруглый для сыпучих подвижных материалов; г – остроугольный для кусковых материалов; 1 – натяжной барабан; 2 – загрузочное устройство; 3 – ковши; 4 – тяговый орган; 5 – кожух; 6 – приводной барабан; 7 – разгрузочное устройство.

Ковшовые конвейеры имеют малые габариты, но требуют постоянного контроля за равномерностью загрузки их материалом.

Винтовые конвейеры. Винтовые конвейеры применяются для горизонтального или наклонного (под углом до 20°) транспортирования сыпучих, кусковых и тестообразных материалов на расстояние до 30–40 м и имеют производительность 20–40 м³/ч. Конвейер (рис. 6.22, а) представляет собой желоб 4 полукруглой формы, внутри которого в подшипниках 5 вращается винт 3. Вращение винту сообщается электродвигателем 1 через редуктор 2. Загрузка материала производится через загрузочное отверстие 6, а выгрузка – через выходное отверстие 7 с задвижкой. Конструкция винта, частота его вращения, а также коэффициент заполнения желоба зависят от вида транспортируемого материала.

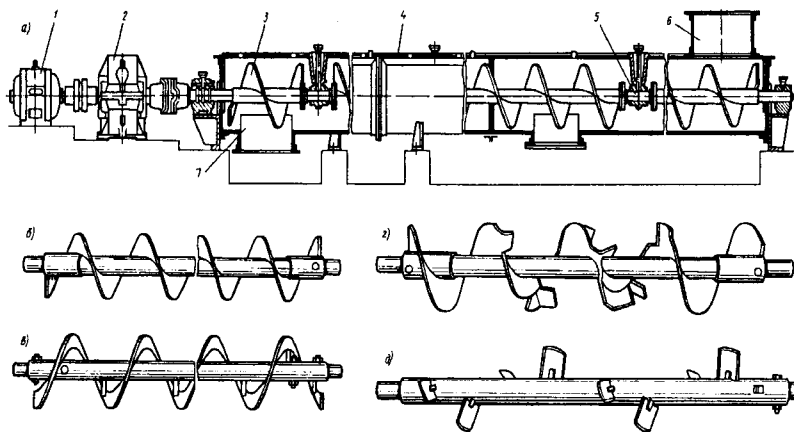


Рис. 6.22. Винтовой конвейер: 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – винт; 4 – желоб; 5 – подшипник; 6 – загрузочное отверстие; 7 – выходное отверстие.

Сплошной винт (рис. 6.22, б) применяют для хорошо сыпучих материалов (цемента, мела, песка, гипса, шлака, извести в порошке) при коэффициенте заполнения желоба $k_n = 0,25–0,45$ и частоте вращения винта $90–120 \text{ мин}^{-1}$. Ленточный и лопастной винты (рис. 6.22, а, д) применяют для транспортирования кусковых материалов (крупного гравия, известняка, негранулированного шлака) при $k_n = 0,25–0,40$ и частоте вращения $60–100 \text{ мин}^{-1}$. Для транспортирования тестообразных, слежавшихся

и влажных материалов (мокрой глины, бетона, цементного раствора) применяют фасонный и лопастной винты (рисунок 6.22, г, д) при частоте вращения 30–60 мин⁻¹ и $k_n = 0,15–0,30$.

Производительность горизонтального винтового конвейера (м³/ч) зависит от средней площади сечения потока материала и скорости его движения вдоль оси:

$$P = 3600 \frac{\pi D^2}{4} k_n v, \quad (6.18)$$

где D – диаметр винта, м; v – скорость движения материала вдоль оси конвейера, м/с.

В случае перемещения материалов при угле наклона конвейера 5° производительность его снижается на 10%, при угле наклона 10° – на 20%, при угле наклона 20° – на 35%. Диаметры винтов стандартизированы и составляют 0,15–0,6 м. Шаг винта $t = D$ для горизонтальных и $t = 0,8 D$ – для наклонных конвейеров. При частоте вращения двигателя n и шаге винта $t = D$ (где D – диаметр винта) скорость движения материала (м/с) вдоль оси $v = tn/60$.

Для пропуска через конвейер кускового материала необходимо, чтобы шаг винта был больше максимального размера куска в 4...6 раз для рядового материала и в 8–10 раз – для сортированного.

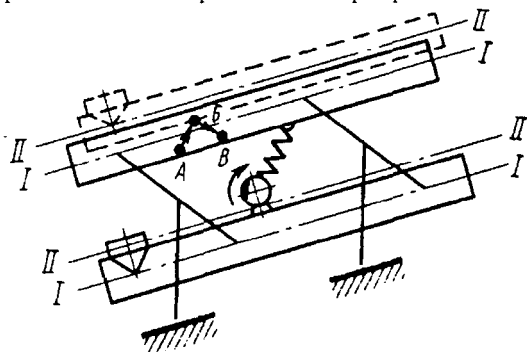


Рис. 6.23. Вибрационный конвейер.

Вибрационные конвейеры. Вибрационные конвейеры основаны на принципе значительного снижения сил внутреннего трения между частицами сыпучих материалов и вязких смесей, а также внешнего трения об ограждающие поверхности при сообщении материалу колебаний с определенной частотой и амплитудой. Источником колебаний служат

электромагнитные возбуждители или вибраторы с механическим приводом (эксцентрикковые, кривошипно-шатунные). Колебания материалу сообщаются через жесткий орган в виде трубы или желоба. Материалы можно перемещать под уклон, по горизонтали, а также под углом вверх. Общий вид конвейера показан на рис. 6.23. При высоких или среднечастотных колебаниях наклонный желоб при каждом колебании переходит из положения *I* в положение *II* и вновь возвращается в положение *I*. При этом частица материала, расположенная в точке *A*, перемещается вместе с желобом в точку *B* и при резком возвращении желоба в исходное положение окажется в точке *B*, расположенной выше точки *A*, совершая за каждое колебание скачкообразное движение по транспортирующему органу. В строительстве вибрационные конвейеры используются для транспортирования материалов равномерным потоком на небольшие расстояния, например при дозировании инертных материалов или при загрузке конвейеров.

Виброжелобы. При подаче бетонной смеси к месту укладки ее в сооружение применяют виброжелобы (рис. 6.24). Корпус вибрационного желоба *1* с помощью подвески *2* присоединен к несущей конструкции. Колебания корпусу сообщаются укрепленным на нем вибратором *3*.

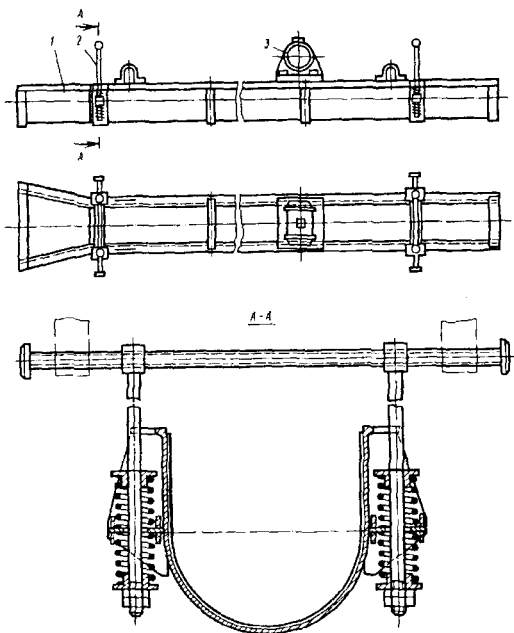


Рис. 6.24. Вибрационный желоб: 1 — корпус; 2 — подвеска; 3 — вибратор.

6.5. Установки для пневматического транспортирования материалов

Пневмотранспортными установками перемещают сыпучие материалы по трубам с помощью сжатого или разреженного воздуха. Применение пневмотранспортных установок для погрузки, разгрузки и перемещения таких строительных материалов, как цемент, песок, известь, опилки и др., позволяет значительно повысить производительность труда, ликвидировать пыление и загрязнение материалов в пути, полностью механизировать процесс загрузки и выгрузки, создать условия для автоматизации транспортных процессов. Установки пневматического транспортирования выгодно отличаются отсутствием движущихся частей, возможностью применения труб небольшого диаметра, прокладываемых по любой пространственной трассе на значительные расстояния при высокой производительности.

Недостатками пневматического транспорта являются большой удельный расход воздуха и высокая энергоемкость процесса (1–5 кВт.ч/т), а также повышенный износ элементов оборудования при транспортировании абразивных материалов. Однако повышенная энергоемкость пневмотранспортных установок в значительной степени компенсируется перечисленными преимуществами.

По принципу работы пневмотранспортные установки делятся на установки всасывающего и нагнетательного действия (рис. 6.25).

Установки всасывающего действия (рис. 6.25, а). В таких установках загрузка и транспортирование материала производятся в результате разрежения воздуха в транспортном трубопроводе 2, создаваемого вакуум-насосом 8. Материал в транспортный трубопровод поступает через сопла 1. При этом возможны загрузка материала из нескольких мест и транспортировка его в одно место. Из транспортного трубопровода материал поступает в осадительную камеру 3, где частицы материала выпадают из потока воздуха в результате резкого снижения скорости воздуха при расширении выходного сечения и через шлюзовую затвор 4 высыпаются в бункер 5. Воздух проходит дальнейшую очистку в фильтрах 6 и в очищенном от материала виде поступает в вакуум-насос 8 и далее в атмосферу через трубу 7. Разрежение воздуха в трубопроводе уменьшается по направлению движения материала. Соответственно изменяется и скорость воздуха. В установках всасывающего типа она минимальна у сопла и максимальна у вакуум-насоса. Перепад давления во всасывающих установках составляет

0,03–0,04 МПа, в результате чего транспортирование возможно на небольшие расстояния.

Установки нагнетательного действия (рис. 6.25, б). Перемещение материала в них происходит под действием избыточного давления, создаваемого компрессором 10. Материал из бункера подается в загрузчик 13, откуда он через затвор 12 под давлением сжатого воздуха по транспортному трубопроводу 14 поступает в осадительную камеру 15 и через шлюзовой затвор 16 в бункер 17. Воздух, пройдя фильтры 18, выбрасывается в атмосферу. Для сжатия и нагнетания воздуха применяются компрессоры с давлением до 0,8 МПа и производительностью воздуха до 100 м³/мин. Засасываемый компрессором из атмосферы воздух через воздухоприемник 9 очищается от пыли и далее поступает в воздухохоборник 11, который предназначен для определенного запаса сжатого воздуха и равномерного перемещения материала по трубам.

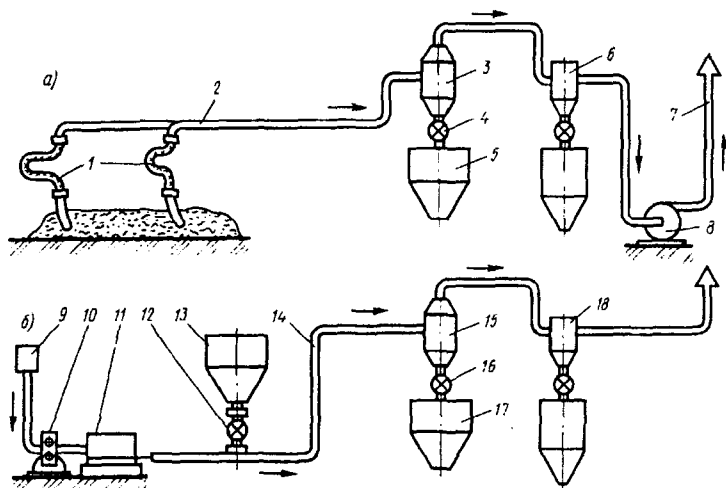


Рис. 6.25. Принципиальные схемы пневмотранспортных установок: 1 – сопло; 2 – трубопровод; 3 – осадительная камера; 4 – шлюзовой затвор; 5 – бункер; 6 – фильтр; 7 – труба; 8 – вакуум-насос; 9 – воздухоприемник; 10 – компрессор; 11 – воздухохоборник; 12 – затвор; 13 – загрузчик; 14 – трубопровод; 15 – осадительная камера; 16 – шлюзовый затвор; 17 – бункер; 18 – фильтр.

В установках нагнетательного действия наибольшее применение получили загрузатели, выполненные в виде пневмовинтового насоса (рис. 6.26). Он состоит из цилиндрического корпуса 5, винта 3 с переменным шагом, вращаемого двигателем 1, и смесительной камеры 7. Вследствие уменьшения шага винта материал по мере его прохождения к смесительной камере постепенно уплотняется, препятствуя просачиванию сжатого воздуха в загрузочную воронку 2. Степень уплотнения материала регулируется клапаном 6. В смесительную камеру по трубопроводу поступает сжатый воздух от компрессора. Материал, попадая в струю сжатого воздуха, смешивается с ним и далее поступает в транспортный трубопровод 8 (на рис. 6.25, б поз. 14). Недостатком пневмовинтовых насосов является быстрый износ винта и корпуса насоса. Для повышения надежности корпус насоса футеруют сменными гильзами 4.

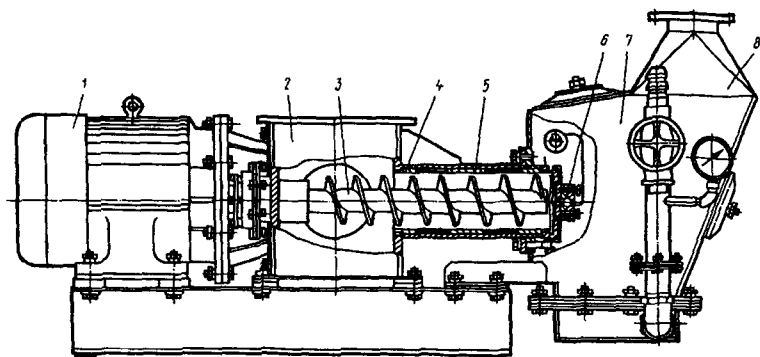


Рис. 6.26. Пневмовинтовой насос: 1 – двигатель; 2 – загрузочная воронка; 3 – винт; 4 – гильза; 5 – корпус; 6 – клапан; 7 – смесительная камера; 8 – трубопровод.

Скорость воздуха, поступающего в загрузатель, должна быть достаточной для поддержания частиц материала во взвешенном состоянии. Она должна по своей величине превышать скорость витания. Скоростью витания называют такую скорость вертикального воздушного потока, при которой сила тяжести перемещаемой частицы уравновешивается скоростным напором потока. Скорость витания зависит от формы, размеров и массы транспортируемого материала. В установках нагнетательного типа скорость воздуха на выходе из трубопровода превышает начальную скорость вследствие падения давления в системе до атмосферного. Пере-

пад давлений в высоконапорных установках составляет 0,4–0,6 МПа, что создает возможность транспортирования на значительные (до 2 км) расстояния при производительности установок до 200–300 м³/ч.

Пневматические разгрузчики. Пневморазгрузчики предназначены для разгрузки вагонов и транспортирования в емкости порошкообразных материалов. Их выпускают всасывающего и всасывающе-нагнетательного действия. Принцип действия этих разгрузчиков одинаков и основан на заборе и транспортировании материала под действием вакуума, создаваемого и поддерживаемого в системе вакуум-насосом. Принципиальное различие между ними заключается в способах транспортирования материала от смесительной камеры в силосы: в разгрузчиках всасывающего типа используются механические насосы; в разгрузчиках всасывающе-нагнетательного действия применено пневматическое транспортирование.

Разгрузчик всасывающего действия (рис. 6.27) состоит из заборного устройства 1, гибкого транспортного цементовода 2, осадительной камеры 3, вакуум-насоса 5. Заборное устройство 1 устанавливается в разгружаемый вагон. Оно смонтировано на самоходной двухколесной тележке с индивидуальным приводом каждого колеса. На тележке установлены вращающиеся диски для рыхления цемента и всасывающие сопла. По цементоводу 2 цемент поступает в осадительную камеру 3, где отделяется от воздуха. Камера выполняется в виде закрытой емкости цилиндрическо-конической формы. Транспортный трубопровод вводится в емкость по касательной, в результате чего частицы цемента прижимаются к стенкам емкости, теряют скорость и опускаются в нижнюю ее часть, где расположен затвор для выпуска материала. Дальнейшее перемещение цемента в силосы осуществляется механическими (шнековыми) насосами. Дальность подачи не превышает 12 м.

После освобождения от цемента воздух проходит дополнительную очистку в фильтрах, расположенных в верхней части осадительной камеры, после чего он поступает в вакуум-насос и далее выбрасывается в атмосферу. Очистка фильтров от цементной пыли производится обратным потоком атмосферного воздуха или с помощью встряхивающего механизма.

Разгрузчики всасывающе-нагнетательного действия комплектуются пневмовинтовым насосом со смесительной камерой. Сжатый воздух, поступающий в смесительную камеру от отдельного компрессора, перемещает цемент по трубопроводу в силосы. Производительность разгрузчиков 20–50 м³/ч при дальности транспортирования материала до 50 м.

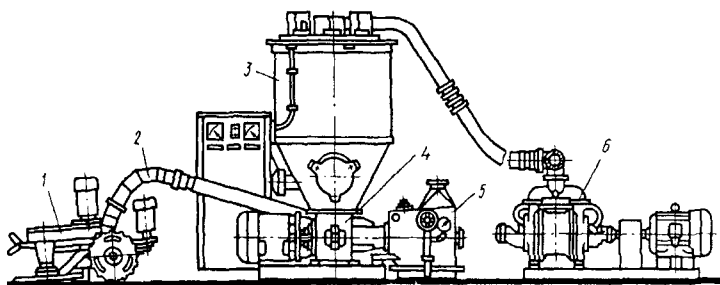


Рис. 6.27. Пневматический разгрузчик цемента всасывающе-нагнетательного действия; 1 – заборное устройство; 2 – цементовод; 3 – осадительная камера; 4 – смесительная камера; 5 – вакуум-насос; 6 – насос.

Автоцементовозы. Их применяют для доставки цемента с цементных заводов и элеваторов на стройки и предприятия строительной индустрии. Автоцементовоз (рис. 6.28, а) представляет собой цистерну-полуприцеп 2 к автомобильному седельному тягачу, установленную под углом 6–8° в сторону разгрузки и оснащенную системой загрузки и выгрузки цемента. Во время стоянки без тягача цистерна-полуприцеп опирается на выдвижные опоры 3. Внутри цистерна оборудована аэролотком 15, представляющим собой желобы, на которые натянута пористая ткань.

Загрузка осуществляется через люк 1 и самостоятельно. Принцип самозагрузки основан на действии установки всасывающего типа (рис. 6.28, б). Оборудование для загрузки состоит из заборного сопла 6 с гибким шлангом 7, распределительной трубы 9, вакуум-насоса 4 и фильтров 5. Вакуум-насос приводится в действие от двигателя автомобиля и может работать в режиме насоса при загрузке и в режиме компрессора при разгрузке. Воздух очищается от цемента в фильтрах 11 и 5. В цистерне установлены сигнализатор уровня цемента 10 и манометр 12. Воздушная система снабжена обратными 13 и 14 и предохранительными 16 клапанами. При разгрузке через аэролоток в цистерну от насоса-компрессора подается сжатый воздух. При достижении рабочего давления 0,15–0,20 МПа открывается разгрузочный кран 8, к шаровой головке которого присоединяется шланг. Насыщенный воздухом цемент приобретает подвижность и подается в склады на высоту до 25 м. Грузоподъемность выпускаемых автоцементовозов 3, 5, 8, 13 и 22 т.

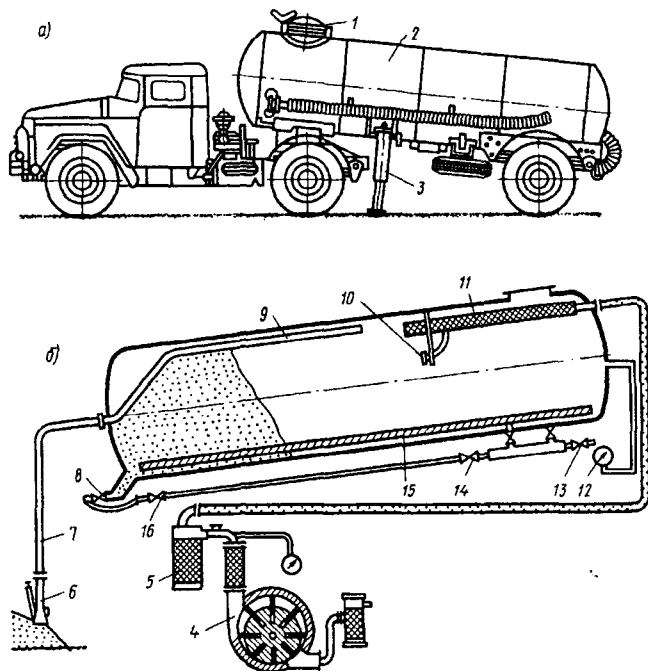


Рис. 6.28. Автоцементовоз: 1 – люк; 2 – цистерна; 3 – опоры; 4 – вакуум-насос; 5 – фильтр; 6 – заборное сопло; 7 – гибкий шланг; 8 – разгрузочный кран; 9 – труба; 10 – сигнализатор уровня цемента; 11 – фильтр; 12 – манометр; 13, 14 – обратный клапан; 15 – аэролоток; 16 – предохранительный клапан.

Контейнерный трубопроводный транспорт (рис. 6.29). Труба диаметром 0,8–1,6 м и длиной до нескольких километров выкладывается на местности. В трубе с небольшим зазором размещаются вагонетки-контейнеры, опирающиеся через ролики на ее внутреннюю поверхность. Для уплотнения зазора между трубой и вагонеткой последняя снабжена уплотнителями-манжетами. Под действием воздуха на торцовую поверхность вагонеток движение их может осуществляться со скоростью до 30 км/ч при грузоподъемности каждой до 2–3 т.

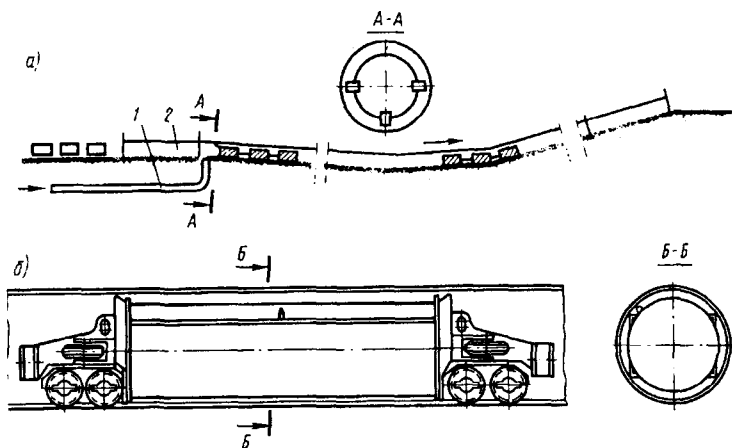


Рис. 6.29. Схема контейнерного трубопроводного транспорта;
 1 – трубопровод подачи воздуха; 2 – трубопровод контейнеров;
 а – трасса; б – контейнер.

6.6. Погрузочно-разгрузочные машины

Погрузочно-разгрузочные машины в строительстве применяют для погрузки штучных и сыпучих грузов, выгрузки их из транспортных средств, а также для перемещения и складирования в пределах строительной площадки. Они представляют собой преимущественно самоходные колесные или гусеничные подъемно-транспортные машины.

По принципу выполнения рабочих операций погрузочно-разгрузочные машины делят на машины циклического и непрерывного действия. Первые являются универсальными и могут применяться в различных условиях благодаря наличию многих видов рабочего оборудования; вторые применяют на объектах с большим объемом работ по погрузке, перемещению и выгрузке сыпучих строительных материалов, а также там, где рабочий процесс должен быть непрерывным.

В зависимости от назначения погрузочно-разгрузочные машины разделяют на погрузчики для штучных грузов – автопогрузчики и для сыпучих грузов – одно- и многоковшовые погрузчики.

Для выгрузки материалов из железнодорожного подвижного состава используют разгрузчики узкоспециального назначения различных

конструкций, например, со скребковым, бурофрезерным, всасывающим рабочими органами. Устройство и принцип работы пневматического разгрузчика цемента были рассмотрены в п. 6.5.

Автопогрузчики. Основным видом рабочего оборудования автопогрузчиков является вилочный захват, который подводят под груз или штабель из отдельных мелких грузов, установленный на подставках. С помощью вилочных погрузчиков перегружают и транспортируют штучные железобетонные изделия, поддоны с кирпичом, оборудование, длинномерные пиломатериалы, профильный металл.

Вилочные автопогрузчики изготовляют на базе автомобильных узлов (мостов, коробок передач, рулевого управления, тормозных устройств и др.) с двигателями внутреннего сгорания или с электродвигателями, работающими от аккумулятора. Все агрегаты (рис. 6.30, а) монтируются на ходовой раме, которая опирается на передний 12 и задний 11 мосты погрузчика. В отличие от обычного автомобиля у вилочных погрузчиков двигатель и управляемые колеса располагаются сзади, а ведущий мост со сдвоенными пневмоколесами – спереди. Это обусловлено тем, что передняя часть погрузчика воспринимает нагрузку от рабочего оборудования и груза. Ходовое оборудование погрузчиков приспособлено для работы на площадках с твердым покрытием. Заднее расположение управляемых колес создает погрузчику хорошую маневренность.

Подъемная часть погрузчика – грузоподъемник (рис. 6.30, б) состоит из шарнирно укрепленной на раме погрузчика основной вертикальной рамы 2, выдвижной внутренней рамы 4 и грузовой каретки 8 с вилочным захватом 5. Для надежного захвата груза основная рама подъемника может отклоняться вперед от вертикальной плоскости на угол 3–4°, а для обеспечения устойчивости в транспортном положении – на 12–15° назад, что осуществляется с помощью двух гидравлических цилиндров. Выдвижная рама перемещается по направляющим основной рамы гидравлическим цилиндром 1. Корпус гидроцилиндра опирается на нижнюю поперечину основной рамы, а поршень 3 и шток 10 шарнирно связаны с верхней балкой выдвижной рамы 6. Одновременно по направляющим рамы перемещается грузовая каретка с помощью обратного цепного полиспаста. Последний образован двумя пластинчатыми цепями 9, перекинутыми через звездочки 7, установленными на верхней балке подвижной рамы 6. Концы цепей закреплены на основной раме и на грузовой каретке. Благодаря этому грузовая каретка движется с удвоенной скоростью и проходит путь в два раза больший, чем ход выдвижения штока гидроцилиндра.

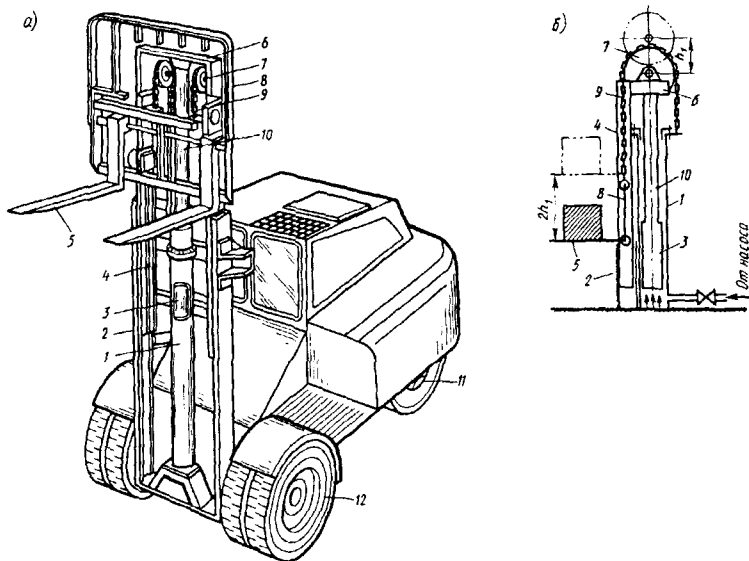


Рис. 6.30. Вилочный автопогрузчик: 1 – гидроцилиндр; 2 – вертикальная рама; 3 – поршень; 4 – внутренняя рама; 5 – вилочный захват; 6 – выдвижная рама; 7 – звездочка; 8 – грузовая каретка; 9 – цепь; 10 – шток; 11 – задний мост; 12 – передний мост.

Поступательное движение штоков гидроцилиндров рабочего оборудования вилочного автопогрузчика создается давлением жидкости насосов, приводимых во вращение двигателем автопогрузчика. Для уменьшения усилий управления в систему управляемых колес подключен специальный гидроусилитель рулевого управления. Для привода гидроусилителя рулевого управления установлен насос. Управление гидроусилителем заблокировано с рулевой колонкой и осуществляется автоматически.

Вилочные погрузчики выпускаются грузоподъемностью 3–5 т с высотой подъема груза до 6 м и скоростью перемещения с грузом до 20 и без груза до 40 км/ч. Автопогрузчики оборудуются различным съемным рабочим оборудованием: грейфером (схватом) для бревен, ковшем для сыпучих грузов, крановой стрелой и другими приспособлениями, расширяющими область их применения. Так, для работы с длинномерными

грузами, с которыми обычный погрузчик не приспособлен работать, применяют автопогрузчики с боковым расположением грузоподъемника. Грузоподъемник поворачивается относительно продольной оси, а длинномерный груз вилочным захватом укладывается на боковые кронштейны вдоль машин и в таком положении транспортируется в узких проходах складов.

Одноковшовые погрузчики. Основным рабочим органом одноковшового погрузчика является ковш, используемый для разработки, погрузки и перемещения сыпучих мелкокусковых материалов и грунтов I и II категорий. Главным параметром одноковшовых погрузчиков является грузоподъемность. По грузоподъемности их разделяют на малогабаритные (до 0,5 т), легкие (0,6–2,0 т), средние (2,0–4,0 т), тяжелые (4,0–10 т) и большегрузные (более 10 т).

В зависимости от ходового оборудования погрузчики могут быть гусеничными и пневмоколесными. Гусеничные погрузчики имеют высокую проходимость и развивают большее напорное усилие, пневмоколесные – большую маневренность и высокие транспортные скорости. В качестве базовых машин для погрузчиков применяют специальные пневмоколесные шасси, гусеничные и колесные промышленные тракторы погрузочных модификаций или тракторы общего назначения. Специальные пневмоколесные шасси состоят из двух шарнирно соединенных между собой полурам. Шарнирное сочленение полурам позволяет осуществить погрузку-разгрузку с минимальным маневрированием за счет взаимного поворота полурам на угол до 40° в плане в обе стороны от продольной оси машины.

Погрузочные модификации тракторов промышленного типа изготовляют с учетом установки на них погрузочного оборудования и работы с ним. Его располагают на базовой машине спереди или сзади относительно двигателя. Силовые передачи гусеничных и колесных тягачей, а также специальных шасси выполняют гидромеханическими с трехскоростной коробкой перемены передач (три скорости вперед и три одинаковые скорости назад). Такая передача приспособлена для частого реверсирования движений при автоматическом переключении передач и наиболее полно отвечает рабочему режиму одноковшовых погрузчиков.

По способу разгрузки рабочего органа различают погрузчики: с передней разгрузкой (фронтальные погрузчики), с боковой разгрузкой (полуповоротные), с задней разгрузкой (перекидной тип погрузчика). Наиболее распространены в строительстве фронтальные и полуповоротные погрузчики на пневмоколесном и гусеничном ходу с объемным гидроприводом погрузочного оборудования.

Фронтальные погрузчики. Они обеспечивают разгрузку ковша со стороны разработки материала. Погрузочное оборудование шарнирно крепится к портальной раме *б*, жестко установленной на основной раме базовой машины (рис. 6.31). Оно состоит из рабочего органа, стрелы, рычажного механизма и гидроцилиндров двустороннего действия. Рабочий орган погрузчика – ковш *1*, установлен на стреле *4* и управляется рычажным механизмом, состоящим из двух пар коромысел *3* и поворотных тяг *2*, приводимых в движение двумя гидроцилиндрами *5* поворота ковша. Подъем и опускание стрелы осуществляются двумя гидроцилиндрами *7*. Гидравлический привод рабочего оборудования позволяет плавно изменять скорости в широких пределах и надежно предохранять его от перегрузок.

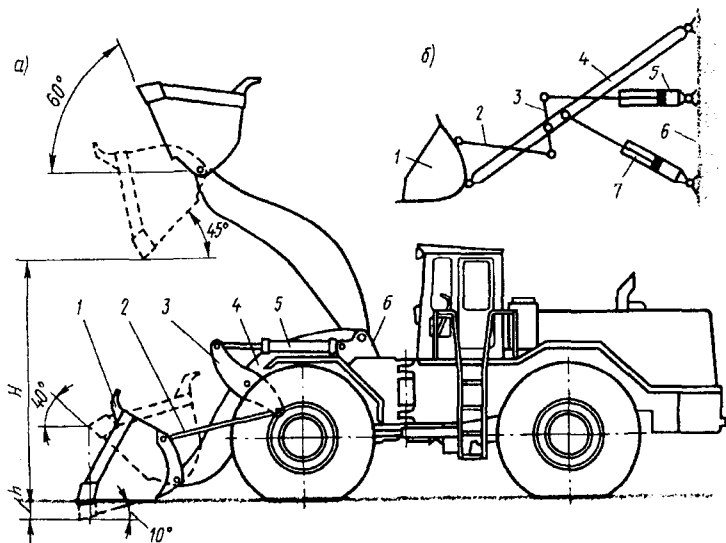


Рис. 6.31. Однотоварный фронтальный погрузчик: а – схема конструкции; б – кинематическая схема погрузочного оборудования; 1 – ковш; 2 – поворотные тяги; 3 – коромысла; 4 – стрела; 5 – гидроцилиндр ковша; 6 – портальная рама; 7 – гидроцилиндры стрелы.

Рабочий процесс фронтального погрузчика, оборудованного ковшом, состоит из следующих операций: перемещение погрузчика к месту набора материала с одновременным опусканием ковша, внедрение ковша в материал напорным усилием машины, подъем ковша со стрелой, транспортировка материала к месту разгрузки и разгрузка ковша опрокидыванием.

Полуповоротные погрузчики (рис. 6.32). В отличие от фронтальных эти машины обеспечивают разгрузку ковша и сменных рабочих органов впереди и на обе стороны на угол до 90° от продольной оси. Это сокращает время на развороты и позволяет использовать их для работы в стесненных условиях.

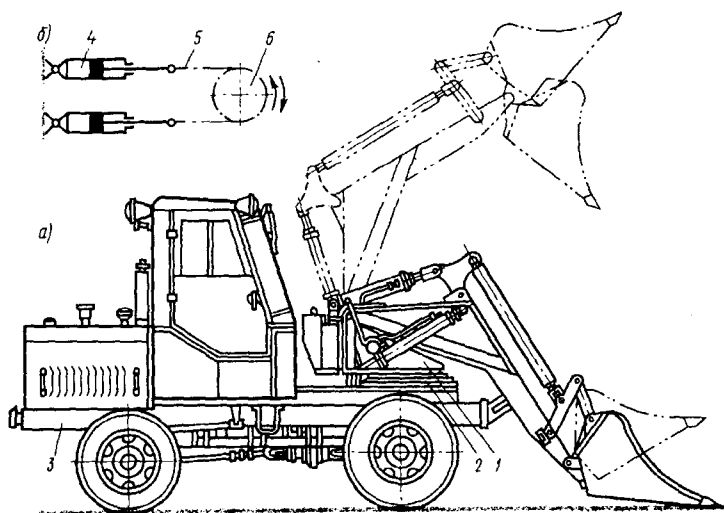


Рис. 6.32. Полуповоротный одноковшовый погрузчик: а – схема конструкции; б – кинематическая схема механизма вращения платформы.

Конструктивно полуповоротные погрузчики отличаются от фронтальных тем, что погрузочное оборудование монтируется на поворотной платформе 1, которая, в свою очередь, через опорно-поворотное устройство 2 опирается на ходовую раму 3 базовой машины. Вращательное движение поворотная платформа получает с помощью двух горизонтально расположенных гидроцилиндров 4, штоки которых соединены между

собой пластинчатой цепью 5, огибающей звездочку 6 поворотной платформы. Кроме основного ковша одноковшовые погрузчики оснащаются многими видами сменного и навесного оборудования: ковшами увеличенной и уменьшенной вместимости, грейферными двухчелюстными ковшами, ковшами с боковой разгрузкой, поворотными захватами, используемыми для погрузки в транспортные средства и складирования штучных и длинномерных грузов, лесоматериалов, установки столбов и др. Некоторые виды такого сменного и навесного оборудования представлены на рис. 6.33.

Техническая производительность одноковшовых погрузчиков ($\text{м}^3/\text{ч}$) определяется с учетом физических свойств разрабатываемого материала и условий работы. При работе с сыпучими материалами

$$P_m = 3600 \frac{q k_n}{t_u k_p} k_m, \quad (6.19)$$

где q – вместимость ковша, м^3 ; k_n – коэффициент наполнения ковша; t_u – время цикла, с; k_p – коэффициент разрыхления материала; $k_m = 0,85-0,90$ – коэффициент, учитывающий конкретные условия работы.

В общем случае время цикла складывается из времени наполнения ковша, перевода его в транспортное положение, времени груженого хода, времени разгрузки, времени, затрачиваемого на повороты и возвращение к месту работы.

При работе со штучными грузами техническая производительность ($\text{т}/\text{ч}$)

$$P_m = 3600 \frac{G}{t_u} k_m, \quad (6.20)$$

где G – грузоподъемность погрузчика, т.

Техническая производительность является пределом возможности машины и не может быть превышена без изменения рабочих скоростей, мощности двигателя и т. п. Для достижения максимальной технической производительности необходимо анализировать условия работы и в том числе использовать оптимальную схему организации работ, соответствующие виды сменного рабочего оборудования (например, ковши повышенной или уменьшенной вместимости), способствующие максимальному использованию тягового усилия базового трактора или тягача. Благодаря хорошей транспортирующей способности одноковшовые погрузчики успешно конкурируют с одноковшовыми экскаваторами, работающими в транспорт, и по некоторым технико-экономическим показателям

(производительности труда на одного человека в смену, стоимости единицы продукции, материалоемкости и энергоемкости работ) превосходят их. Мощность силовой установки современных одноковшовых погрузчиков достигает 900 кВт при вместимости основного ковша 10 м³.

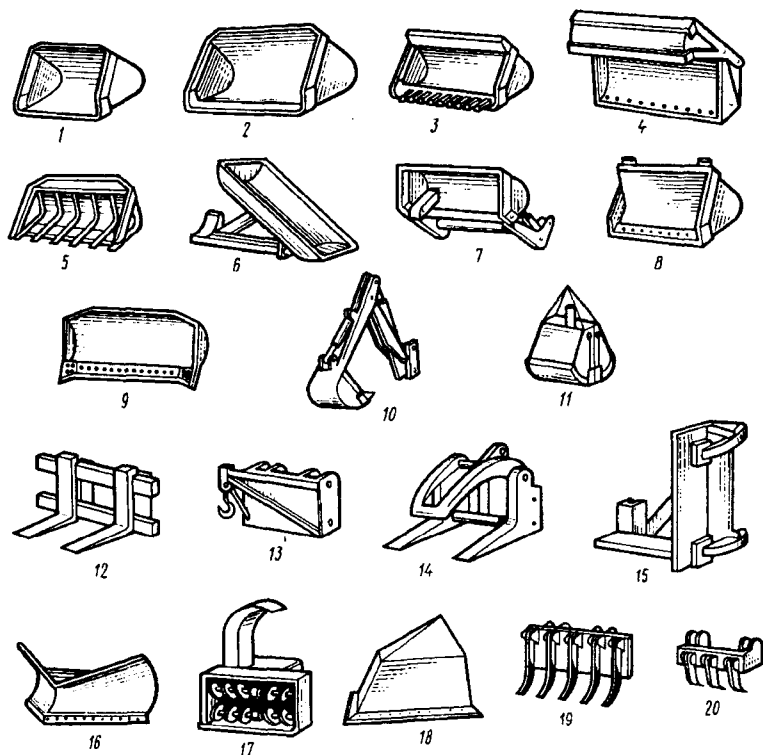


Рис. 6.33. Сменное и навесное оборудование одноковшовых погрузчиков. Ковши: 1 – нормальный; 2 – увеличенный; 3 – уменьшенный; 4 – двухчелюстной; 5 – скелетный; 6 – с боковой разгрузкой; 7 – с увеличенной высотой разгрузки; 8 – с принудительной разгрузкой. 9 – бульдозерный отвал; 10 – экскаватор; 11 – грейфер; 12 – грузовые вилы; 13 – кран; 14 – челюстной захват; 15 – захват для столбов и свай; 16 – плужный снегоочиститель; 17 – роторный снегоочиститель; 18 – кусторез; 19 – корчеватель-собираатель; 20 – асфальтовзламыватель.

Многоковшовые погрузчики относятся к машинам непрерывного действия. Их применяют для погрузки в транспортные средства сыпучих и мелкокусковых материалов (песка, гравия, щебня, шлака, сколотого льда и снега), а также для засыпки траншей грунтом. Многоковшовые погрузчики монтируют на самоходном гусеничном или пневмоколесном шасси, в конструкции которого используются детали и узлы тракторов и автомобилей.

По конструкции рабочего органа различают погрузчики шнекоковшовые, роторные, дисковые и с подгребающими лапами. Шнекоковшовый рабочий орган имеет шнековый питатель и ковшовый элеватор для подачи материала на ленточный конвейер. Роторные погрузчики разрабатывают материал шаровыми или ковшовыми фрезами. В дисковых материал подается двумя дисками, вращающимися во встречном направлении. Подгребающие лапы подают материал на конвейер благодаря специальной кинематике движения. Главным параметром многоковшовых погрузчиков является производительность. Их выпускают производительностью 40, 80, 160, 250 м³/ч с высотой погрузки 2,4–4,2 м.

Многоковшовый погрузчик с шнекоковшовым органом (рис. 6.34) состоит из следующих основных узлов: пневмоколесного шасси 1 с обеими ведущими осями, наклонного ковшового конвейера 3 с винтовым (шнековым) питателем 4, ленточного поворотного в плане и в вертикальной плоскости конвейера 2.

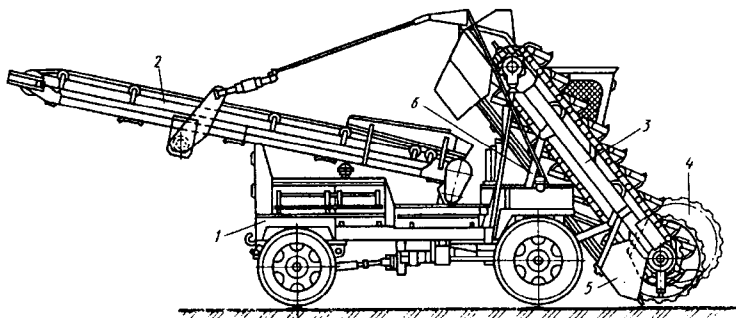


Рис. 6.34. Многоковшовый погрузчик со шнекоковшовым рабочим органом: 1 — пневмоколесное шасси; 2 — конвейер; 3 — ковшовый конвейер; 4 — питатель; 5 — отвал; 6 — гидроцилиндры.

Для лучшей подачи материала к питателю на раме ковшового конвейера установлен отвал 5. Ковшовый конвейер устанавливается в рабочее и транспортное положения с помощью двух гидроцилиндров 6. При поступательном движении погрузчика материал винтовым питателем подается в непрерывно вращающийся ковшовый конвейер и далее через приемное устройство и ленточный конвейер в транспорт. Поворотные движения ленточного конвейера позволяют изменять высоту загрузки, а также загружать подвижной состав по обе стороны от продольной оси погрузчика. Поступательная скорость погрузчика выбирается в зависимости от высоты штабеля материала и производительности. Все основные механизмы, кроме привода ковшового конвейера, приводятся в действие с помощью гидроцилиндров двустороннего действия, работающих от гидросистемы погрузчика.

7.1. Общая характеристика рабочего процесса.

Классификация и рабочие органы машин для земляных работ

Земляные работы являются составной частью строительства большинства инженерных сооружений. Они включают в себя: отрывку котлованов, траншей и мелиоративных каналов; возведение насыпей, плотин; устройство закрытых проходов в грунте в виде шахт и туннелей под различные подземные сооружения; бурение горизонтальных, наклонных и вертикальных скважин при бестраншейной прокладке трубопроводов под насыпями железных и шоссейных дорог, для установки свайных опор в плотных грунтах, для закладки зарядов взрывчатых веществ при разработке грунтов взрывом и т. п.

По характеру рабочего процесса, составу операций и последовательности их выполнения земляные сооружения делят на выемки и насыпи. Выемка образуется в результате удаления излишков грунта за ее пределы, а насыпь – путем отсыпки грунта, внесенного извне, с его послойным уплотнением. Последняя операция обусловлена необходимостью восстановления плотного состояния грунта в насыпи, которое было им утрачено при отделении от массива вследствие разрыхления. Удаленный из выемок грунт укладывают в отвалы, а для отсыпки насыпей его доставляют из карьеров или резервов, расположенных вблизи сооружаемой насыпи. Если выемки чередуются с насыпями, как, например, в дорожном строительстве, то извлекаемый из выемок грунт обычно используют для отсыпки насыпей. Для каждой из перечисленных технологических схем производства земляных работ – выемка-отвал, резерв-насыпь – характерны операции отделения грунта от массива, его перемещения и отсыпки. При возведении насыпей добавляется операция уплотнения грунта, а общей для насыпей и выемок является планировочная операция, которой эти инженерные сооружения доводятся до проектных размеров. При планировке срезаются выступы и засыпаются впадины подобно разработке резервов и отсыпке насыпей, но только в размерах микрорельефа планируемой поверхности. Ту же структуру рабочего процесса имеет разработка карьеров строительных материалов (песка, гравия и т. п.), а также добыча полезных ископаемых открытым способом. Отличие заключается в том, что ни выемка (забой), ни отвал не являются инженерными сооружениями, а планировку дна карьера (подошвы забоя) выполняют лишь для удобства пе-

редвижения по нему машин и подготовки устойчивого основания для их работы.

Отделение грунта от массива – разрушение – является основной операцией процесса его разработки. Наибольшее распространение в строительстве (около 85 % от общего объема земляных работ) получил механический способ разрушения грунтов, при котором грунт отделяется от массива вследствие контактного силового воздействия на него землеройного рабочего органа. Энергоемкость этого способа составляет 0,05–0,6 кВт.ч/м³. Прочные грунты и горные породы разрушают взрывом с использованием взрывчатых веществ, которым закладывают в специально пробуренные скважины. Этот способ наиболее дорогой, но позволяет существенно сократить сроки производства работ. Около 12% грунтов разрабатывают гидромеханическим способом путем отделения грунта от массива струей воды под высоким давлением или в сочетании с механическим способом. Энергоемкость процесса составляет 0,15–2 кВт.ч/м³.

Рабочие органы машин, предназначенные только для отделения грунта от массива механическим способом, используют лишь в случае разработки весьма прочных грунтов на стадии их предварительного разрыхления. Большой частью рабочие органы также перемещают и отсыпают грунт в отвалы, насыпи или транспортные средства, выполняя эти операции после отделения грунта от массива и его захвата или совмещая полностью или частично перечисленные операции во времени. Грунт может перемещаться к месту отсыпки только за счет движений рабочего органа или за счет перемещения всей машины. В конструкциях землеройных машин непрерывного действия завершающую стадию транспортирования грунта выполняет специальный транспортирующий орган, например типа ленточного конвейера. Отсыпают грунт путем освобождения от него рабочего или транспортирующего органа в конце транспортной операции. В случае гидромеханической разработки грунт переносится к месту намыва в потоке воды, а при взрывном способе отбрасывается в стороны расширяющимися газами, образующимися вследствие взрыва. Грубую планировку земляных поверхностей выполняют теми же землеройными рабочими органами путем более четкой координации их движения, а для точной планировки применяют специальные рабочие органы или машины. Уплотнение грунта заключается в компактной укладке его частиц, вследствие чего уменьшается объем грунта и увеличивается его плотность. Для этого применяют специальные машины и оборудование. Частично грунт может

уплотняться также перемещающимися по его поверхности транспортными средствами.

В общем комплексе работ на строительном объекте земляные работы чаще всего выполняют раньше других. В этом случае им предшествует подготовка строительной площадки: удаление камней, срезка кустарника, корчевка пней, планировка и засыпка ям и т. п. Большую часть этих работ выполняют землеройными машинами, оборудованными специальными рабочими органами. В связи с этим машины для подготовительных работ рассматривают вместе с машинами для земляных работ. К подготовительным работам также относят предшествующее разработке рыхление прочных и мерзлых грунтов.

Машины для земляных работ классифицируют по назначению, режиму работы, степени подвижности и другим признакам. Классификация по назначению условна, поскольку приводы, ходовые устройства и другие структурные элементы современных машин позволяют использовать одну и ту же их базовую часть для работы с различными видами сменного рабочего оборудования, нередко различного по назначению. Универсальность машин существенно расширяет область их применения, способствует их лучшему использованию по времени, особенно в условиях небольших объемов однотипных работ, выполняемых строительной организацией, более эффективной организации технического обслуживания. Универсальные машины классифицируют по основным видам выполняемых ими работ, определяемым по технико-эксплуатационным, экономическим и другим соображениям. Различают землеройные машины для отрывки и перемещения грунта в пределах зоны досягаемости рабочего оборудования (одно- и многоковшовые экскаваторы), землеройно-транспортные машины для послойной разработки грунта и перемещения его на большие расстояния (бульдозеры, скреперы, грейдеры, грейдер-элеваторы), машины для подготовительных работ, машины и оборудование для уплотнения грунтов, для бурения скважин, в том числе в прочных и мерзлых грунтах при их разрушении взрывом, оборудование для гидромеханической разработки, а также машины и оборудование для разработки грунта в особых условиях. Машины для планировочных работ относятся к группе землеройно-транспортных машин и частично к экскаваторам (экскаваторы-планировщики).

По режиму работы рассматриваемые машины бывают циклического и непрерывного действия. К последним относятся многоковшовые экскаваторы, некоторые виды землеройно-транспортных машин, оборудование для гидромеханической разработки грунтов, а также некоторые виды

машин для работы и особых условиях. Остальные машины работают в циклическом режиме, выполняя операции рабочего цикла последовательно или с их частичным совмещением во времени.

По степени подвижности машины для земляных работ относятся большей частью к передвижным самоходным или прицепным, за исключением некоторых видов оборудования для уплотнения грунтов, бурения скважин под взрыв, оборудования гидромеханизации, а также некоторых машин и оборудования для работы в особых условиях. Эти машины длительное время работают на одной строительной площадке, они не имеют собственных ходовых устройств и по этим признакам относятся к полустационарным. По другим признакам на машины для земляных работ распространяются положения, приведенные ранее в общей классификации строительных машин.

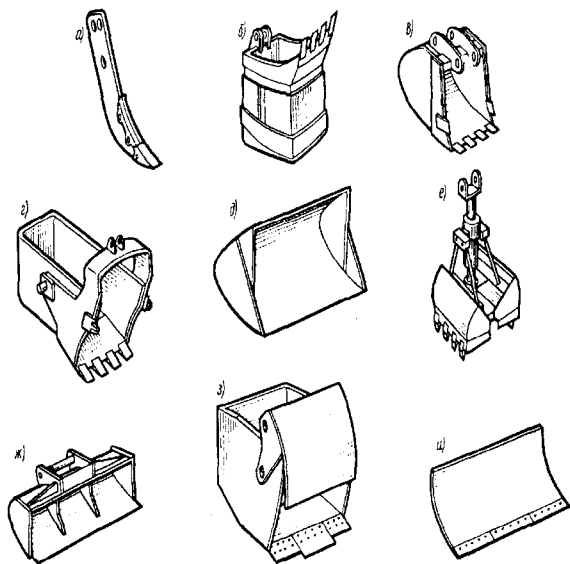


Рис. 7.1. Основные виды рабочих органов машин для земляных работ: а – зуб рыхлителя; б, в, г, д, ж – экскаваторные ковши прямой и обратной лопат, драглайна, погрузчика, грейфера, планировщика; з – ковш скрепера; и – отвал бульдозера.

Рабочие органы, с помощью которых грунт отделяется от массива (зубья ковшей, бульдозерных отвалов, рыхлителей – рис. 7.1), называют землеройными. В конструкциях землеройных и землеройно-транспортных машин, рабочий процесс которых состоит из последовательно выполняемых операций отделения грунта от массива, его перемещения и отсыпки, землеройные рабочие органы совмещают с транспортирующими – ковшами (экскаваторы, скреперы) или отвалами (бульдозеры, грейдеры), называя первые ковшовыми, а вторые – отвальными. Ковшовый рабочий орган представляет собой емкость с режущей кромкой, оснащенной зубьями (рис. 7.1, б–г, е) или без них (рис. 7.1, д, ж, з). Ковши с режущими кромками без зубьев чаще применяют для разработки мало-связных песков и супесей, а ковши с зубьями – в основном для разработки суглинков, глин и прочных скальных грунтов. В режиме разработки грунта ковш перемещается так, что его режущая кромка или зубья внедряются в грунт, отделяя его от массива. Разрыхленный грунт поступает в ковш для последующего перемещения в нем к месту разгрузки. Отвальные рабочие органы оборудуют в нижней части ножами (рис. 7.1, и), в этом случае их называют ножевыми. Для разрушения более прочных грунтов на ножи дополнительно устанавливают зубья. Рабочий процесс отвального рабочего органа аналогичен описанному выше.

7.2. Машины для подготовительных работ: кусторезы, корчеватели, рыхлители

Кусторезы. Кусторезы предназначаются для расчистки строительных участков от кустарника и мелколесья. Их используют в автодорожном и железнодорожном строительстве при прокладке трассы дороги, а также при устройстве просек в лесных массивах, освоении новых земель и мелиоративных работах в сельском хозяйстве. Зимой кусторезы могут быть использованы для очистки дорог и строительных участков от снега, а также для снегозадержания.

Устройство. Кусторез является передним навесным оборудованием гусеничного трактора. Оборудование кустореза состоит из универсальной рамы, рабочего органа, ограждения трактора (рис. 7.2). Срезание кустарника и деревьев производится ножами, которые болтами прикреплены к нижним кромкам рамы рабочего органа. В передней части рамы приварен носовой лист для раскалывания пней и раздвигания сваленных деревьев.

Универсальная рама используется при навеске на трактор как отвала кустореза, так и другого оборудования (корчевателя, граблей, бульдозера, снегоочистителя и др.). В целях смягчения ударов отвала о толкаю-

щую раму и ограничения поворота его на шаровой головке с правой и левой сторон каркаса отвала установлены два амортизатора из листовой резины. Для защиты кабины трактора от падающих деревьев и сучьев кусторез оборудован ограждением, сваренным из труб и покрытым над кабиной стальным листом.

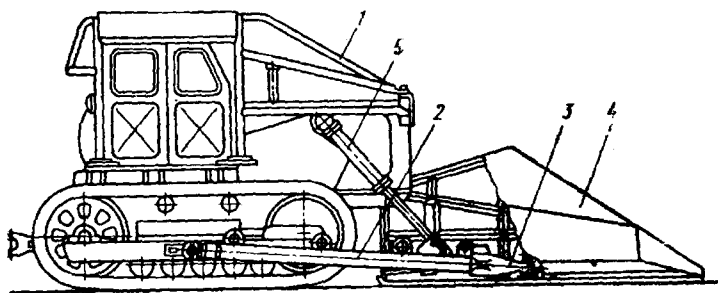


Рис. 7.2. Кусторез: 1 – ограждение; 2 – универсальная рама; 3 – съемная головка; 4 – отвал; 5 – гидроцилиндр подъема рабочего оборудования.

Для заточки ножей в процессе работы кусторезы снабжаются заточным приспособлением, состоящим из заточной головки с наждачным кругом, гибкого вала и механизма привода, работающего от переднего конца коленчатого вала дизеля или редуктора привода гидронасосов трактора.

Срезанные кусторезами кустарник и мелколесье целесообразно измельчить и использовать полученную щепу, прежде всего на топливо. Для измельчения кустарника и мелколесья применяются рубильные машины отечественного и зарубежного производства.

Корчеватели. Корчеватели предназначены для выкорчевывания пней, расчистки строительных участков от корней и камней-валунов, уборки стволов и кустарника, срезанных кусторезом, сгребания валежника и сучьев. Они могут быть использованы также для валки деревьев и рыхления плотных грунтов. Корчеватель представляет собой оборудование, навешиваемое на гусеничный трактор. По характеру установки на тракторе корчеватели разделяются на два типа: с передней навеской и с задней навеской. Привод рабочего органа у большинства ныне выпускаемых корчевателей – гидравлический.

Устройство. Рабочим органом корчевателей, навешиваемых на трактор спереди, является отвал, снабженный изогнутыми зубьями. Он монтируется на толкающей раме охватывающего типа, которая своими задними концами шарнирно крепится к лонжеронам трактора. Установка отвала на толкающей раме бывает двоякого типа: жесткая и с возможностью поворота относительно рамы в вертикальной плоскости. В последнем случае корчевка пней и камней может производиться не только за счет тягового усилия трактора и подъема толкающей рамы, но и с помощью поворота отвала. Конструкция корчевателя с передней навеской рабочего органа показана на рис. 7.3.

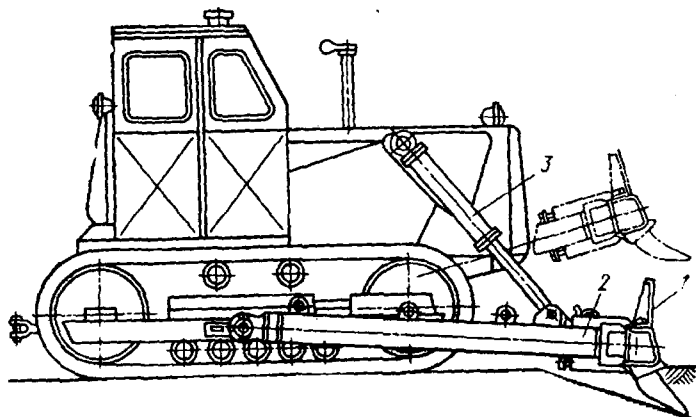


Рис. 7.3. Корчеватель с передней навеской рабочего оборудования:
1 — отвал с зубьями; 2 — универсальная толкающая рама;
3 — гидро-цилиндр подъема рабочего органа.

У корчевателей с задней навеской рабочего органа последний устанавливается на заднем мосту трактора и состоит из вертикальной стойки, трапециевидной толкающей рамы и двух массивных двуплечих рычагов (клыков). Клыки жестко связаны между собой и установлены на общей оси толкающей рамы, относительно которой они могут поворачиваться при помощи канатного или гидравлического привода, производя таким образом корчевку. Работа трактора при этом осуществляется задним ходом.

Рыхлители. Рыхлитель (рис.7.4) предназначен для рыхления прочных и мерзлых грунтов и представляет собой навесное или прицепное оборудование к гусеничным тракторам или базовым тягачам различной мощности и с разным тяговым усилием.

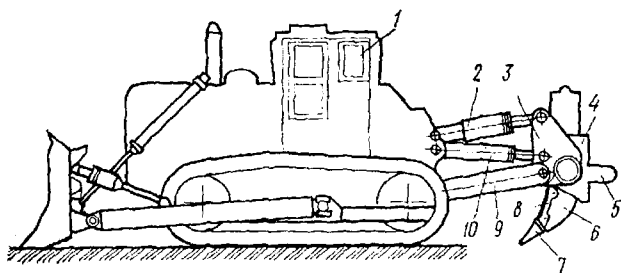


Рис. 7.4. Общий вид рыхлителя: 1 – тягач; 2 – амортизатор; 3 – вертикальная стойка; 4 – рама; 5 – упор; 6 – зуб; 7 – наконечник; 8 – накладка; 9 – тяга; 10 – гидроцилиндр подъема рабочего оборудования

Рыхлители классифицируют по главному параметру – максимальной силе тяги по сцеплению $T_{сц}$ базового трактора:

$T_{сц}$, кН	30	40	100	150	200	350
Максимальное заглубление, мм	300	350	400	500	700	900

Если тяговое усилие равно 30–100 кН, рыхлители считают легкими, 100–150 кН – средними, 250 кН – тяжелыми и 500 кН – сверхтяжелыми.

Помимо классификации по тяговому усилию рыхлители подразделяют по мощности двигателя базовой машины (кВт): легкие – меньше 120, средние – 120–250, тяжелые – 300–500 и сверхтяжелые – 550–1000.

Рыхлителями эффективно разрабатываются мерзлые и многие крепкие грунты. Разработка ими этих грунтов с транспортированием их на расстояние менее 4 км мощными скреперами с усиленными ковшами в 3–4 раза дешевле, чем рыхление взрывом и погрузка экскаватором с отвозкой в автосамосвалах, в 2–3 раза дешевле, чем при использовании погрузчиков, и в 8–10 раз дешевле, чем с использованием при рыхлении клин-бабы. Производительность труда по сравнению с рыхлением взрывом и экскаваторной погрузкой возрастает с 78–80 м³/чел.смен до 220–300 м³/чел.смен.

Схемы рыхлителей. Применяют три основные схемы навесных устройств рыхлителей, которые отличаются механизмами опускания зубьев при заглублении и их подъеме (выглублении): 1) радиальная (трехзвенная), 2) параллелограммная (четырёхзвенная), 3) параллелограммная регулируемая. Особенностью каждой из этих схем является то, что траектория движения режущей части рабочего органа различна.

По радиальной схеме (рис. 7.5, а) острие наконечника зуба перемещается при подъеме и опускании рамы по дуге. Угол рыхления (резания) изменяется от 60 до 80°, вследствие чего требуется большое усилие при заглублении. При наибольшей глубине рыхления рама занимает горизонтальное положение. Угол рыхления должен иметь возможность изменяться при рыхлении в пределах 30–60°, что при радиальной схеме требует перестановки зуба, для чего изменяется вылет зуба относительно поперечной балки, а следовательно, меняется и глубина. Схема рабочего оборудования рыхлителя с параллелограммной схемой приведена на рис. 7.5, г. В этом рыхлителе поперечная балка, в которой устанавливается зуб, крепится к четырехточечной подвеске, представляющей собой параллелограмм.

Процесс работы рыхлителей. Вначале одновременно с перемещением машины зубья заглубляются в грунт. После заглубления их на глубину, обеспечивающую движение трактора на оптимальной скорости, машина продолжает перемещаться с сохранением этой глубины, затем зубья выглубляются до выхода из грунта. После проходки участка определенной длины рыхлитель поворачивают и повторяют процесс в обратном направлении. При небольшой длине участка работу осуществляют без разворота трактора. Длину каждой проходки выбирают в зависимости от условий работы и от того, в сочетании с какими машинами работает рыхлитель. При разработке пород в карьерах на значительную глубину их рыхлят послойно.

Производительность рыхления. Рыхлитель работает в сочетании с бульдозером, скрепером или экскаватором. При работе в сочетании с бульдозером или скрепером глубина рыхления должна быть больше на 20%, чем толщина слоя, захватываемая отвалом бульдозера или ножом скрепера. Степень рыхления, т. е. размеры кусков разрыхляемой породы и грунта, оказывает влияние на производительность рыхлителя.

Производительность рыхлителя зависит от тягового усилия трактора $T_{сч}$, скорости рыхления v_p (оптимальная $v_p = 1,6-2,5$ км/ч). Тяговое усилие трактора зависит от его типоразмера и обычно при оптимальной скорости рыхления 1,5 км/ч равно 1–1,1 массы трактора с оборудованием бульдозера или рыхлителя. При равных $T_{сч}$ и v_p производитель-

ность зависит от количества одновременно работающих зубьев, расстояния между ними и глубины рыхления h_p .

Согласно опытным данным, форма площади рыхления в крепких и мягких грунтах при работе одним зубом различна. Для трактора мощностью 300 кВт при силе тяжести бульдозера с рыхлителем 500–520 кН в среднем глубина рыхления $h_p = 50-60$ см в очень крепком и $h_p = 90-100$ см в мягком грунте. При уменьшении или увеличении мощности или силы тяжести глубина меняется примерно пропорционально корню кубическому их изменения.

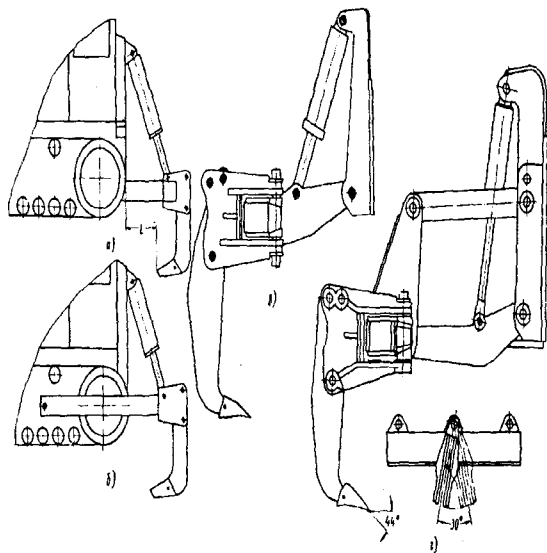


Рис. 7.5. Конструктивные схемы рыхлителей:
а, б, в – радиальная (трехзвенная); г – параллелограммная.

Техническая производительность $\Pi_{p.m.}$, м³/ч, зависит от полезной ширины захвата рыхлителем B_p , м, полезной толщины разрыхленного слоя h_p , м, скорости рыхлителя v_p , м/ч, коэффициента перекрытия $k_{пер}$, коэффициента характера проходов (параллельные или перекрестные) k_n , числа повторных проходов n :

$$\Pi_{p.m.} = B_p h_p v_p k_{пер} / (n). \quad (7.1)$$

Величина $k_{пер}$ зависит от физико-механических свойств грунта; обычно $k_{пер} = 0,75$. При параллельных проходах $k_n = 1$, при перекрестных $k_n = 2$.

Эксплуатационная производительность $P_{рз}$, зависит от использования машины по времени ($K_s \approx 0,75$) с учетом времени подготовки машины к работе, ее осмотра и техобслуживания. Рабочая средняя скорость в этом случае уменьшается на 20% для учета случайных задержек. При этом

$$P_{рз} = P_{р.т.} K_s. \quad (7.2)$$

Если скорость рыхления меньше указанной, необходимо увеличить типоразмер трактора или снизить глубину рыхления. Увеличить силу тяги, если она должна быть больше 80%, можно применением толкача или жесткой тандемной сцепки тракторов с навеской рыхлителя на заднем тракторе. Для увеличения силы тяги до 50–80% лучше применить гусеничный толкач, если меньше 50% – колесный.

7.3. Бульдозеры

Общие сведения. Бульдозером называется машина состоящая из гусеничного или колесного трактора, оборудованного отвалом. Отвал может устанавливаться перпендикулярно к продольной оси трактора или под углом φ' (φ' – угол поворота отвала в плане, т. е. угол между продольной осью трактора и режущим лезвием отвала), что дает возможность перемещать грунт в сторону. В последнем случае машина называется бульдозером с поворотным отвалом. Кроме того, отвал иногда может поворачиваться в поперечной вертикальной плоскости и наклоняться, изменяя угол резания.

При установке отвала перпендикулярно продольной оси трактора бульдозер с поворотным отвалом работает как бульдозер с неповоротным отвалом. В зависимости от выполняемой работы на раму бульдозера как с поворотным, так и с неповоротным отвалом навешивают рыхлители, кусторезы, канавокопатели, корчеватели и другое сменное рабочее оборудование.

Различают бульдозеры с размещением рабочего органа на передней и задней части машины.

По роду привода механизма подъема бульдозеры разделяются на гидравлические и канатные.

Бульдозерами можно выполнять следующие работы:

1) разрабатывать выемки и полувыемки на косогорах, а также выемки с перемещением грунта в насыпь у нулевых отметок в горной местности;

- 2) выравнивать рельеф в горной местности для прокладки дорог;
- 3) разравнивать грунт и строительные материалы;
- 4) засыпать рвы и канавы;
- 5) планировать строительные и аэродромные площадки;
- 6) расчищать площадки и трассы от снега, кустарника, леса и т.д.;
- 7) устраивать террасы на склонах гор;
- 8) работать толкачом со скреперами;
- 9) некоторые конструкции бульдозеров могут выполнять работы в воде при глубине до 1 м.

По мощности двигателя базовых тракторов различают сверхтяжелые бульдозеры – мощностью более 220 кВт (300 л. с.), тяжелые – 110–220 кВт (150–300 л. с.), средние – 60–108 кВт (81–147 л. с.), легкие 15,5–60 кВт (21–80 л. с.) и малогабаритные до 15,0 кВт (20 л. с.).

Основным параметром, характеризующим работу бульдозера, является номинальное тяговое усилие по сцеплению $T_{сц}$. Оно определяется по суммарной силе тяжести трактора (тягача) и навесного оборудования $G_{об}$ при перемещении бульдозера по плотному грунту и буксовании гусеничного трактора не выше 7%, а колесного – не выше 30%, при скорости гусеничных машин 2,5–3, а колесных 3–4 км/ч.

По величине номинального тягового усилия бульдозеры разделяются на особо легкие (до 25 кН), легкие (26–75 кН), средние (80–145 кН), тяжелые (150–300 кН), особо тяжелые (свыше 300 кН).

Процесс работы. В процессе работы бульдозер копает, перемещает и распределяет материал. Чтобы отделить грунт от массива, режущая часть отвала заглубляется в грунт и одновременно бульдозер перемещается вперед. Отделяемый от массива грунт накапливается впереди ножа, образуя призму волочения.

Резание осуществляется, пока призма волочения не достигнет верхней кромки отвала. Затем отвал на ходу выглубляется, и бульдозер перемещается, передвигая призму волочения к месту разгрузки.

Подъем и опускание отвала производится гидравлическими или канатными механизмами. В бульдозерах с канатным управлением отвал внедряется в грунт под действием собственной силы тяжести отвала и рамы. При этом отвал может принудительно подниматься, опускаться под действием силы тяжести и иметь плавающее положение.

В бульдозерах с гидравлическим приводом отвал внедряется в грунт принудительно в результате усилий, развиваемых гидросистемой. Эти усилия могут достигать 40% и более от общей силы тяжести трактора.

Изменение положения отвала в горизонтальной и вертикальной плоскостях бульдозеров с поворотным отвалом осуществляется перестановкой вручную подкосов и поворотом отвала, а на некоторых машинах — с помощью гидроцилиндров. Угол резания в мощных бульдозерах иногда изменяется гидравлическим цилиндром.

Конструкции. Рабочее оборудование бульдозера с неповоротным отвалом состоит из отвала, толкающей рамы и механизма управления (рис. 7.6).

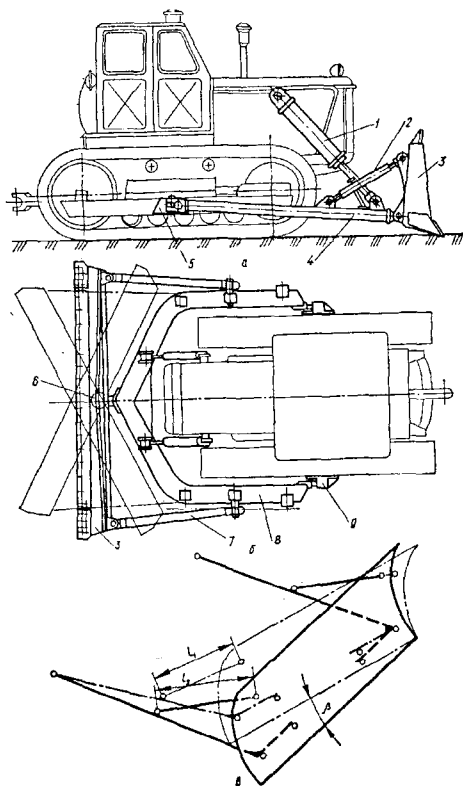


Рис. 7.6. Общий вид бульдозера: а — с неповоротным отвалом;

б — с поворотным отвалом; 1 — гидроцилиндр; 2 — раскос;

3 — отвал; 4 — толкающий брус; 5 — узел крепления толкающих брусьев к ходовой тележке; 6 — шаровой шарнир; 7 — двулучий раскос;

8 — универсальная рама; 9 — палец крепления рамы к ходовой тележке.

Отвал представляет собой жесткую сварную конструкцию коробчатого сечения. Вдоль нижней кромки переднего изогнутого по дуге окружности листа прикреплены ножи. С тыльной стороны отвал усилен ребрами и имеет проушины для присоединения к балкам толкающей рамы. По бокам отвала приварены щеки.

Толкающая рама связывает отвал с базовой машиной и передает ему рабочее усилие. Пространственная жесткость рабочему оборудованию придается раскосами, установленными в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Отвал и толкающая рама легких бульдозеров выполняются, как правило, в виде цельной сварной конструкции.

Длина поворотных отвалов бульдозеров (рис. 7.6, б) обычно больше длины неповоротных. Это объясняется тем, что отвал в повернутом положении должен перекрывать поперечные габариты базовой машины. Его условия работы требуют иного очертания торцов и не допускают установки щек.

Определение сопротивления копанью грунта бульдозером

Рассмотрим вопросы тягового расчета применительно к наиболее распространенному способу работы – лобовому толканию грунта при бестраншейном способе работ.

Объем призмы волочения зависит от геометрических размеров отвала и свойств грунта:

$$V_{np} = \frac{LH^2}{2k_{np}}, \quad (7.3)$$

где L – ширина отвала;

H – высота отвала с учетом козырька;

k_{np} – коэффициент, зависящий от характера грунта (связности, коэффициента рыхления) и от отношения $\frac{H}{L}$.

Этот коэффициент получен в результате обработки экспериментальных данных по производительности бульдозеров.

Значения коэффициент k_{np} в зависимости от отношения $\frac{H}{L}$ и вида грунта следующие:

Отношение $\frac{H}{L}$	0,15	0,3	0,35	0,40	0,45
Связные грунты I–II категории	0,70	0,80	0,85	0,90	0,95
Несвязные грунты	1,15	1,20	1,20	1,30	1,50

При транспортировании грунта отвалом бульдозера по горизонтальной площадке возникают сопротивления:

W_p – сопротивление резанию;

W_{np} – сопротивление перемещению призмы грунта перед отвалом;

W_v – сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу;

W_τ – сопротивление перемещению бульдозера;

$W_{тр}$ – сопротивление трению ножа бульдозера о грунт;

$$W_p = kLh_1 \quad (7.4)$$

где k – удельное сопротивление лобовому резанию в $\text{кН}/\text{м}^2$;

h_1 – глубина резания во время перемещения призмы грунта.

Средние значения k при угле резания $\alpha = 45-60^\circ$ составляют:

Категория грунта, определяемая с помощью ударника ДорНИИ

I	70
II	110
III	170

При перемещении призмы волочения часть ее теряется в боковые валики, поэтому нож бульдозера должен быть заглублен на некоторую величину h_1 для срезания стружки, восполняющей потери грунта в боковые валики. Потери грунта в боковые валики на 1 м пути могут быть оценены коэффициентом k_n :

$$k_n = \frac{V_{\%}}{V_{np}}, \quad (7.5)$$

где V_g – объем грунта в боковых валиках в плотном теле на 1 м пути;

V_{np} – фактический объем призмы волочения в плотном теле в м^3 .

Коэффициент k_n зависит от свойств грунта:

для связных грунтов $0,025-0,032$

для несвязных грунтов $0,06-0,07$

Средняя величина заглубления при транспортировании грунта

$$h_1 = \frac{k_{np} V_{np}}{e}, \quad (7.6)$$

где e – длина пути транспортирования грунта.

Сопротивление перемещению призмы волочения

$$W_{np} = V_{np} \gamma_2 \mu_2 g = G_{np} \mu_2, \quad (7.7)$$

где G_{np} – вес призмы волочения в кН ; γ_2 – плотность грунта в плотном теле в $\text{кг}/\text{м}^3$; μ_2 – коэффициент трения грунта по грунту, для связных

грунтов $\mu_2 = 0,5$, для несвязных грунтов $\mu_2 = 0,7$, максимальное значение $\mu_2 = 1,0$; g – ускорение свободного падения.

Сопротивление перемещения грунта вверх по отвалу

$$W_a = G_{np} \cos^2 \delta \mu_1, \quad (7.8)$$

где δ – угол резания;

μ_1 – коэффициент трения грунта по металлу:

Песок и супесь $\mu_1 = 0,35$

Средний суглинок $\mu_1 = 0,50$

Тяжелый суглинок $\mu_1 = 0,80$

Сопротивление перемещению бульдозера

$$W_m = Gf, \quad (7.9)$$

где G – вес трактора и бульдозера в кН; f – коэффициент сопротивления перемещению движителей трактора, $f = 0,1-0,12$.

Сопротивление трению ножа бульдозера о грунт W_{mp} учитывается в том случае, когда вертикальная составляющая сопротивления копания и собственный вес рабочего оборудования G_1 , передающийся на грунт, не воспринимаются системой управления и не передаются на ходовую часть бульдозера:

$$W_{mp} = \mu_1(R_z + G_1) = \mu_1(R_x \operatorname{tg} v + G_1), \quad (7.10)$$

где R_x и R_z – горизонтальная и вертикальная составляющие результирующей силы сопротивления копанию, кН; v – угол наклона результирующей сил сопротивления на отвале в град; при резании и перемещении плотного грунта $v = 17^\circ$, а разрыхленного грунта $v = 0^\circ$.

Горизонтальная составляющая результирующей силы сопротивления копанию

$$R_x = k_m T_n, \quad (7.11)$$

где k_m – коэффициент использования тягового усилия, $k_m = 0,6-0,8$; T_n – номинальная сила тяги.

Высота точки приложения R_x и R_z определяется:

а) при резании и перемещении плотного грунта:

$$h'_R = 0,17H, \quad (7.12)$$

где H – высота отвала без козырька, м; б) при резании и перемещении разрыхленного грунта или при перемещении его в траншее $h'_R = 0,27H$.

По суммарному сопротивлению движения

$$W = W_p + W_{np} + W_s + W_m + W_{mp} \quad (7.13)$$

выбирается соответствующая передача так, чтобы окружное усилие на ведущих колесах тягача или ведущих звездочках гусеничного трактора

$$P_k > W. \quad (7.14)$$

При тяговом расчете бульдозеров с поворотным отвалом необходимо учитывать разложение сил, вызываемое поворотом отвала в плане на угол φ .

Для бульдозера с поворотным отвалом суммарное сопротивление движению

$$W' = W'_{np} + W'_{np} + W'_{\%} + W'_m + W'_{mp}. \quad (7.15)$$

Здесь

$$W'_p = W_p \sin \varphi; \quad W'_{np} = W_{np} \sin \varphi; \quad (7.16) \quad (7.17)$$

$$W'_s = W_s \sin \varphi + W_s'', \quad (7.18)$$

где W_s'' – сопротивление трению, возникающему при движении грунта вдоль отвала, кН.

$$W_s'' = V_{np} \gamma_2 \mu_1 \mu_2 \cos \varphi. \quad (7.19)$$

При работе бульдозера на подъемах в тяговом расчете необходимо учесть составляющие от веса бульдозера, которые будут изменять величину W'_m .

В этом случае величина W'_m определяется по уравнению (7.20)

$$W'_m = G(f \pm i), \quad (7.20)$$

где i – уклон местности в %.

При угле наклона местности $\alpha \geq 10^\circ$ расчет следует производить по более точному уравнению:

$$W'_m = G(f \cos \alpha \pm \sin \alpha). \quad (7.21)$$

Производительность бульдозеров и пути ее повышения.

Бульдозер является машиной периодического действия и его производительность определяется по формуле:

$$P_0 = V_{np} \cdot \frac{60}{T} \cdot k_s \cdot f \quad \text{м}^3 / \text{ч}, \quad (7.22)$$

где V_{np} – объем призмы, перемещаемой бульдозером за один цикл, м^3 ; T – время цикла бульдозера в мин.; k_g – коэффициент использования машины во времени; f – коэффициент заполнения отвала.

Перемещаемый объем призмы волочения зависит от геометрии отвала, наличия боковых закрылков, козырька. Для неповоротных отвалов V_{np} определяется по формуле:

$$V_{np} = \frac{1}{2} H \cdot B \cdot p \text{ м}^3, \quad (7.23)$$

где H – высота отвала в м; B – ширина отвала в м; p – коэффициент, учитывающий профиль отвала.

При формировании призмы волочения часть ее непрерывно уходит в боковые валики, поэтому при транспортировании грунта приходится пополнять призму волочения за счет вырезания стружки небольшой толщины. Форма призмы по ширине отвала неодинакова: боковые верхние части отвала не заполнены (рис. 7.7).

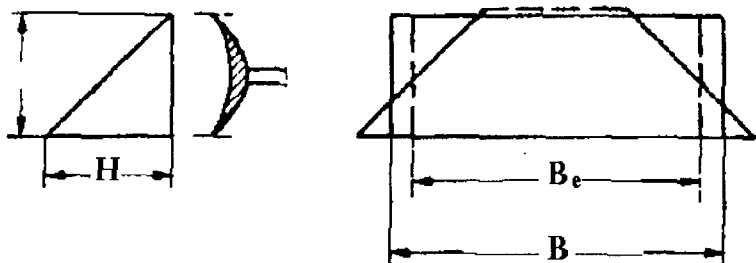


Рис. 7.7. Схема для расчета заполнения отвала призмой

Поэтому вводится понятие эффективной ширины отвала, под которой понимается ширина отвала, равномерно заполненная призмой волочения.

$$B_e = B \cdot f_e, \quad (7.24)$$

где f_e – коэффициент, учитывающий заполнение боковых частей отвала.

Для отвалов, имеющих боковые закрылки, при значительной толщине стружки значение коэффициента f_e может приближаться к едини-

це. Если боковых закрывков в бульдозере нет и разработка грунта производится малой толщиной стружки, то коэффициент f_e равен 0,7.

Для неповоротных отвалов без закрывков значение f_e приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1.

Значение коэффициента f_e заполнения боковой части отвала

Толщина стружки в см	10	20	30
Значение коэффициента f_e	0,7	0,8	0,9

Форма профиля отвала также оказывает влияние на объем грунта в призме волочения. На рисунке 7.8 приведены три формы отвала. Профиль отвала типа А имеет постоянный радиус кривизны в нижней части, а в верхней изменяется и принимает параболический профиль. Профиль В имеет в верхней части постоянный радиус, а внизу параболическую форму.

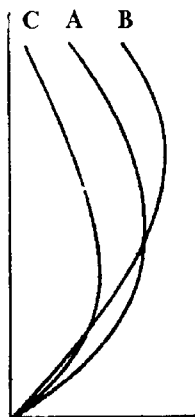


Рис. 7.8 Формы профиля отвала бульдозера: профиль А – постоянный радиус кривизны; профиль В – параболическая форма с уменьшением радиуса верхней части; профиль С – параболическая форма с уменьшением в нижней части

Влияние профиля отвала на объем призмы волочения, согласно данным Г. Кюна., приведено ниже.

Значение коэффициента p профиля отвала

Форма профиля	А	В	С
Значение коэффициента p	0,87	0,92	1,00

Значение коэффициента заполнения отвала для различных типов грунтов и различного профиля отвала приведено в таблице 7.3.

Столбец А – коэффициент заполнения отвала автогрейдера.

Столбец Б – коэффициент заполнения ковша скрепера.

Столбец С – коэффициент заполнения отвала бульдозера.

Столбец D – коэффициент заполнения ковша гусеничных и колесных погрузчиков.

Таблица 7.3.

Значение коэффициента f заполнения рабочего оборудования для различных грунтов.

Перемещаемый материал	А	В	С	D
Травяныс валки	0,7	0,65	0,80	0,75
Почвенный грунт	1,10	1,00	1,15	1,10
Песок сухой	0,65	0,70	1,10	0,90
Песок влажный	0,90	0,90	1,20	1,05
Гравий	0,75	1,00	1,15	1,10
Суглинок	1,15	1,10	1,10	1,10
Глина твердая	0,80	0,70	0,90	0,80
Мергель	1,00	0,75	1,00	0,90
Скала взорванная	0,55	-	0,75	0,75
Сланец	0,60	-	0,65	0,75

Время цикла T . Время цикла зависит главным образом от расстояния между площадкой загрузки и местом разгрузки, а также от дорожных условий и достигаемой при этом скорости движения машины. Скорость в значительной степени определяется и условиями работы оператора. Время цикла можно разделить на отдельные этапы:

$$T = t_{\text{пост.}} + t_{\text{пер.}} \quad (7.25)$$

где $t_{\text{пост}}$ – постоянная часть времени цикла на загрузку, разгрузку и реверсирование, с; $t_{\text{пер}}$ – переменная часть времени цикла на движение в загруженном и порожнем состоянии.

Постоянная часть времени $t_{пост}$ – это время, затрачиваемое на загрузку, разгрузку и включение передачи на два реверсирования.

Время разгрузки оканчивается тогда, когда грунт на площадке разгрузки распределен или уложен при помощи данного механизма.

Переменная часть цикла обычно имеет маятниковый характер (движение груженого и порожнего) с торможением, разгоном, равномерным движением между пунктами разгрузки и загрузки.

Переменная часть времени $t_{пер}$ включает время, затрачиваемое на движение машины.

$$T_{пер} = 0,06 \left(\frac{L_{заг}}{V_{заг}} + \frac{L_{пор}}{V_{пор}} \right), \text{ мин,} \quad (7.26)$$

где $L_{заг}$ – путь движения машины в загруженном состоянии, м; $L_{пор}$ – путь движения машины в порожнем состоянии, м; $V_{заг}$ – средняя скорость движения машины в загруженном состоянии, км/ч; $V_{пор}$ – средняя скорость движения машины в порожнем состоянии, км/ч.

Таблица 7.4.

Значение постоянной части времени

Время на разгрузку	от 0,1 до 0,2 мин.
Время на 2 поворота	от 0,1 до 0,3 мин.
Постоянная часть времени цикла	от 0,1 до 0,5 мин.

Движение в загруженном состоянии можно разделить на две фазы: копанье грунта и его перемещение. Первая фаза характеризуется изменением объема грунта перед отвалом и составляет обычно 8–10 м пути. Далее при перемещении грунта для пополнения его объема перед отвалом (часть грунта уходит в боковые валики), резание грунта происходит с малой толщиной стружки. Движение бульдозера на этом этапе происходит на более высокой скорости с использованием мощности двигателя на 75%. Возвращение машины после разгрузки происходит обычно задним ходом на более высокой скорости.

Средние скорости движения бульдозеров под нагрузкой и в порожнем состоянии (в км/ч) приведены ниже.

Скорости движения бульдозера

Характер загрузки	Гусеничный бульдозер	Колесный бульдозер
Движение в нагруженном состоянии, $V_{загр}$	2 до 4	4 до 8
Движение в порожнем состоянии, $V_{пор}$	4 до 6	10 до 15

Коэффициент использования k машины по времени зависит от ряда факторов. Главными из них являются техническое состояние машины, (т.к. часть времени она простаивает в ремонте), организация работы на строительной площадке, погодные условия, квалификация и заинтересованность оператора.

Значение коэффициента использования машины во времени приведено в таблице 7.6.

Таблица 7.6.

Значение коэффициента K_u использования машин по времени

Оборудование	Условия работы		
	хорошие	средние	плохие
Самоходный скрепер	0,92	0,83	0,75
Бульдозер:			
гусеничный	0,95	0,83	0,50
колесный	0,85	0,75	0,45
Погрузчик:			
гусеничный		0,91	
колесный		0,85	
Автогрейдер		0,80	
Транспортное средство	0,8	0,7	0,55

Пример расчета

Исходные данные. Верхний почвенный слой толщиной 25 см необходимо срезать и складировать. Расстояние перемещения 20 м.

Используемое оборудование: гусеничный бульдозер с двигателем мощностью 77 кВт, отвалом шириной $B = 3,51$ м и высотой $H = 0,97$ м,

форма профиля В с боковыми закрылками. Используемая скорость: 1 передача до 3,5 км/ч, 3 передача 12,2 км/ч.

Определение производительности.

Объем перемещаемого грунта перед отвалом.

$$V = 0,5H^2 \cdot B_c \cdot p$$

$$B_c = B \cdot f_e = 3,51 \cdot 0,85 = 2,98 \text{ м}; p = 0,92;$$

$$V = 0,5 \cdot 0,97^2 \cdot 2,98 \cdot 0,92 = 1,30 \text{ м}^3.$$

Степень наполнения отвала $f = 1,1$ (таблица 3.3 для почвы).

Время цикла

$$T = t_{\text{пост.}} + 0,06 \left(\frac{L_{\text{заг}}}{V_{\text{заг}}} + \frac{L_{\text{нф}}}{V_{\text{нф}}} \right), \text{ мин.}$$

$t_{\text{пост.}} = 0,4$ мин; (таблица 3.4); $V_{\text{полн}} = 0,75 \cdot 3,5 = 2,63$ км/ч; $V_{\text{нор}} = 0,6 \cdot 12,2 = 7,32$ км/ч (0,6 – степень загрузки двигателя).

$$T = 0,4 + 0,06 \left(\frac{20}{2,63} + \frac{20}{7,32} \right) = 1,02 \text{ мин}$$

Коэффициент использования машины во времени $k = 0,83$.

Эксплуатационная производительность

$$n = V \cdot f \cdot \frac{60}{T} \cdot k = 1,30 \cdot 1,10 \cdot \frac{60}{1,02} \cdot 0,83 \approx 70 \text{ м}^3/\text{ч}$$

для грунтов в естественном залегании.

7.4. Скреперы

Скрепером (рис. 7.9) называют землеройно-транспортную машину с рабочим органом в виде ковша, которая может производить послышное копание с набором грунта в ковш и грубым планированием разрабатываемой поверхности, транспортирование набранного грунта, его выгрузку с разравниванием и частичным уплотнением ходовыми колесами и возврат в забой в исходное положение.

Скреперы используют на земляных работах различных видов строительства для разработки грунтов I–IV категории (III–IV категории чаще всего в разрыхленном состоянии). Часто, особенно при работе на прочных грунтах, загрузка скреперов производится погрузчиком или экскаватором.

Скреперы выполняют в виде прицепных и полуприцепных конструкций к гусеничным и колесным тракторам или в виде самоходных

машин. Прицепные скреперы могут иметь двух- или одноосную конструкцию. У них масса скрепера и грунта передается на опорную поверхность почти целиком через колеса скрепера. У полуприцепных скреперов масса воспринимается колесами как скрепера, так и тягача. Целесообразная дальность транспортирования грунта зависит от подъездных путей и скоростных характеристик базовых тракторов. Обычно она не превышает 500–700 м для прицепных скреперов, 1000–2500 м для полуприцепных и 2500 м – для самоходных.

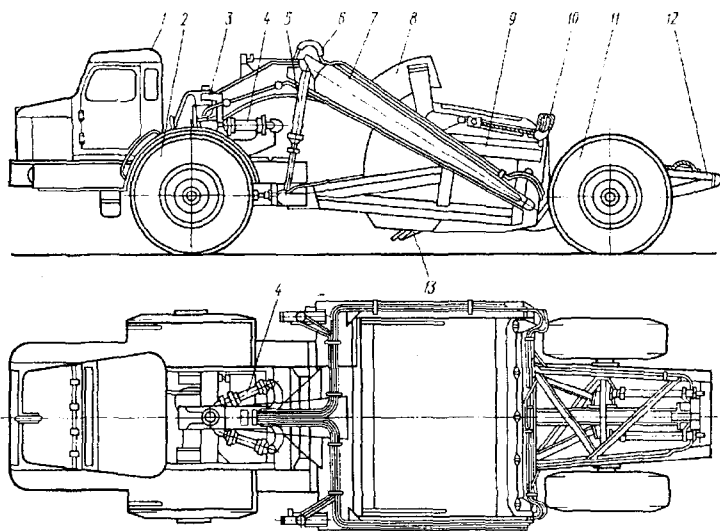


Рис. 7.9. Общий вид скрепера: 1 – кабина; 2 – колесо; 3 – седельно-цепное устройство; 4 – гидроцилиндры поворота; 5 – гидроцилиндры подъема ковша; 6 – поперечная балка; 7 – упряжные тяги; 8 – заслонка; 9 – ковш; 10 – задняя стенка; 11 – заднее колесо; 12 – задняя рама; 13 – нож.

Самоходные скреперы выполняют на базе одно- или двухосных колесных тягачей или в виде специализированных конструкций, например с дизель-электрическим приводом и мотор-колесами. Известны конструкции гусеничных самоходных скреперов, у которых ковш встроен между

гусеницами, а передняя заслонка может использоваться как бульдозерный отвал. Такие скреперы применяют в тяжелых условиях на грунтах с низкой несущей способностью. На базе одно- и двухосных тягачей создают также двухмоторные скреперы, у которых на задней скреперной оси установлен второй двигатель и трансмиссия (для привода задних колес), управление ими осуществляется из кабины тягача. Такие скреперы применяют для работы в тяжелых грунтовых и эксплуатационных условиях, например, при длительных подъемах в груженом состоянии, больших уклонах, слабой несущей способности грунта и т. д. Скреперы с ковшом большого объема снабжают спереди гидроуправляемыми сцепными устройствами и толкающей плитой, обеспечивающими быстрое соединение двух скреперов для их поочередной загрузки и разъединение для отдельной доставки грунта к месту выгрузки. Известны, кроме того, большегрузные скреперные поезда с двумя-тремя ковшами и всеми ведущими колесами, которые обычно создают на базе двухмоторных скреперов.

При обычной системе загрузки грунтом скреперы всех видов (прицепные, полуприцепные, двухмоторные самоходные и с дизель-электрическим приводом и всеми ведущими колесами), кроме скреперов со сцепкой для спаренной работы и скреперных поездов, обеспечивают самозагрузку только в легких грунтовых условиях. В остальных случаях для эффективной работы при загрузке надо применять толкач в виде бульдозера с усиленным отвалом, специальный бульдозер-толкач с отвалом укороченной длины, снабженным амортизаторами, или трактор – толкач с толкающими плитами, оборудованными амортизаторами. Одномоторные скреперы с обычной загрузкой используют только с толкачами, которые обычно работают в комплекте из четырех-пяти скреперов. Скреперы с принудительной загрузкой, обычно элеваторной, обеспечивают самозагрузку, но не могут работать при наличии в грунте больших камней и каменных включений.

Для прицепных и полуприцепных скреперов к гусеничным тракторам максимальные транспортные скорости обычно не превышают 10–15 км/ч, полуприцепных – 30–40 км/ч, самоходных – 50–60 км/ч. Практически достигаемые транспортные скорости движения скреперов часто не превышают 20–25 км/ч, даже для самоходных скреперов с рессорной подвеской колес. Только при тщательной подготовке транспортных путей и наличии подвески колес получают скорости выше указанных.

Скреперы классифицируют по объему ковша, способам загрузки и разгрузки, типу управления и другим конструктивным признакам. Прицепные скреперы имеют ковш с геометрической вместительностью 3–25 м³, полуприцепные – 4,5–25 м³, самоходные – 8–40 м³.

По способу загрузки разделяют скреперы с принудительной (транспортером – элеватором) и свободной (тяговым усилием) загрузкой.

По способу разгрузки разделяют скреперы со свободной разгрузкой вперед или назад, принудительной разгрузкой (обычно вперед) и полупринудительной вперед, назад или в середине, через щель. На скреперах с элеваторной загрузкой применяют принудительную разгрузку через сдвигаемое днище ковша путем выдвижения задней стенки. Наиболее распространена принудительная разгрузка, обеспечивающая возможность работы на влажных и липких грунтах.

Передние заслонки в скреперах гидравлически управляемые, с помощью которых можно регулировать зев между заслонкой и ножами. Для скреперов применяют гидравлическое управление.

Ножи на скреперах устанавливают по одной линии для проведения планировочных операций и с выступающей средней частью – для земляных работ, где такая установка обеспечивает лучшее заполнение, особенно в конце набора ковша.

Схема самоходного скрепера, представляющего собой комбинацию одноосного тягача с одноосным ковшовым прицепом, показана на рис. 7.9. Рабочим органом машины является ковш. Боковым стенкам и днищу ковша для усиления жесткости обычно придают коробчатую форму. Передняя балка обеспечивает жесткость всей конструкции, к ней присоединяют гидроцилиндры подъема и опускания ковша.

Ковши всех скреперов снабжают буферами – пространственными фермами коробчатого сечения, на которые воздействуют толкачи. К балкам фермы приваривают кронштейны для крепления оси задних колес. В буферах устанавливают направляющие балки, по которым на роликах передвигается задняя стенка. Ножи ковша изготавливают составными, что обеспечивает смену только одной части при затуплении и поломке. Режущую часть ножа наплавляют твердыми сплавами для повышения ее износостойкости. Для уменьшения сопротивления при разработке тяжелых грунтов ковши снабжают зубьями.

Тяговый расчет скрепера

Сопротивление, возникающее в конце наполнения, равняется сумме четырех сопротивлений:

$$W = W_m + W_p + W_n + W_n, \quad (7.27)$$

где W_m – сопротивление перемещению груженого скрепера; W_p – сопротивление резанию; W_n – сопротивление наполнению; W_n – сопротивление перемещению призмы волочения.

Сопротивление перемещению груженого скрепера определяется по формуле (7.28)

$$W_m = (G_c + G_z)(f \pm i), \text{ кН}, \quad (7.28)$$

где G_c – вес скрепера в кН; G_z – вес грунта в ковше в кН; f – коэффициент сопротивления передвижению; i – уклон поверхности движения.

Таблица 7.7

Значения коэффициента наполнения ковша скрепера k_n для различных грунтов

Грунт	Без толкача	С толкачом
Сухой рыхлый песок	0,5–0,7	0,8–1,0
Супесь и средний суглинок	0,8–0,9	1,0–1,2
Тяжелый суглинок и глина	0,6–0,8	0,9–1,2

Вес грунта в ковше скрепера $G_z = \frac{q\gamma_n k_n g}{k_p}$, (7.29)

где q – геометрическая вместимость ковша в м³; γ_n – плотность грунта в естественном залегании в кг/м³; k_n – коэффициент наполнения ковша грунтом (табл.7.7); g – ускорение свободного падения; k_p – коэффициент разрыхления грунта в ковше скрепера (табл. 7.8).

Таблица 7.8.

Значения коэффициента разрыхления грунта в ковше скрепера k_p для различных грунтов

Грунт	Влажность в %	Плотность грунта в естественном залегании в т/м ³	k_p
Сухой песок	–	1,5–1,6	1,0–1,2
Влажный песок	12–15	1,6–1,7	1,1–1,2
Легкая супесь	7–10	1,5–1,7	1,1–1,2
Супеси и суглинки	4–6	1,6–1,8	1,2–1,4
Средний суглинок	15–18	1,6–1,8	1,2–1,3
Сухой пылеватый суглинок	8–12	1,6–1,8	1,2–1,3
Тяжелый суглинок	17–19	1,65–1,8	1,2–1,3
Сухая глина	–	1,7–1,8	1,2–1,3

Соппротивление грунта резанию определяется по формуле:

$$W = kbh, \text{ кН}, \quad (7.30)$$

где k – удельное сопротивление резанию в $\text{кН}/\text{м}^2$, имеет следующие значения:

пески и слабые песчаные грунты	50–70
супеси и суглинки	80–100
тяжелые суглинки и глины	До 120

Принимать значения k свыше 100–120 $\text{кН}/\text{м}^2$ не рекомендуется, так как более плотные грунты необходимо предварительно разрыхлять.

При выборе величины h можно руководствоваться следующими данными:

q в м^3	6	10	15
h в см:			
для суглинка	4–6	8–10	12–14
для супеси	6–8	10–12	14–16

Полное сопротивление наполнению W'_n складывается из сопротивления силы тяжести поступающего в ковш грунта W''_n и сопротивления трению грунта в ковше W'''_n .

Сопротивление силы тяжести поднимаемого столба грунта определяется по формуле:

$$W''_n = bhH\gamma_c g, \text{ кН}, \quad (7.31)$$

где b – ширина резания в м; h – толщина стружки в м; γ_c – плотность грунта в $\text{кг}/\text{м}^3$; H – высота наполнения ковша в м.

Ориентировочные значения H следующие:

Вместимость ковша в м^3	< 3	6	10	15
Высота наполнения ковша H в м	1,00–1,13	1,25–1,5	1,8–2,0	2,3

Сопротивление трению W'''_n грунта по грунту в ковше возникает в результате давления боковых призм, располагающихся по обе стороны столба грунта при его перемещении в вертикальном направлении внутри ковша:

$$W'''_n = 2P\mu_2 = x b H^2 \gamma_c g, \text{ кН}, \quad (7.32)$$

где

$$x = \frac{\text{tg}\varphi_2}{1 + \text{tg}^2\varphi_2} = \frac{\sin\varphi_2}{2}; \quad (7.32)$$

φ_2 – угол внутреннего трения грунта.

Значения χ и угла внутреннего трения для различных грунтов приведены в табл.7.9.

Таблица 7.9.

Значения χ и угла внутреннего трения для различных грунтов

Грунт	Угол внутреннего трения φ_2 в град.	χ
Глина	14–19	0,24–0,31
Суглинок	24–30	0,37–0,44
Песок	35–45	0,46–0,50

Сопrotивление перемещению призмы волочения равно

$$W_n = ybH^2\gamma_c\mu_2g, \text{ кН} \quad (7.34)$$

где y – коэффициент объема призмы волочения перед заслонкой и ножами ковша, $y = 0,5-0,7$, наибольшее значение относится к сыпучим грунтам; H – высота наполнения, м; b – ширина резания, м; γ_c – плотность грунта в кг/м^3 ; $\varphi_2 = 0,3-0,5$ – коэффициент трения грунта по грунту (суглинки, пески).

Производительность скрепера как машины периодического (циклического) действия равна отношению среднего объема грунта, разрабатываемого за один рабочий цикл, к средней длительности цикла.

Продолжительность рабочего цикла $t_{\text{ц}}$ складывается из времени копания $t_{\text{кон}}$, движения с грунтом $t_{\text{д.г.}}$, разгрузки $t_{\text{р}}$, движения с порожним ковшом $t_{\text{д.п.}}$, переключения передач $n_{\text{пер}}t_{\text{пер}}$ ($n_{\text{пер}}$ – число переключений передач), поворотов $n_{\text{пов}}t_{\text{пов}}$ ($n_{\text{пов}}$ – число поворотов) и времени подхода толкача $t_{\text{тол}}$:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{кон}} + t_{\text{д.г.}} + t_{\text{р}} + t_{\text{д.п.}} + n_{\text{пер}}t_{\text{пер}} + n_{\text{пов}}t_{\text{пов}} + t_{\text{тол}}. \quad (7.35)$$

Интервалы времени $t_{\text{кон}}$, $t_{\text{д.г.}}$, $t_{\text{р}}$, $t_{\text{д.п.}}$ вычисляются по длине соответствующих участков пути и скорости движения скрепера. Часть интервалов времени рабочего цикла принимают на основании опытных данных.

По мере увеличения объема перевозимого грунта удельная стоимость транспортирования уменьшается, поэтому затраты времени на набор в ковш дополнительного количества грунта могут быть оправданы при необходимости транспортировать его на большое расстояние. При перевозке грунта на небольшие расстояния (200–300 м) более экономичным может быть наполнение ковша всего на 80–90% номинальной вместимости.

Большое значение имеет вопрос взаимодействия скрепера с толкачом. Эффективность самозагружающихся скреперов снижается по мере удлинения пути транспортирования грунта, когда уменьшается влияние простоев из-за ожидания толкача. При больших расстояниях транспортирования целесообразно использовать самоходные скреперы, обладающие высокой маневренностью, способностью преодолевать крутые подъемы и двигаться с большой скоростью по дорогам с плохой проходимостью. Но для ускорения набора грунта в этом случае нужны и мощные толкачи (гусеничные тракторы с бульдозерным отвалом или специальной буферной плитой, колесные толкачи).

Толкачи должны иметь бесступенчатую трансмиссию для плавного подъезда к скреперу и предотвращения отрыва от него во время набора грунта.

На тяжелых грунтах и при больших расстояниях транспортирования грунта применяют два последовательно движущихся толкача.

7.5. Грейдеры и автогрейдеры

Грейдеры предназначены для выполнения профилировочных работ и отделки земляного дорожного полотна. Кроме того, их применяют для возведения невысоких насыпей из боковых резервов, устройства террас на косогорах, корыта в дорожном полотне, срезки и планировки откосов, выемок и насыпей, общей планировки участка, перемешивания гравия и щебня с вяжущими материалами при строительстве горной дороги. В зимнее время грейдеры используются для расчистки дорог для сгребания снега в отвалы перед погрузкой его в транспорт для снегозадержания на полях.

Так как грейдеры оснащают различным сменным дополнительным оборудованием (плужные снегоочистители, бульдозерный отвал, рыхлитель и т.д.), область их применения расширяется.

Грейдеры бывают прицепными (работающими в сцепе с гусеничными тракторами) и самоходными. Последние называются автогрейдерами.

Грейдеры классифицируют по массе и мощности, типу колесной схемы и трансмиссии, управлению рабочим органом.

Конструктивную компоновку автогрейдеров классифицируют по типу мостов с управляемыми и ведущими колесами и общему числу мостов. Наиболее распространенной является колесная схема (формула) $1 \times 2 \times 3$, т. е. автогрейдер имеет одну ось управляемую, две ведущие с общим числом осей три.

Общее устройство автогрейдера показано на рис. 7.10. Двигатель, тяговая рама, поворотный круг с отвалом и кирковщиком, дополнитель-

ное рабочее оборудование, механизмы управления рабочими органами и рулевого управления, а также кабина расположены на основной раме. Основная рама опирается в одной точке на передний мост и в двух точках – на задний. Силовая передача от двигателя на ходовую часть автогрейdera осуществляется через соединительную муфту, коробку передач, задний мост и редуктор балансиров. Ходовая часть автогрейdera состоит из четырех приводных задних пневмоколес и двух приводных или неприводных управляемых передних колес. Задние колеса с каждой стороны машины попарно объединены балансирными балками. Такое соединение позволяет колесам не отрываться от опорной поверхности при наезде одного из колес на препятствия, т. е. машина опирается постоянно на все шесть колес независимо от рельефа местности. Для изменения направления движения передние колеса могут поворачиваться в плане с помощью рулевой трапеции. Для повышения устойчивости движения при работе с косоустановленным отвалом эти колеса могут отклоняться в боковом направлении.

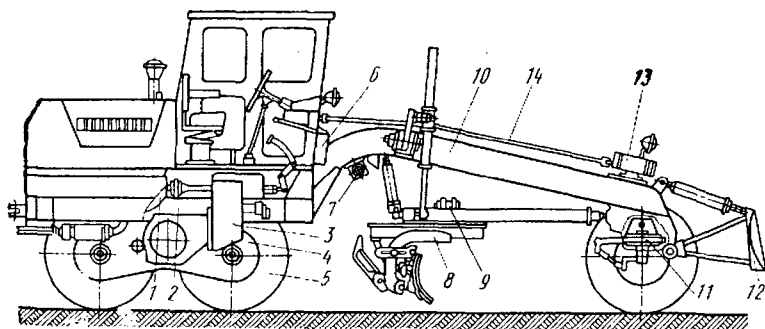


Рис.7.10. Общий вид автогрейdera: 1 – двигатель; 2 – соединительный вал; 3 – коробка передач с задним мостом; 4 – балансир; 5 – колесо; 6 – распределительное устройство; 7 – гидрораспределитель; 8 – рабочие органы; 9 – гидромотор привода поворотного круга; 10 – основная рама; 11 – передний мост; 12 – бульдозерное оборудование; 13 – рулевой механизм; 14 – карданный вал.

Рабочий орган – отвал через кронштейны и поворотный круг закрепляют на тяговой раме. Последнюю располагают под хребтовой бал-

кой и соединяют с ней в передней части универсальным шарниром, а в задней с помощью гидравлических цилиндров, подвешенных к хребтовой балке. Два гидравлических цилиндра, работающих независимо один от другого, обеспечивают подъем передней части тяговой рамы и ее перекос, а гидроцилиндр выноса – ее вынос в сторону от продольной оси автогрейдера. Вращением поворотного круга автогрейдера с жестко закрепленными кронштейнами обеспечивается установка отвала в плане. Благодаря такой подвеске отвал может быть установлен горизонтально или наклонно к вертикальной плоскости, под любым углом наклона в плане, располагаться в полосе колеи машины или быть вынесенным за ее пределы, быть опущенным ниже уровня поверхности, по которой перемещается машина, или поднятым над ней.

Производительность автогрейдеров

Автогрейдеры используются в дорожном строительстве для выполнения планировочных работ, нарезания кюветов, приготовления путем смешивания на полотне дороги асфальтобетонных смесей, вырезания и перемещения грунта.

Эксплуатационная производительность автогрейдера при вырезании и перемещении грунта, смешивании материала на полотне дороги определяется по формуле:

$$n_v = \frac{b \cdot h \cdot v \cdot k_g}{n} \cdot 1000, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (7.36)$$

При планировании дороги

$$n_F = \frac{b \cdot v \cdot k_g}{n} \cdot 1000, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (7.37)$$

При нарезании кюветов

$$n_F = \frac{v \cdot k_g}{n} \cdot 1000, \quad (7.38)$$

где h – средняя толщина вырезаемой стружки. При треугольной стружке $h = \frac{2F}{b}$, м; F – площадь вырезаемой стружки, м; b – ширина вырезаемой стружки, м; v – рабочая скорость движения машины, км/ч; n – число проходов по одному месту; k_g – коэффициент использования машины во времени.

Толщина (площадь) вырезаемой стружки определяется, исходя из свободной силы тяги машины по двигателю. При выполнении тягового

расчета машины сумма всех сопротивлений при работе автогрейдера, за исключением сопротивления движению, приравнивается свободной силе тяги и полученное уравнение решается относительно h .

Ширина вырезаемой стружки определяется с учетом угла установки отвала в плане относительно продольной оси машины. Угол установки отвала в плане принимают равным 60° . Ширина резания тогда будет

$$b = B \cdot \sin a,$$

где B – ширина отвала.

При этом должна учитываться и ширина перекрытия, которая равна 20–30 см.

Рабочая скорость V движения машины определяется с учетом технической характеристики машины и для различных видов работ принимается равной:

Нарезание кюветов, резание и перемещение грунта	2–3 км/ч;
Распределение материала на полотне дороги, планировка	5–6 км/ч;
Смешивание грунта и окончательная планировка	8–9 км/ч;
Очистка от снега	10–15 км/ч.

Число проходов по одному и тому же месту n зависит от вида выполняемых работ, например, при очистке дороги от снега $n = 1$.

При нарезании кюветов число проходов зависит от площади профиля кювета, при этом после одного прохода по вырезанию грунта из кювета второй должен быть по перемещению этого грунта на полотно дороги.

В среднем при планировке строящейся дороги $n = 3–4$.

Значение коэффициента использования машины по времени приведено в таблице 7.6.

Следует отметить что, если автогрейдер работает очень часто в комплекте с другими машинами, например бульдозерами, самосвалами, катками, то его производительность через коэффициент использования машины по времени зависит от производительности всего комплекта.

Пример расчета. Исходные данные: строится дорога, на которую завозится автосамосвалами песок. Он должен быть уложен на толщину в 30 см за два прохода, затем профилирован за три прохода. Для этой цели используется автогрейдер с мощностью двигателя 135 кВт и отвалом длиной 3,66 м.

Ширина полосы $b = 3,66 \cdot \sin 60^\circ = 3,12 \text{ м}$.

Толщина слоя распределения в разрыхленном состоянии 30 см, в плотном — $h = 0,3 \cdot 0,89 = 0,27$ м (таблица 7.8) для сухого песка.

Рабочая скорость $v_1 = 5$ км/ч для перемещения грунта и $v_2 = 8$ км/ч для планировки.

Число проходов по одному месту $n_1 = 2$; $n_2 = 3$.

Коэффициент использования машины по времени $k_g = 0,7$.

Производительность машины по перемещению грунта

$$n_v = \frac{h \cdot b \cdot v_1 \cdot k_g}{n_1} \cdot 1000 = \frac{0,27 \cdot 2,97 \cdot 5 \cdot 0,7}{2} \cdot 1000 = 1400 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Производительность по планировке

$$n_v = \frac{b \cdot v_2 \cdot k_g}{n_2} \cdot 1000 = \frac{2,97 \cdot 8 \cdot 0,7}{3} \cdot 1000 = 5530 \text{ м}^2/\text{ч}$$

7.6. Грейдер-элеваторы

Грейдер-элеватор (рис. 7.11) разрабатывает (срезает) грунт послойно и отсыпает его в отвал или в транспортные средства.

Принципиальной особенностью этой машины является то, что грунт, отделяемый от массива, попадает на транспортирующее устройство — конвейер, при помощи которого он подается в транспортные средства или в отвал. Это выгодно отличает грейдер-элеваторы от других землеройно-транспортных машин, так как расход энергии на транспортирование грунта конвейером значительно меньше, чем на заполнение грунтом скрепера и бульдозера, где в процессе перемещения грунта значительное количество энергии расходуется на трение грунта о грунт.

Грейдер-элеватор состоит из ходовой части, основной рамы, плужной балки, рабочего органа, ленточного конвейера, трансмиссии, привода конвейера, силовой установки и механизмов управления.

По типу рабочего органа грейдер-элеваторы разделяют на машины с дисковыми ножами, которые могут быть поворотными или неповоротными, с прямыми ножами и с криволинейными (струги). Диаметры таких ножей составляют от 600 до 1000 мм.

По расположению конвейера грейдер-элеваторы разделяют на машины с поперечным или диагональным расположением конвейера, с одним или двумя поворотными конвейерами и с грунтометателем.

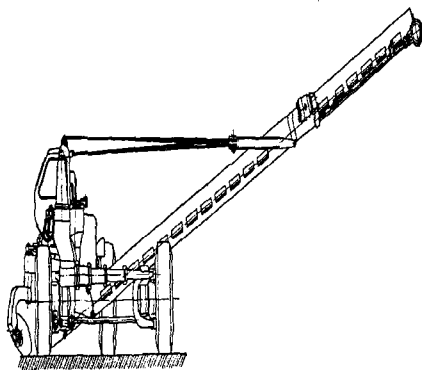


Рис. 7.11. Общий вид грейдер-элеватора.

В зависимости от ходового оборудования и тягового средства грейдер-элеваторы могут быть прицепные (на пневматическом ходу), полуприцепные к гусеничным тракторам, навесные в виде сменного оборудования к автогрейдерам и самоходные (с собственной ходовой частью с использованием одноосных тягачей).

Грейдер-элеваторы применяют при строительстве дорог, постройке оросительных каналов, возведении дамб, валов, земляных плотин, разработке карьеров в равнинной местности и грунтов без значительных включений. При использовании транспорта с помощью таких машин устраивают высокие насыпи с выемкой грунта из боковых резервов или карьеров, разрабатывают глубокие и широкие выемки.

Наиболее эффективно используют грейдер-элеваторы при разработке связных грунтов.

На сыпучих и сырых (с влажностью более 25%) грунтах производительность их невысокая.

Грунты I–III категорий грейдер-элеватор разрабатывает без предварительного рыхления, грунты IV категории должны предварительно разрыхляться. Мерзлые грунты, глубина промерзания которых больше 0,15 м, должны предварительно разрыхляться на всю глубину. При работе на неразрыхленном грунте производительность грейдер-элеватора падает вследствие ухудшения подачи кусков грунта на конвейер.

Для производительной работы грейдер-элеваторов требуется, чтобы поперечный уклон не превышал 18°.

Грейдер-элеватор состоит из ходовой части, основной рамы, плужной балки, рабочего органа, ленточного конвейера, трансмиссии, привода конвейера, силовой установки и механизмов управления.

Ввиду отмеченных значительных ограничений применения этих машин, широкого распространения они не получили.

7.7. Экскаваторы одноковшовые

7.7.1. Назначение и общее устройство экскаваторов

Назначение. *Экскаватор* (от лат. *excavo* – долблю, выдалбливаю) – основной тип выемочно-погрузочных машин, применяемых для производства земляных работ и добычи полезных ископаемых при открытой разработке месторождений.

Все экскаваторы разделяются на две группы: одноковшовые периодического или циклического действия и многоковшовые – непрерывного действия. Обе эти группы экскаваторов широко применяются и в мелиорации.

Одноковшовый экскаватор (рис. 7.12) состоит из трех основных частей: ходового устройства, поворотной платформы и рабочего оборудования.

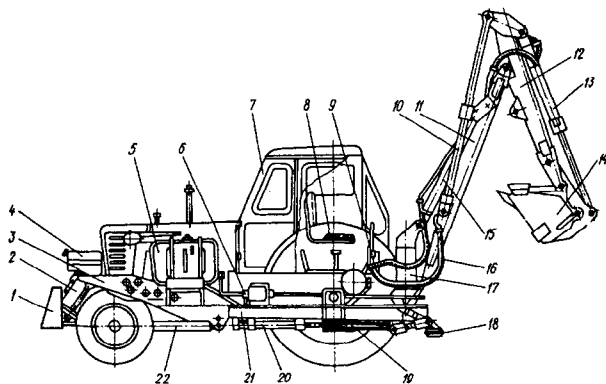


Рис.7.12. Общий вид одноковшового экскаватора: 1 – отвал; 2 – гидроцилиндр подъема отвала; 3 – рама; 4 – бак топливный; 5 – гидробак; 6 – рама; 7 – кабина; 8 – сиденье; 9 – шланги; 10 – гидроцилиндр рукояти; 11 – стрела; 12 – рукоять; 13 – гидроцилиндр ковш; 14 – ковш; 15 – гидроцилиндр стрелы; 16 – гидрошланг; 17 – стойка; 18 – аутригер; 19 – рама; 20 – кардан; 21,22 – рамы

Ходовое устройство предназначено для передвижения экскаватора и бывает гусеничным, пневмоколесным, шагающим. В мелиорации наибольшее распространение получили экскаваторы на гусеничном ходу, при котором обеспечивается большая проходимость и устойчивость машины.

Экскаваторы на пневмоколесном ходу более подвижны, чем гусеничные, и используются для обслуживания небольших строительных объектов, при частой смене места работы.

Для рытья больших каналов, а также на вскрышных работах при добыче полезных ископаемых используются экскаваторы с шагающим ходовым устройством.

Поворотная платформа представляет собой раму большой жесткости и может свободно вращаться вокруг вертикальной оси. На ней крепятся основные механизмы экскаватора, силовая установка (двигатель) и рабочее оборудование. Если вращение поворотной платформы не ограничено в обе стороны на любой произвольный угол, экскаватор называется *полноповоротным*. Если же угол поворота ограничен (меньше полного поворота), экскаватор называется *неполноповоротным*. У таких экскаваторов поворачивается только рабочее оборудование, поворотной платформы у них нет.

Рабочим оборудованием называется часть экскаватора, предназначенная для выполнения определенной работы: копания грунта, подъема и переноски грузов или сыпучих материалов, забивки свай, планировки и т. д. Основные части рабочего оборудования (рис. 7.14): рабочий орган, стрела, система канатов у канатно-блочных или гидросистема у гидравлических экскаваторов. Рабочий орган (ковш, крюк, гидромолот и др.) – это часть рабочего оборудования, с помощью которой непосредственно выполняется работа.

Если один и тот же экскаватор в зависимости от рода выполняемой работы может использоваться с различными видами рабочего оборудования (рис. 7.17), его называют универсальным. Прямая лопата, обратная лопата, драглайн и кран (рис. 7.17, а, б, в, г) считается основным оборудованием, так как используются наиболее часто. При выполнении мелиоративных работ в основном применяется драглайн и обратная лопата.

7.7.2. Классификация одноковшовых экскаваторов и система их индексации

Классификация. Одноковшовые экскаваторы классифицируются по следующим основным признакам.

По эксплуатационному назначению: *строительные универсальные, карьерные, вскрышные, специальные.* В строительстве рассматриваются наиболее распространенные универсальные экскаваторы.

По типу ходового устройства: гусеничные (Г) и гусеничные с увеличенной поверхностью гусениц (ГУ), предназначенные для работы на грунтах с низкой несущей способностью; пневмоколесные (П); на базе трактора (Тр); на специальном шасси (СШ) и на шасси автомобиля (А).

По исполнению рабочего оборудования: с гибкой (канатной) подвеской; с жесткой подвеской (элементы рабочего оборудования приводятся в движение гидроцилиндрами); с телескопической стрелой.

По приводу механизмов: одномоторные, многомоторные.

По типу силовых передач (приводу) экскаваторы делятся на механические и гидравлические.

По массе и мощности экскаваторы делят на размерные группы, каждой из которых соответствует набор ковшей разной вместимости.

В основу индексации (лат. *index* – указатель) экскаваторов выпуска до 1971 года положена была только вместимость основного ковша. Например, Э-652Б – экскаватор с ковшом вместимостью 0,65 м³, модель вторая, вторая модернизация; Э-10011Е – экскаватор с ковшом вместимостью 1,00 м³, первая модель, пятая модернизация.

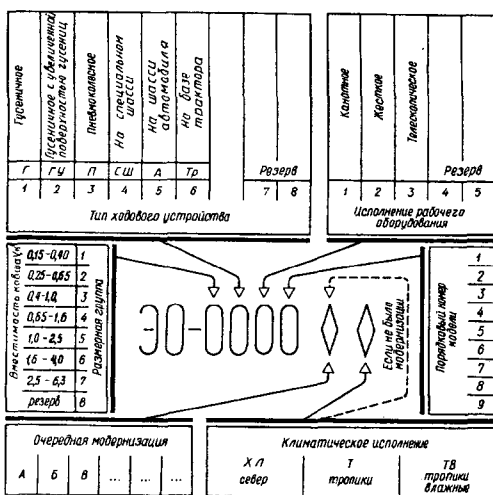


Рис. 7.13. Структура индекса экскаватора

Действующая система индексации (рис. 7.13) одноковшовых универсальных экскаваторов (ЭО) посредством четырех цифр индекса классифицирует экскаваторы по размерным группам (первая цифра), типам

ходового устройства (вторая цифра) и исполнению рабочего оборудования (третья цифра). Четвертая цифра – порядковый номер модели. Буквы (А, Б, В, ..., Е) обозначают очередную модернизацию, а специальное климатическое исполнение машины обозначается: ХЛ – северное исполнение, Т – тропическое, ТВ – для влажных тропиков. Например, ЭО-3311Г – экскаватор одноковшовый 3-й размерной группы, вместимость ковша 0,4–1,0 м³ (в зависимости от грунта и вида рабочего оборудования), на пневмоколесном ходу с канатной подвеской рабочего оборудования, первой модели, четвертой модернизации.

В настоящее время наряду с новыми продолжают оставаться в эксплуатации некоторые экскаваторы с прежними индексами.

7.7.3. Одноковшовые экскаваторы с гибкой подвеской ковша.

У экскаваторов с гибкой подвеской ковша привод рабочего оборудования осуществляется с использованием канатно-блочной системы управления.

Рабочее оборудование экскаваторов с прямой и обратной лопатой состоит из рабочего органа, стрелы и рукояти. Рабочее оборудование экскаваторов с драглайном и грейфером не имеет рукояти, а ковш подвешивается к стреле на канате при помощи специальной упряжи. К рабочему оборудованию относятся также блоки, направляющие устройства и канаты, которые передают движение различным элементам рабочего оборудования.

Одноковшовые экскаваторы снабжаются сменным рабочим оборудованием, которое может быть использовано не только для выполнения земляных работ, но и при вспомогательных и подготовительных: валке и корчевке леса, забивке свай, уплотнения дорожных покрытий, монтаже и погрузочно-разгрузочных работах.

Если на экскаваторе может быть установлено хотя бы три вида сменного оборудования – прямая лопата, обратная лопата и драглайн, то такие экскаваторы можно снабжать и другими видами рабочего оборудования и их называют универсальными. Чаще других в комплект сменного рабочего оборудования входят прямая и обратная лопата, драглайн, грейфер, кран. Привод рабочего оборудования осуществляется при помощи лебедок через канатно-блочную систему.

Различные виды сменного рабочего оборудования показаны на рис. 7.17.

Экскаваторы, оборудованные прямой лопатой, наиболее распространены. Они работают на одном месте и разрабатывают последовательно

забой выше уровня стояния машины по всей высоте забоя, поворачиваясь вокруг своей оси и разгружая грунт в транспорт или в отвал.

На рис. 7.14 приводится общая схема экскаватора, оборудованного прямой лопатой. Ковш внедряется в грунт на определенную глубину и отделяет грунт от массива. При этом ковшу необходимо задать нормальное и касательное движение относительно профиля забоя. Ковш крепится жестко на рукояти. Рукоять закреплена на стреле таким образом, что ее можно легко поворачивать вместе с ковшем вокруг оси как по часовой, так и против часовой стрелки. Эта ось называется осью напорного вала. Поднимается ковш за счет усилия в подъемном канате, а опускается под действием силы тяжести. Кроме возможности поворота вокруг оси рукоять может перемещаться возвратно-поступательно вдоль своей оси для внедрения в грунт и для установки рукояти с ковшем в исходное положение. Это достигается специальными напорными механизмами.

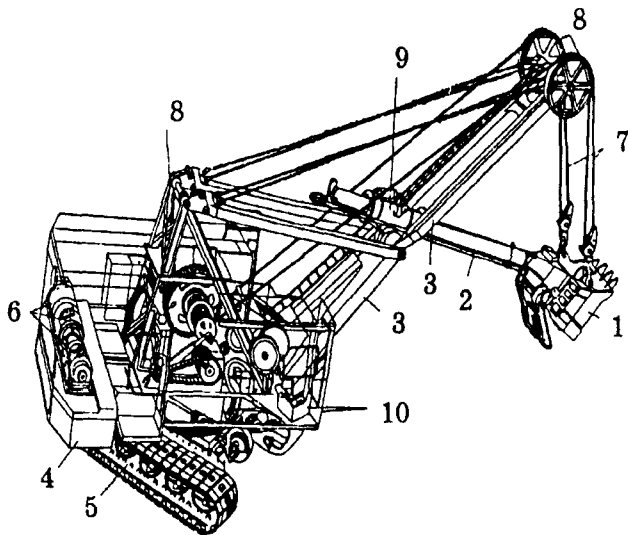


Рис. 7.14. Одноковшовый экскаватор:

- 1 — ковш; 2 — рукоять; 3 — стрела; 4 — поворотная платформа; 5 — ходовое оборудование; 6 — силовое оборудование; 7 — подъемные канаты; 8 — двуногая стойка; 9 — седловой подшипник; 10 — пульт управления.

Напорные механизмы в экскаваторах выполняются по различным схемам зависимого, независимого и комбинированного механизма. По способу передачи движения на рукоять их подразделяют на зубчато-реечные и канатные. В зубчато-реечных механизмах передача движения рукояти осуществляется шестерней, закрепленной на валу седлового подшипника, установленного на стреле. Шестерня находится в зацеплении с зубчатой рейкой, приваренной или прикрепленной болтами к рукояти.

Процесс работы экскаватора с прямой лопатой происходит следующим образом. При одновременном действии механизмов подъема и напора ковш, перемещаясь из положения I в положение IV, срезает стружку грунта и наполняется, после чего рукоять втягивается и одновременно стрела поворачивается на выгрузку. Во время поворота совместным движением подъема и напора ковш занимает положение, отвечающее месту выгрузки. Операция копания занимает в среднем 25–30% всей продолжительности цикла. Толщина срезаемой стружки регулируется напорным механизмом так, чтобы можно было вести работу на наиболее выгодном режиме с использованием всей мощности двигателя механизма подъема. При правильной работе ковш врезается в грунт «с ходу», а траектория в первой части II–III забоя почти горизонтальна. В начале копания скорость имеет наибольшее значение, по мере наполнения ковша и не позднее, чем по достижении зубьями высоты, равной высоте напорного вала (положение IV), она снижается до нуля. В целях уменьшения сопротивления копанью в связных плотных грунтах каждая последующая стружка снимается так, чтобы ковш на 8–15 см перекрывал след от ранее снятой. При этом одна из боковых стенок ковша исключается из процесса копания, т. е. происходит полублокированное резание.

Основной задачей в процессе копания является заполнение ковша в минимальное время, что возможно при наиболее рациональных условиях и использовании номинальной мощности двигателя. Кроме того, необходимо задавать определенные скорости напора и подъема ковша. Эти скорости взаимозависимы, и для получения наиболее выгодной траектории ковша требуется их определенное соотношение, изменяющееся в соответствии с положением ковша относительно напорного вала. По мере подъема ковша толщина стружки увеличивается и достигает максимального значения на высоте, при которой режущая кромка находится на уровне напорного вала. Поэтому по мере увеличения толщины стружки и подъема ковша необходимо уменьшить скорость напора.

Операция поворота с груженым и порожним ковшом занимает от 40 до 85% продолжительности цикла (в среднем 60–85%). Поворот

включается одновременно с выходом ковша из забоя, который производится без остановки подъемного движения втягиванием ковша, чтобы уменьшить при разгоне момент инерции вращающейся части экскаватора, а также снизить износ опорно-поворотного устройства.

Выгрузка производится в момент окончания поворотного движения и начала поворота в забой. Таким образом, она производится частично или полностью «на ходу» при совмещении части операции с поворотом. Поворот в забой обычно начинается еще во время выгрузки и сопровождается втягиванием и опусканием ковша в место, назначенное для нового копания. Максимальная скорость опускания ковша составляет 2–3 м/с.

В настоящее время среди канатно-блочных экскаваторов чаще применяют оборудованные драглайном в качестве рабочего органа. Ковш драглайна подвешивается к рабочему оборудованию на канатах. Такая машина работает ниже уровня стоянки и по направлению к экскаватору, т. е. «на себя», преимущественно в отвал. По сравнению с прямой и обратной лопатами у драглайна значительно больше (до 50%) глубина копания, высота выгрузки и радиус копания.

На рис. 7.15 приводится схема драглайна. Вместимость стандартного ковша обычно равна или несколько больше вместимости ковша прямой лопаты. Управление операциями внедрения ковша в грунт, копания, выгрузки в драглайне осуществляется с помощью канатов, прикрепленных к ковшу. На рис. 7.16 показаны ковш драглайна и схема крепления к нему канатов. Ковш драглайна имеет форму совка, он открыт спереди и сверху. Арка, связывающая спереди стенки ковша, придает ему жесткость и служит для крепления разгрузочного каната.

Для обеспечения заполнения и разгрузки ковша арку и боковые стенки делают часто расширяющимися вверх под углом 5–8°, днище — сужающимся к задней стенке под таким же углом. Для работы в крепких грунтах задняя стенка выполняется ниже, в мягких выше. В комплект ковша входит упряжь, которая состоит из тяговых цепей. Они крепятся к канату и к боковым стенкам ковша с помощью проушин. Для предохранения цепей от истирания служит распорка: к арке ковша на шарнире закреплен ковш, а к нему разгрузочный канат, переброшенный через опрокидной блок. Тяговый канат соединен с тяговыми цепями, а они, в свою очередь, — с ковшом. Ковши драглайнов выполняют с зубьями или без зубьев с полукруглой режущей кромкой. Ковши с полукруглой режущей кромкой обеспечивают хорошее заглубление рабочего органа. Тяговый канат поступает на ловитель, установленный на пово-

ротной платформе, который обеспечивает очистку каната от грунта и направление его на барабан лебедки.

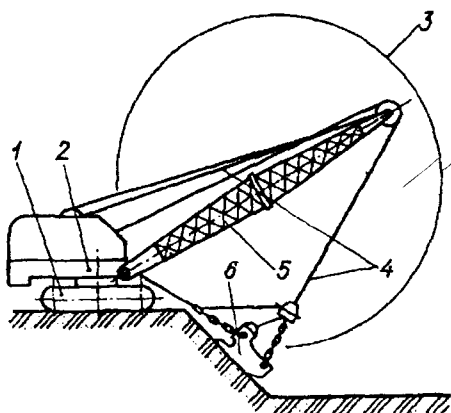


Рис. 7.15. Экскаватор с драглайном:

1 - ходовое оборудование; 2 - платформа; 3 - рабочее оборудование; 4 - трос; 5 - стрела; 6 - ковш

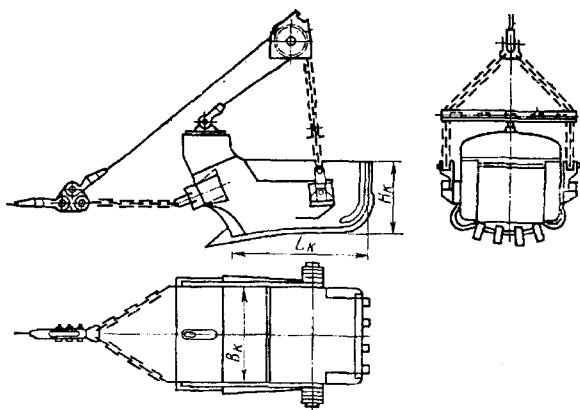


Рис. 7.16. Конструкция ковша драглайна

7.7.4. Экскаваторы с гидравлическим приводом

Гидравлический привод позволяет преобразовать крутящий момент, передаваемый от приводного двигателя к рабочему и ходовому оборудованию экскаватора, с помощью рабочей жидкости, без громоздких механических передач. Благодаря более совершенной кинематике рабочего оборудования, малой скорости, большому усилию, реализуемому гидроцилиндром, и при одинаковом с механическим экскаватором шасси гидравлические экскаваторы имеют большую вместимость ковша, значительно расширенные и улучшенные технологические возможности. Нормализация и унификация элементов гидропривода позволяют значительно уменьшить номенклатуру запасных частей для парка эксплуатируемых машин, что, в свою очередь, приводит к сокращению времени, необходимого на техническое обслуживание, улучшению условий труда и повышения его производительности. Использование гидропривода позволяет получить на зубьях ковша усилия, в 3–4 раза превышающие, развиваемые подобным оборудованием канатных машин такой же мощности и массы. Это резко расширило область их применения.

Конструктивно-кинематическая схема рабочего оборудования гидравлического экскаватора обеспечивает жесткую передачу усилия при любом движении ковша, что обеспечивает точность движения рабочего органа и возможность изменения скорости движения рабочего органа, недостижимых при канатных системах. Ввиду того, что рабочие цилиндры должны перемещаться вместе с рабочими органами, подводка трубопроводов к цилиндрам в основном осуществляется гибкими шлангами. Сложное силовое управление механическими передачами при этом заменялось легким управлением золотниками, изменяющими направление движения жидкости, подаваемой насосом высокого давления в рабочие цилиндры. Механические передачи, насчитывающие в экскаваторах тысячи деталей, заменяются несколькими десятками элементов. Отсюда следует, что главной особенностью гидравлического экскаватора является малое количество элементов трансмиссии и механизма привода рабочего оборудования.

Устройство экскаваторов. Гидравлические экскаваторы могут работать с различным рабочим оборудованием: прямой лопатой, погружным оборудованием, обратной лопатой, грейфером. На рис. 7.17 приведены схемы экскаваторов с различным оборудованием. Экскаватор состоит из поворотной платформы, противовеса, кабины, стрелы, гидроцилиндров подъема и опускания стрелы, опорно-поворотной платформы и ходового устройства. На опорно-поворотной платформе экскаватора мон-

тируется двигатель внутреннего сгорания, гидростанция, кабина с вынесенными в нее рукоятками и педалями управления. Спереди кабины шарнирно крепится рабочее оборудование. Для обеспечения устойчивости устанавливается противовес. Поворот платформы осуществляется при помощи гидродвигателя. К поворотной платформе крепится подвижная часть центрального масляного коллектора, через который рабочая жидкость попадает к гидромоторам ходового устройства.

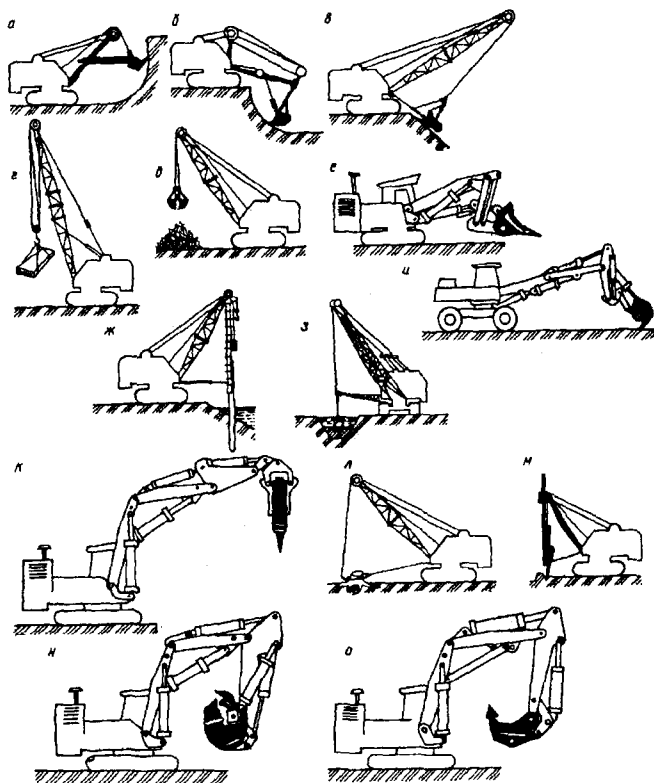


Рис. 7.17. Схемы экскаваторов с различными видами рабочего оборудования: а — прямая лопата; б — обратная лопата; в — драглайн; г — кран; д — грейфер; е — погрузчик; ж — копер; з — боковой драглайн; и — планировщик; к — гидромолот; л — корчеватель; м — дизель-молот; н — захватно-лицевое оборудование с рыхлителем; о — рыхлитель.

На колесных экскаваторах устанавливают аутригеры, обеспечивающие разгрузку ходового устройства при выполнении рабочих операций, улучшение устойчивости машины.

Экскаваторы с гидравлическим приводом могут разрабатывать грунты I–IV категорий, а иногда и выше. Погрузочная лопата может разрабатывать грунт путем срезания ступенчатой стружки, копанием на месте путем поворота ковша выше уровня стояния, производить копание ниже уровня стояния, планировку площадки.

Обратная лопата, как и погрузочная, может копать грунт за счет движения ковша по любой траектории путем поворота ковша, рукояти, стрелы или совмещая эти движения. Обратной лопатой возможно производить разработку грунта как выше уровня стояния, так и ниже.

Работа выше уровня стояния позволяет повысить разрушающую способность лопаты вследствие возможности увеличения силы копания как за счет массы рабочего оборудования, так и за счет массы скалываемого грунта.

Работа обратной лопатой ниже уровня стояния начинается рытьем траншеи или котлована с постепенным его углублением, а затем работают наклонными стружками, реже проходят вертикальными стружками сразу на всю глубину.

Разгрузку ковша обратной лопаты выполняют обычно поворотом ковша: лобовая стенка при этом наклоняется на $50\text{--}55^\circ$ к горизонту. В липких грунтах приходится встряхивать ковш для полной разгрузки или применять более сложный ковш с принудительной разгрузкой.

Основные конструкции ковшей обратных лопат показаны на рис. 7.18. Как правило, в отличие от более прямоугольных прямых лопат все ковши обратной лопаты имеют полукруглую форму. Это объясняется тем, что они двигаются по более пологим траекториям, и стружка, перемещаясь по такому ковшу, имеет меньшее сопротивление перемещению. При копании прямой лопатой в конце процесса наполнения траектория движения ковша более крутая и грунт осыпается в ковш под действием веса.

Достаточно широко используют грейферное и захватное оборудование. Для мягких материалов применяют захваты без зубьев, а для более прочных используются с зубьями, для камней и штучных твердых грузов многолопастные, для выполнения с/х работ – вилочные. Используют грейферы и при копании колодцев, наращивая при этом рабочий орган.

На гидравлических экскаваторах может устанавливаться крановое оборудование (зачастую к задней стенке ковша крепят крюк), гидравлические и пневматические молоты для разрушения камней, дорожной одеж-

ды, скалы, сверла для бетона и скалы, рыхлящие зубья, трамбовки, оборудование для свайных работ, валки леса, срезки деревьев, уборки дворов, стрижки кустарника, сколки льда и др.

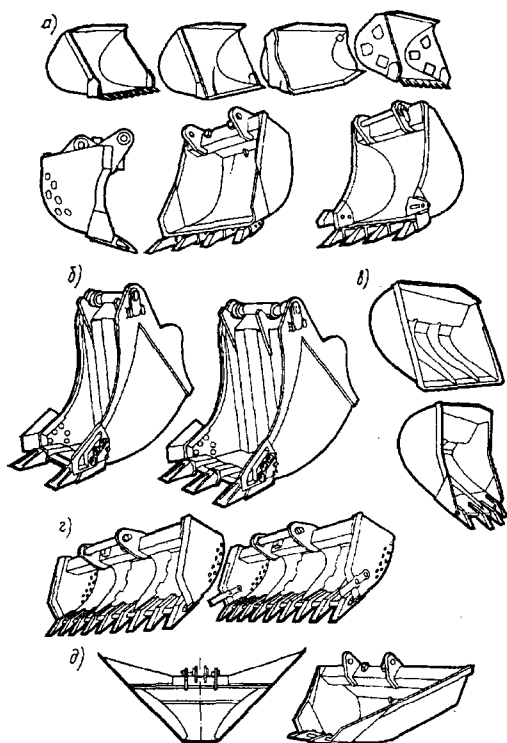


Рис. 7.18. Конструкции ковшей обратной лопаты: а – обратной лопаты; б – обратной лопаты для траншейных работ; в – погружочные; г – планировочные; д – трапециевидальные для канав.

Определение производительности экскаваторов. В отечественной литературе принято различать три вида производительности: теоретическую, техническую и эксплуатационную. Ряд зарубежных авторов еще вводят понятие базовой производительности. Теоретическая производительность – это конструктивно-расчетная производительность машины. Расчетным путем ее определить сложно.

Под базовой производительностью понимают производительность сравнительно новой машины (определенную экспериментальным путем), срок эксплуатации которой не превышает 2500 машино-часов, замеренную в следующих условиях: угол поворота рабочего оборудования для разгрузки 90° , разгрузка производится в отвал, высота или глубина копания является оптимальной, нет пространственных ограничений на строительной площадке, стрела установлена в среднее положение, квалификация оператора хорошая, хорошее состояние режущей кромки и зубьев, работа идет беспрерывно в течение одного часа.

Техническая производительность отличается от базовой тем, что учитывает технические факторы, влияющие на повышение или понижение производительности.

Эксплуатационная производительность, часовая, сменная, месячная или годовая, отличается от технической влиянием квалификации оператора и использованием рабочего времени.

Теоретическая производительность одноковшовых экскаваторов определяется по формуле:

$$П = V_z \cdot n \quad (7.39)$$

где V_z – геометрическая вместимость ковша в m^3 ; n – теоретически возможное число циклов в час.

$$n = \frac{3600}{T_{\text{ц}}} \quad (7.40)$$

где $T_{\text{ц}}$ – продолжительность одного цикла в секундах.

Базовая производительность, определенная для экскаваторов, оборудованных прямой и обратной лопатой, приведена на рисунках 7.17–7.20.

Для экскаваторов, оборудованных другим типом рабочего оборудования, базовая производительность может определяться по формуле:

$$П_{\text{б}} = П_{\text{б}} \cdot K_{\text{мл}}, \quad (7.41)$$

где $K_{\text{мл}}$ – поправочный коэффициент.

Техническая производительность определяется по формуле:

$$П_{\text{тех}} = П_{\text{б}} \cdot \sum f_i, \quad m^3/ч \quad (7.42)$$

где $f_i = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \cdot f_6$; f_1 – коэффициент, учитывающий глубину или высоту копания; f_2 – коэффициент, учитывающий угол поворота рабочего оборудования при разгрузке; f_3 – коэффициент, учитывающий условия разгрузки; f_4 – коэффициент, учитывающий состояние режущей кромки

и зубьев ковша; f_5 – коэффициент, учитывающий установку стрелы; f_6 – коэффициент, учитывающий тип транспортного средства.

Эксплуатационная производительность определяется по формуле:

$$P_o = P_{\text{мех}} \cdot k_a \cdot f_7, \quad (7.43)$$

где k_a – коэффициент использования машины по времени; f_7 – коэффициент, учитывающий квалификацию оператора.

При определении базовой производительности экспериментально определяют производительность машины при фиксированных условиях.

Значение базовой производительности для гидравлических и канатно-блочных экскаваторов с рабочим оборудованием (обратная лопата, прямая лопата и погрузочный ковш) представлено на рисунках 7.19–7.22.

Классификация грунтов по трудности их разработки применительно к экскаваторам представлена в таблице 7.11.

Таблица 7.11

Классификация грунтов по трудности их разработки

№ класса	Характеристики грунта
1	2
1	Верхний слой, в который наряду с песчаными, супесчаными, суглинистыми и глинистыми частицами входят и органические материалы.
2	Плывуны. Грунты, которые легко переходят от текучего до твердого состояния с изменением количества влаги
3	Несвязные и малосвязные материалы (песок, гравий, супесь, песчано-гравийные смеси) с весовой примесью до 15% и глинистых частиц (величина частиц менее, чем 0,006 мм 0 и с более, чем 30% содержанием каменистых включений размеров от 63 мм до 300 мм. Органические виды грунтов с малым содержанием воды (например, прочный торф).
4	Грунты средней трудности разработки. Смесь из песка, гравия, пылеватых частиц и глины с содержанием частиц менее 0,006 мм более, чем 15%. Связные грунты от слабо до средне-пластинчатых, которые при изменении влажности меняют свойства от слабых до прочных, и с повышенным содержанием каменистых включений (более 30%) размером от 63 мм до 300 мм.

1	2
5	Тяжело разрабатываемые виды грунтов. Виды грунтов класса 3 и 4, которые содержат более 30% по весовому содержанию каменных включений размером от 0,01 м ³ до 0,1 м ³ (диаметром от 30 до 60 см).
6	Легкие скальные породы. Слабо связанные трещиновые скальные породы, имеющие слоистую структуру. Прочные связные сухие грунты. Несвязные и связные виды грунтов, которые более, чем 30% веса включают скальную породу размером от 0,01 м ³ до 0,1 м ³ .
7	Тяжело разрабатываемая скала. Виды скальных пород, которые имеют высокую структурную прочность и малую трещиноватость: выветренный сланец, отвалы шлака, навал полезного ископаемого, разрыхленные кусковые скальные материалы.

Таблица 7.12.

*Плотность и коэффициент разрыхления
для основных видов грунтов*

Вид грунта	Плотность грунта, кг/м ³		Коэффициент разрыхления	Коэффициент наполнения ковша экскаватора
	в естественном залетании	в разрыхленном состоянии		
1 Песок сухой	1920	1710	1,12	1,12
2 Песок влажный	2280	2030	1,12	1,12
3 Гравий (6-50 мм) сухой	1180	1680	1,12	1,12
4 Гравий (6-50мм) влажный	2130	1900	1,12	1,12
5 Суглинок и гравий сухие	1890	1350	1,40	1,3
6 Суглинок и гравий влажные	2240	1600	1,40	1,3
7 Суглинок в естественном залетании	1750	1250	1,40	1,3
8 Глина сухая	1560	1250	1,25	1,25
9 Глина влажная	2000	1600	1,25	1,25
10 Щебенка мелкая	2460	1600	1,54	1,3
11 Щебенка крупная	2670	1600	1,67	1,3
12 Скала порода	2970	1800	1,65	1,35

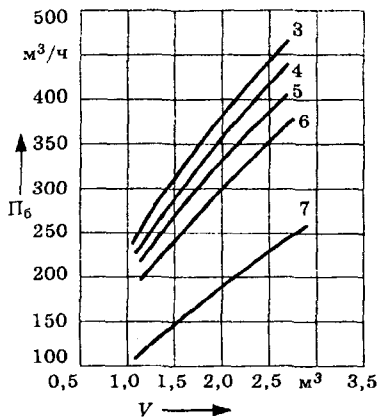


Рис. 7.19. Базовая производительность гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием — прямой лопатой.

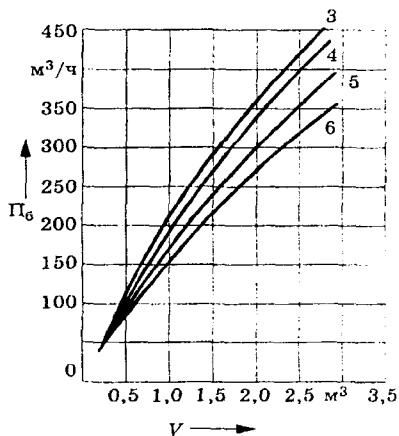


Рис. 7.20. Базовая производительность гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием обратной лопатой.

Для определения базовой производительности экскаваторов с другим типом рабочего оборудования, используют формулы:

— для обратной лопаты

$$P_{б.о} = 0,9P_{б'} \quad (7.44)$$

— для драглайна

$$P_{б.д.} = 0,8P_{б'} \quad (7.45)$$

— для грейфера

$$P_{б.г.} = 0,65P_{б'} \quad (7.46)$$

Проведено значительное число исследований по выбору оптимальной высоты и глубины копания экскаваторов. Основным критерием являлось минимальное время набора грунта в ковш. Исследования проводились на различных грунтах на экскаваторах с вместимостью ковша от 0,5 до 3 м³. Для экскаваторов с канатно-блочной системой управления, оборудованных прямой лопатой, оптимальное значение высоты копания приведено на рисунке 7.21. Значение коэффициента f_1 , учитывающего отклонение от оптимальной высоты, приведено на рисунке 7.22. Ковш гидравлического экскаватора может поворачиваться не только отно-

сительно стрелы, но и рукояти, и за счет этого он имеет высокую подвижность. Наиболее благоприятная глубина копания при работе с обратной лопатой для гидравлических экскаваторов определяется из формулы:

$$h_{\text{опт}} = (1,0 - 2,0) \cdot V [м], \quad (7.47)$$

где V_z — геометрическая вместимость ковша в $м^3$.

Значение коэффициента f_1 для гидравлических экскаваторов с ковшом вместимостью до $1 м^3$ приведено на рисунке 7.23. Для экскаваторов с обратной лопатой и ковшом вместимостью от $1,0 м^3$ и выше значение коэффициента f_1 приведено в таблице 7.13.

Таблица 7.13.

Значение коэффициента f_1 для экскаваторов с ковшом вместимостью $1 м^3$ и выше

$h_{\text{опт}}/h_{\text{пр}}$	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
f_1	1,00	0,97	0,93	0,89	0,82

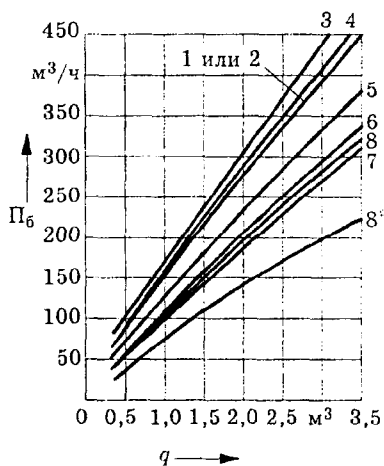
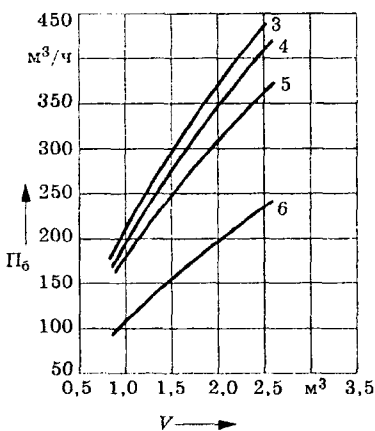


Рис. 7.21. Базовая производительность гидравлических экскаваторов с погрузочным ковшом.

Рис. 7.22. Базовая производительность канатно-блочных экскаваторов, оборудованных прямой лопатой; 8* — для плохо взорванной породы.

Обычно в технической характеристике машины указывается максимальная частота вращения поворотной части экскаватора, которая равна 6...9 мин⁻¹. Это значение на практике обычно не реализуется. Соотношение между максимальной частотой вращения n_{max} и средней частотой вращения n_{cp} (по данным хронометража времени цикла гидравлических экскаваторов) при малых углах поворота находится в пределах от 2,8 до 3,7, при больших углах поворота это значение уменьшается до 1,4–1,75 соответственно, (таблица 7.14.).

Время поворота в зависимости от угла поворота с помощью данных, можно определить по формуле:

$$t = \frac{\alpha}{360 \cdot n_{max}} \cdot \frac{n_{max}}{n_{cp}} [\text{мин}] \quad (7.48)$$

где α – угол поворота рабочего оборудования экскаватора в град.

Максимальная частота вращения принимается из технической характеристики машины, а соотношение $\frac{n_{max}}{n_{cp}}$ из таблицы 7.14.

Таблица 7.14

Соотношение между максимальной n_{max} и минимальной n_{min} частотой вращения поворотного механизма гидравлических экскаваторов в зависимости от угла поворота

Класс экскаватора	Поворот с загруженным или порожним ковшом	Угол поворота в град.					
		45	60	90	120	150	180
с массой до 15 т	с загружен.	3,7	3,2	2,6	2,3	2,0	1,8
	с порожним	3,1	2,60	2,05	1,7	1,5	1,3
с массой от 15 до 25 т	с загружен.	3,5	2,95	2,15	1,75	1,45	1,25
	с порожним	2,7	2,25	1,6	1,3	1,1	0,9
с массой от 25 до 55 т	с загружен.	3,5	3,0	2,2	1,8	1,65	1,55
	с порожним	2,85	2,4	1,75	1,45	1,25	1,15

Значение коэффициента f_2 влияния угла поворота на производительность экскаватора при угле поворота 90° принято равным 1, для других значений угла поворота приведено на рисунке 7.25.

На время разгрузки влияет вместимость ковша, вид рабочего оборудования, тип разгружаемого материала. Минимальное время на раз-

грузку грунта затрачивается при работе в отвал. Однако оно изменяется с увеличением вместимости ковша и типа загружаемого механизма. С увеличением вместимости ковша от 0,5 м³ до 2,5 м³ время разгрузки в отвал песчано-гравийных материалов увеличивается примерно на 10–15%.

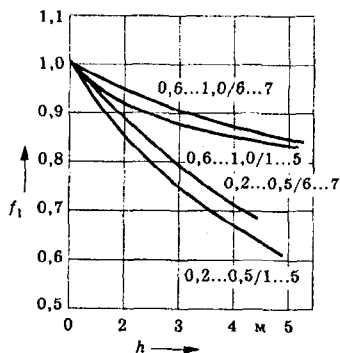


Рис. 7.23. Оптимальная глубина копания канатно-блочных экскаваторов с различной вместимостью ковша на грунтах I–V категории (табл. 7.1).

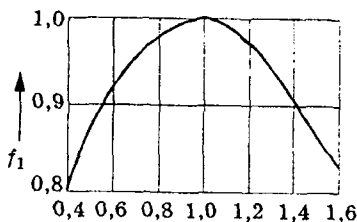


Рис. 7.24. Значение коэффициента f_1 для канатно-блочных экскаваторов.

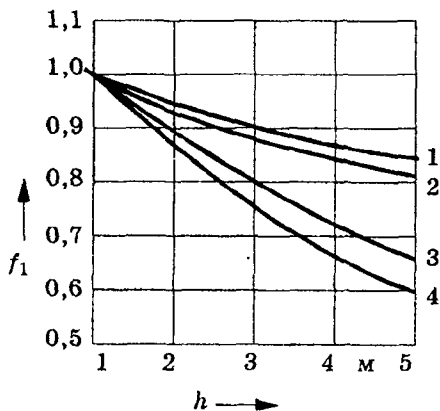


Рис. 7.25. Значение коэффициента f_1 для гидравлического экскаватора с прямой лопатой:
 1 – вместимость ковша 0,6–1 куб. м, категория грунтов I–VII; 2 – вместимость ковша 0,6–1 куб. м, категория грунтов I–V; 3 – вместимость ковша 0,2–0,5 куб. м, категория грунтов VI–VII; 4 – вместимость ковша 0,2–0,5 куб. м, категория грунтов I–V.

При разгрузке того же материала в автосамоевал грузоподъемностью до 10 т время увеличивается примерно в два раза. Это связано с необходимостью определения места разгрузки и точной установки ковша. При разгрузке связных материалов (глина, суглинок) время разгрузки увеличивается на 30% по сравнению с временем разгрузки песка и гравия. Значительное влияние оказывает и место стоянки транспортного средства под погрузкой. При стоянке ниже уровня нахождения экскаватора время загрузки увеличивается, что связано с прочностью кузовов и бункеров и их небольшой загрузочной площадью и значительной высотой расположения. Значение коэффициента f_3 для гидравлических экскаваторов для различных условий разгрузки приведено в таблице 7.15.

Таблица 7.15.

Значение коэффициента f_3 условий разгрузки

	Характеристика условий разгрузки	
1.	Разгрузка в отвал	1,00
2.	Разгрузка в транспорт, стоящий на уровне опорной поверхности экскаватора	0,90
3.	Разгрузка в транспорт, стоящий ниже уровня опорной поверхности экскаватора	0,80
4.	Разгрузка в воронкообразный бункер	0,67
5.	Разгрузка в силосный бункер	0,58

Состояние режущей кромки и зубьев оказывает значительное влияние на сопротивление копанью, а значит, и на время цикла экскаватора. Время копания при сильно затупленных зубьях и режущей кромке увеличивается примерно до двух раз. Значительное влияние на сопротивление копанью и время цикла оказывает и форма ковша. Однако ни в отечественной, ни в зарубежной практике еще не разработаны количественные показатели влияния состояния и формы режущей части ковша и зубьев на время копания. Эти вопросы требуют дальнейших исследований. Поэтому для расчетов при новом рабочем оборудовании или когда режущая кромка и зубья находятся в хорошем состоянии коэффициент можно принимать равным 1.

В экскаваторах используется два вида стрел: моноблочные и составные. Составные стрелы отличаются высокой эффективностью использования рабочего оборудования вследствие его высокой маневренности, однако они при одинаковой вместимости ковша несколько тяжелее, чем моноблочные.

Установка стрелы может быть короткая, средняя и длинная. Короткая установка используется, когда необходимо получить большое отрывное или подъемное усилие. Длинная – когда надо работать на большой глубине или при значительном расстоянии от груди забоя. Как короткая, так и длинная установка стрелы увеличивает время набора грунта. Значение коэффициента f_5 приведено в таблице 7.16.

Таблица 7.16.

Значение коэффициента f_5 установки стрелы

Установка стрелы	f_5
Короткая	0,95-0,98
Средняя	1,00
Длинная	0,98-0,95

Использование экскаваторов с большой вместимостью ковша и автомобилей малой грузоподъемности нецелесообразно, так как увеличивается время простоя экскаваторов в ожидании автомобилей. С другой стороны, использование при загрузке малых экскаваторов вместе с крупными самосвалами также нецелесообразно из-за длительных простоев автосамосвала под загрузкой. Основным критерием в этом случае должен быть критерий экономичности.

Значение коэффициента f_6 влияния на производительность соотношения вместимостей кузова автомобиля и ковша экскаватора представлено в таблице 7.17. При $V_c / V_s \geq 9$ коэффициент f_6 равен 1.

Таблица 7.17

Значение коэффициента f_6 .

$\frac{V_c}{V_s}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_6	0,65	0,82	0,88	0,92	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00

На практике чаще принимается соотношение $V_c / V_s = 3-5$. При этом экскаватор загружен не полностью, однако и время простоя автосамосвала под загрузкой невелико.

Учитывать квалификацию операторов при определении производительности машины предложил Н.Г. Домбровский, и в дальнейшем использовал западногерманский центр по подготовке операторов дорожных машин.

Выполнение планового задания на 100% считается нормальной квалификацией оператора. Значение этого коэффициента определяется по формуле:

$$f_7 = \frac{Q_d}{Q_{пл}}, \quad (7.49)$$

где Q_d – достигнутая часовая производительность; $Q_{пл}$ – плановая часовая производительность.

Проведенные исследования для экскаваторов различного типа и на различных грунтах показали, что отклонение значения f_7 от единицы в основном составляют $\pm 5\%$. Максимальное значение f_7 равно 1,20. Оно было достигнуто только операторами – испытателями машин, работающими на фирме-изготовителе. Минимальное значение f_7 равно 0,75. Оно было у операторов, работающих первые дни на машине. Квалификация оператора зависит главным образом от объема знаний и навыков управления машиной. В современных экскаваторах не требуется значительных мускульных напряжений, созданы хорошие эргономические условия в кабине. Квалифицированный оператор выбирает оптимальное место стоянки машины, положение стрелы, сокращает время цикла за счет совмещения процессов, например подъема и поворота рабочего органа, он указывает более удобное место стоянки под погрузкой водителю транспортного средства, подчищает забой во время отсутствия транспорта и т. д. Согласно исследованиям, уровень квалификации оператора можно характеризовать следующими показателями:

Степень

производительности

120%	высокая
114%	очень хорошая
110%	хорошая
105%	нормальная, плюс
100%	нормальная
95%	нормальная, минус
90%	удовлетворительная
85%	удовлетворительная, минус
75%	плохая

Производительность механизма зависит от организации работы, причем производительность транспортных средств зависит от работы погрузочного механизма. Грузоподъемность и число автосамосвалов, работающих в карьере, определяется в первую очередь типом и производительностью.

Снижение производительности возможно при неудачном выборе глубины или высоты забоя в карьере. При слишком мелком забое ковш полностью не наполняется из-за недостаточного пути наполнения, при слишком высоком забое увеличивается опасность обрушения, и поэтому экскаватор устанавливается дальше от места оптимальной установки. Причиной снижения производительности может быть неудачный выбор места установки автосамосвала.

Названные примеры не охватывают всего многообразия случаев организации работы механизмов на строительной площадке. Они учитываются коэффициентом $k_{\text{в}}$, который учитывает условия работы механизма на строительной площадке при помощи фактора времени. Значение коэффициента $k_{\text{в}}$ определено экспериментальным путем и приведено в таблице 7.18.

Таблица 7.18.

Значение коэффициента $k_{\text{в}}$ использования экскаватора по времени

Вид использования	$k_{\text{в сред}}$	$k_{\text{в max}}$
1 Использование экскаватора при оптимальных условиях, например, разработка гравийного карьера, работа в отвал без ограничений объема строительной площадки, погрузка материала в автотранспорт.	0,66	0,83
2 Работа экскаватора с пространственными ограничениями, например, при отрывке больших траншей, малых выемок под фундаменты с погрузкой в транспорт.	0,56	0,78
3 Работа в ограниченном пространстве, например, открытие узких траншей. Заполнение грунтом траншей, погрузка материала из отвала.	0,54	0,76
4 Использование экскаваторов при планировании площадок, уборке почвы со сбором разрабатываемого материала в отвал.	0,50	0,70
5 Использование экскаваторов при сильных помехах, например, разработка траншей возле зданий со сбором материала в отвал.	0,45	0,58

7.8. Экскаваторы многоковшовые

7.8.1. Классификация

Экскаваторы, непрерывно работающие и одновременно транспортирующие грунт в отвал или транспортные средства, называют экскаваторами непрерывного действия.

Для обеспечения непрерывной работы машины рабочий орган должен непрерывно перемещаться. Характер этого перемещения в сочетании с типом рабочего органа является основным признаком, по которому классифицируют экскаваторы непрерывного действия. У экскаваторов продольного копания плоскости перемещения рабочего органа и движения ковшей или скребок совпадают; поперечного копания – плоскость движения ковшей перпендикулярна плоскости движения рабочего органа; радиального копания – ковши движутся в вертикальной плоскости, а сам рабочий орган совершает поворотное движение относительно вертикальной оси.

Экскаваторы непрерывного действия классифицируют также по следующим основным признакам:

– **типу привода** – с механическим, гидравлическим, электрическим и комбинированным приводам;

– **типу ходового устройства** – на гусеничном и пневмоколесном ходах;

– **способу соединения рабочего оборудования с тягачом** – навесные (рабочий орган задней дополнительной опоры не имеет), полуприцепные (рабочий орган спереди опирается на тягач, а сзади – на дополнительную пневмоколесную тележку) и прицепные;

– **типу рабочего органа** – цепной и роторный.

Экскаваторам продольного копания присваивается индекс ЭТР (экскаватор траншейный роторный) или ЭТЦ (экскаватор траншейный цепной); экскаваторы поперечного копания имеют индекс ЭМ, роторные стреловые экскаваторы – ЭР. После буквенного индекса следует цифровое обозначение, которое содержит следующую информацию:

– для экскаваторов продольного копания (ЭТР и ЭТЦ) – первые две цифры – глубина копания (в дм), третья – порядковый номер модели;

– для экскаваторов роторных стреловых первые три цифры – вместимость ковша (в л), а четвертая – порядковый номер модели;

– для экскаваторов поперечного копания – первые две цифры – вместимость ковша (в л), третья – порядковый номер модели.

При модернизации после цифрового обозначения добавляют буквы по порядку русского алфавита. Например, индекс ЭТР-206А обозначает: экскаватор траншейный роторный, глубина копания в дециметрах – 20, шестая модель – 6, первая модификация – А.

7.8.2. Цепные траншейные экскаваторы

Цепные траншейные экскаваторы выпускаются на базе колесных тракторов с конструктивной доработкой их трансмиссии и на базе шасси гусеничных тракторов.

Экскаваторы на базе колесных тракторов (МТЗ-82) используют на минеральных грунтах I–III категории для рытья траншей под укладку кабелей различного назначения и трубопроводов небольшого диаметра. Он оборудован (рис. 7.28) скребковым рабочим органом для рытья траншей и бульдозерным отвалом для планировочных работ небольшого объема и засыпки траншей.

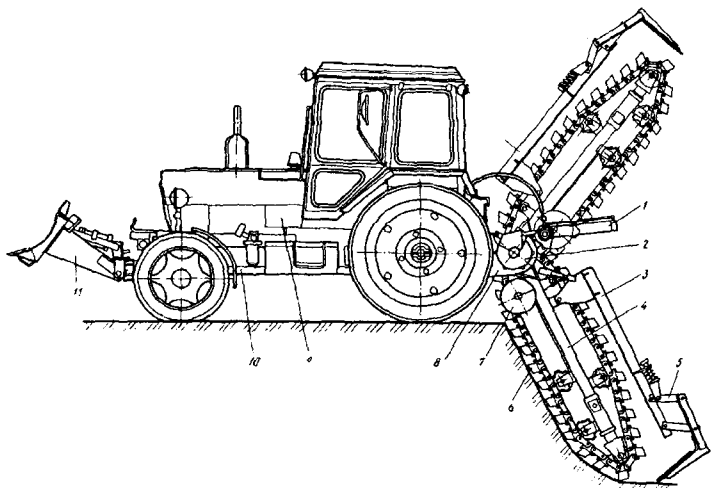


Рис. 7.28. Общий вид многоковшового экскаватора на базе колесного трактора: 1 – механизм подъема и опускания рабочего органа; 2 – приводной вал; 3 – дополнительная рама рабочих органов; 4 – рабочий орган; 5 – зачистной башмак; 6 – рабочая цепь; 7 – шнек; 8 – редуктор привода рабочего органа; 9 – ходоменьшик; 10 – трактор; 11 – бульдозерный отвал.

Эти экскаваторы мобильны и маневренны, что дает возможность использовать их в городских условиях, а также на небольших строительных объектах, где требуются частые переброски машины.

Рабочий орган включает раму, на противоположных концах которой установлены две звездочки, верхняя из них выполняется приводной. Звез-

дочки огибаются рабочей цепью, поддерживаемой опорными роликами. На цепи установлены режущие зубья или скребки, разрабатывающие и перемещающие грунт вверх, где он подхватывается шнеком и перемещается в поперечном движению машины направлении. Привод рабочего органа – механический или гидравлический. Зачистку траншеи и придание ей определенного профиля осуществляет зачисткой башмак. Подъем рабочего оборудования в транспортное положение обеспечивается при помощи гидроцилиндров.

Экскаваторы на гусеничном ходу устанавливаются на базе гусеничного трелевочного трактора ТТ-4 или промышленного трактора Т-170. Эти экскаваторы предназначены для рытья траншей под укладку водопроводных и канализационных труб, кабеля и других коммуникаций. Эти экскаваторы могут работать на грунтах I–III категории с каменистыми включениями размером до 200 мм.

Рабочий орган таких экскаваторов (рис. 7.29) представляет собой раму со звездочками и поддерживающими роликами и цепью, на которой установлены ковши вырезающие грунт и транспортирующие его вверх, где он при опрокидывании ковша разгружается и попадает на транспортер, который ссыпает его вдоль траншеи. Подъем рабочего органа осуществляется при помощи гидроцилиндров. В передней части экскаватора для улучшения устойчивости может устанавливаться противовес.

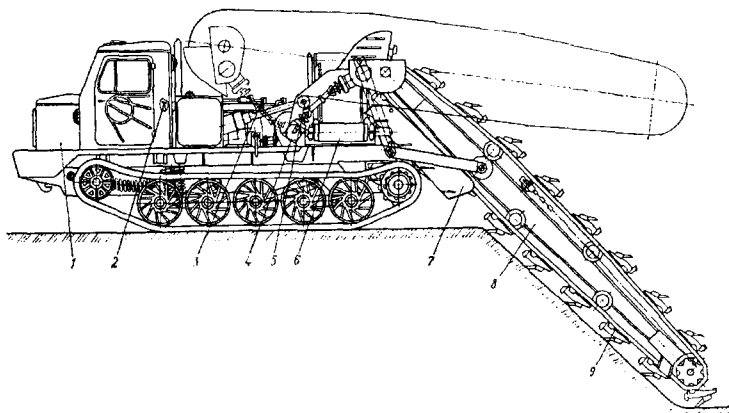


Рис. 7.29. Траншейный цепной экскаватор с транспортной разгрузкой: 1 – трактор; 2 – органы управления; 3 – гидропривод; 4 – распределительная коробка; 5 – механизм подъема и опускания рабочего органа; 6 – конвейер; 7 – поток; 8 – рабочий орган; 9 – скребок.

7.8.3. Роторные траншейные экскаваторы.

Роторные траншейные экскаваторы предназначены для рытья траншей (под газопроводы, нефтепроводы, водопроводы, кабели связи, трубопроводы канализации, теплофикации, дренажа и других коммуникаций) большой протяженности с большим объемом земляных выемок, преимущественно вне населенных пунктов, когда не требуется частой переброски машин с одного участка на другой.

Роторный траншейный экскаватор состоит из тягача, в качестве которого обычно используют гусеничный переоборудованный трактор, и рабочего органа (рис. 7.30).

Рабочий орган представляет собой жесткий ротор, вращающийся относительно внутренней рамы от механического или гидравлического привода. По наружному периметру ротора закреплены ковши, обеспечивающие вырезание и перемещение грунта, который, высыпаясь в верхней части ротора, попадает на направляющие желоба и далее на конвейер, который укладывает его вдоль траншеи. Подъем и опускание рабочего органа осуществляется при помощи гидроцилиндров и системы рычагов.

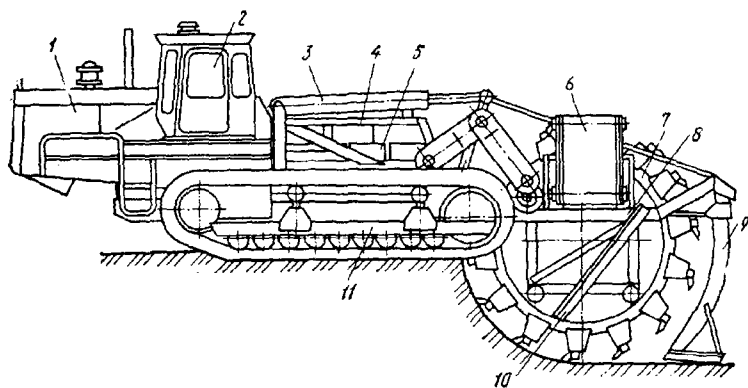


Рис. 7.30. Роторный экскаватор: 1 – силовая установка; 2 – кабина машиниста; 3 – механизм подъема рабочего органа; 4 – рама; 5 – трансмиссия; 6 – конвейер; 7 – ротор; 8 – рама рабочего оборудования; 9 – зачистное устройство; 10 – ножевой откосник; 11 – ходовая часть.

7.9. Машины для уплотнения грунтов и строительных материалов

Долговечность и устойчивость земляных сооружений и сооружений, возведенных на грунтовых основаниях, зависят от качества уплотнения. Уплотнение грунтов – одна из важных операций в технологическом процессе строительства. Качество уплотнения зависит от правильного подбора и использования уплотняющего оборудования, определяемого характером грунтов и условиями производства работ. Грунты уплотняют в насыпях, на откосах, при засыпке траншей и котлованов, на больших площадях и в труднодоступных местах, в стесненных условиях. Для таких разнообразных условий работы требуются особые машины, которые различаются как по конструкции, так и по принципу действия. Основная масса машин предназначена для уплотнения насыпных грунтов.

Процесс уплотнения грунтов включает в себя две идущие параллельно операции: разрушение существующей структуры грунта и создание новой, более устойчивой к различным механическим воздействиям. Чем менее прочна исходная структура грунта, тем легче она разрушается и, следовательно, тем эффективнее уплотнение, и наоборот. При уплотнении частицы грунта смещаются. Это необходимо для наиболее компактной их укладки, вытеснения жидкой и газообразной фазы и сопровождается уменьшением объема и формированием плотной и прочной структуры, способной выдерживать нагрузки, связанные с эксплуатацией инженерных сооружений.

Однократная нагрузка и разгрузка грунта вызывает как остаточные, так и упругие деформации, причем остаточные деформации значительно превосходят упругие. При многократном действии нагрузки и разгрузки соотношение упругих и остаточных деформаций постепенно меняется, и грунт в конце концов приходит в состояние, отличающееся постоянством его упругих свойств.

Если увеличить нагрузку сверх той, при которой упругие свойства грунта стали постоянными, то в грунте вновь возникнут остаточные деформации, которые при достаточно большом числе повторений нагрузки и разгрузки приведут его в новое стабилизированное состояние с большим модулем упругости. Увеличивать нагрузку можно лишь до тех пор, пока не будет достигнут предел прочности грунта. С дальнейшим повышением нагрузки появляются преимущественно деформации сдвига, сопровождающиеся трещинами и даже разрыхлением сложившейся структуры. Это свидетельствует о том, что предел прочности грунта превзойден.

Рассматривая процесс накопления необратимой деформации уплотняемого грунта при однократном или периодическом нагружениях, следует иметь в виду, что качественных различий между ними нет. В обоих случаях при одинаковых силах деформации зависят от времени (непрерывного или суммарного) действия нагрузок. Однако при одинаковом общем времени действия нагрузки рост необратимых деформаций под действием периодического нагружения идет несколько быстрее. Объясняется это тем, что во время периодических разгрузок грунта частично или полностью успевает восстанавливаться лишь обратимая часть деформаций. При этом несколько изменяется взаимная ориентация частиц грунта и уменьшается их самозаклинивание. Поэтому при повторном нагружении деформация грунта облегчается.

С учетом этих свойств грунтов уплотнение их машинами производят посредством периодически повторяющихся нагружений и разгрузок грунта – так называемых *циклических нагрузок*. При таком режиме работы чередуются изменения напряженного состояния грунта.

В зависимости от характера нагружений меняются максимальное значение достигаемого напряжения, скорость его изменения и время действия нагрузки, т. е. основные факторы, определяющие эффективность уплотнения.

Характер изменения напряженного состояния под рабочим органом определяет проявление тех или иных свойств грунта. Поэтому в зависимости от вида нагружения различают статические и динамические воздействия на грунт. Статическое воздействие характеризуется сравнительно небольшими скоростями изменения напряженного состояния грунта и происходит под действием постоянной или плавно изменяющейся нагрузки. Такое воздействие реализуется обычно давлением массивного колеса или барабана, перекатываемого по поверхности уплотняемого грунта.

При динамическом воздействии на грунт резко изменяется напряженное состояние его под ударами массивного элемента рабочего органа вследствие прохождения через грунт ударных волн, вибрационного воздействия и т. п.

В соответствии с различными воздействиями на уплотняемый грунт выпускают машины статического (прессование, укатка) и динамического (удар, вибрация, удар совместно с вибрацией) действия. Границы между указанными типами машин часто оказываются довольно расплывчатыми. Так, при работе машин статического действия наблюдаются динамические эффекты, которые в зависимости от конструктивного исполне-

ния машины и режима ее работы могут быть выражены в большей или меньшей степени. Трудно установить также четкую границу между ударно-вибрационными и вибрационными машинами. Еще сложнее разграничить ударно-вибрационные и ударные машины.

Вместе с тем, несмотря на некоторую неопределенность в границах, подобная классификация машин дает возможность достаточно правильно оценивать основные факторы воздействия на грунт.

7.9.1. Машины статического действия

К машинам статического действия относят прицепные, полуприцепные и самоходные катки. Рабочими органами катков являются металлические вальцы (гладкие, кулачковые, решетчатые) или колеса с пневматическими шинами. Вследствие простоты и экономичности уплотнения грунтов этими машинами они получили наибольшее распространение.

Катки с гладкими вальцами применяют давно, начиная со Средних веков, главным образом для уплотнения несвязных грунтов. Однако в настоящее время вследствие малой глубины уплотнения (до 20 см) эти катки используют в основном в качестве рабочих органов вибрационных машин.

Рабочий процесс катков с гладкими вальцами состоит из многократного перекатывания вальцов по поверхности уплотняемого грунта, т. е. циклического воздействия на него. Деформации и связанное с ними уплотнение происходят в результате давления, создаваемого силой тяжести вальцев.

Эффективным средством уплотнения связных грунтов являются кулачковые катки. В отличие от катков с гладкими вальцами на их поверхности имеются бандажи с укрепленными на них кулачками (рис. 7.31). Каждый бандаж состоит из 2–3 частей, соединяемых болтами. Кулачки размещают на поверхности катка в шахматном порядке.

В начале работы кулачки полностью погружаются в грунт, в связи с чем в контакт с его поверхностью может входить и валец катка. При погружении кулачков под каждым из них образуется уплотненное ядро, как бы упирающееся в плотное основание. Так как на поверхности вальца имеется много кулачков (20–25 шт. на 1 м²), после прохода катка по поверхности грунта на нем остается соответствующее число «ядер», расположенных в шахматном порядке.

При последующих проходах катка грунт уплотняется в промежутках между ядрами. При каждом проходе кулачки погружаются в грунт на меньшую глубину и между поверхностью грунтового слоя и вальцем

катка образуется увеличивающийся просвет, указывающий на уплотнение укатываемого слоя. Характерные углубления, создаваемые кулачками по поверхности грунта, способствуют сдавливанию укатываемых слоев в единый массив и повышают качество его уплотнения.

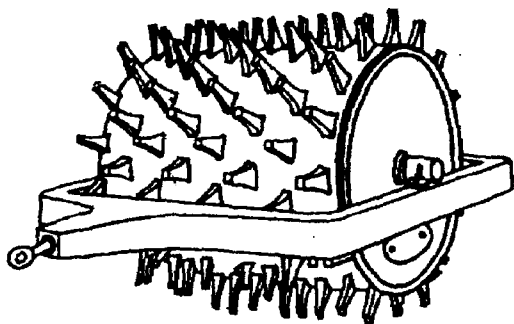


Рис. 7.31. Кулачковый каток.

Прицепные кулачковые катки используют как одиночные, так и в сцепе нескольких. При сцепе из двух катков иногда первым устанавливают кулачковый, а вторым гладкий. Для достижения необходимого уплотнения грунта кулачковые катки перемещаются по одному месту обычно до шести-восьми раз.

Кулачковыми катками уплотняют только связные грунты. Для уплотнения как связных, так и несвязных грунтов используют катки на пневматических шинах, имеющие несколько колес, установленных в один ряд (рис. 7.32).

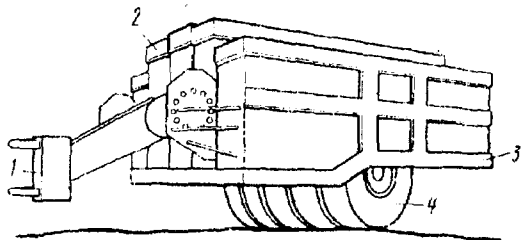


Рис. 7.32. Каток на пневмошинах: 1 — сцепное устройство; 2 — балластные ящики; 3 — рама; 4 — пневмоколеса.

Подвески колес предусматривают жесткие и независимые. У катков с жесткой подвеской ось колес укрепляют на продольных балках рамы, которую размещают обычно над колесами. На раме устанавливают кузов для балласта. Основной недостаток катков такой конструкции – перегрузка отдельных колес при движении катков по неровной поверхности. В результате укатываемая полоса неравномерно уплотняется по ширине, а отдельные элементы катка перегружаются. Этих недостатков не имеют катки с независимой подвеской колес, при которой каждое колесо может перемещаться в вертикальной плоскости независимо от остальных. Каждая секция таких катков жестко связана с балластным ящиком или платформой. Балластом могут служить грунт или бетонные блоки.

Контактные давления на поверхности грунта, а следовательно и характер напряженного состояния под колесами, определяются размерами шин, давлением воздуха в них и нагрузкой на колесо. Эти параметры и являются главными.

Пневматические шины имеют сравнительно небольшую ширину, поэтому при уплотнении грунт под ними отжимается в сторону. Воспрепятствовать отжатию может боковая пригрузка, которую создают соседние колеса, причем тем эффективнее, чем будет меньше зазор между ними. Поэтому колеса нужно ставить ближе друг к другу. Однако при слишком частом расположении колес увеличивается их число при постоянной ширине полосы уплотнения. Это, в свою очередь, снижает нагрузку на каждое колесо.

7.9.2. Машины динамического действия

Основным недостатком катков статического действия является их большая масса, необходимая для нормальной работы. Эту массу можно значительно снизить при том же уплотняющем эффекте, если рабочие органы машин выполнять вибрирующими.

Вибрационные катки выполняют прицепными и самоходными. Чаще всего в виброкатках применяют центробежные вибровозбудители с круговой вынуждающей силой. Их приводят в действие от двигателя внутреннего сгорания самоходного катка или специально установленного на раме прицепного катка двигателя привода возбудителя.

У самоходных виброкатков вибрирующими выполняют обычно ведущие вальцы. Металлоемкость виброкатков в 3–4 раза меньше, чем катков статического действия. При этом нужное уплотнение слоя грунта достигается меньшим числом проходов, так как виброкатки наряду со статическим оказывают на грунт и вибрационное воздействие. Сущность

его заключается в том, что периодические возмущения, передаваемые от вибратора в грунт рабочим органом, интенсифицируют перестройку сложившейся структуры грунта, в результате чего получается более плотная упаковка грунтовых частиц.

Для уплотнения несвязных грунтов и гравийно-песчаных материалов в стесненных или недоступных для других машин местах применяют **вибрационные плиты**. Кроме плит в комплект оборудования входят вибратор, двигатель, система подвески и механизм управления. Для привода вибраторов на вибрационных плитах чаще всего используют двигатели внутреннего сгорания – дизельные или карбюраторные. По принципиальной схеме эти устройства могут быть одно- и двухмассными. В первом случае вибратор и двигатель установлены непосредственно на плите. Во втором – на плите монтируют лишь вибратор, а двигатель устанавливают на специальную раму, соединенную с плитой упругими элементами. В этом случае в колебательное движение приводится лишь нижняя часть, тогда как верхняя, подрессоренная, не колеблется, но воздействует на грунт общей массой статического давления.

7.10. Оборудование для гидромеханизации земляных работ

7.10.1 Общие сведения

Гидромеханизация – способ производства земляных работ, при котором разработка, транспортирование и укладка грунта осуществляются при помощи воды. Гидромеханизация основана на свойстве быстро движущейся воды размывать грунт и переносить его во взвешенном состоянии к месту укладки, где вследствие уменьшения скорости вода теряет несущую способность, и частицы грунта оседают.

Разработка грунта осуществляется его размывом высоконапорной струей воды, направляемой в забой гидромонитором, или при помощи землесосного снаряда. Для интенсификации размыва грунт обычно предварительно разрыхляют.

Образующаяся в забое водно-грунтовая смесь – пульпа – транспортируется по трубам при помощи специальных грунтовых насосов, а при благоприятном рельефе местности – самотеком в открытых каналах.

Грунт укладывается в отвал или намываемое сооружение сбросом пульпы на предварительно обвалованные участки – карты. Вследствие падения скорости движения пульпы взвешенные частицы грунта оседают, а осветленная вода отводится для сброса или повторного использования (при гидромониторной разработке).

Укладка грунта может сопровождаться сортировкой его по крупности частиц, что имеет большое значение при намыве плотин и обогащении нерудных полезных ископаемых (песка, гравия и т. п.).

Гидромеханизация отличается высокими эффективностью и производительностью труда (до 300 тыс. м³ грунта в сутки) при относительно простом оборудовании и ограниченном фронте работ. Особенно широко этот способ производства работ применяется в гидротехническом строительстве. На крупных гидротехнических стройках им выполняется до 70–80% общего объема земляных работ. Кроме того, гидромеханизация применяется в специальных областях строительства и горных работ (для добычи и обогащения песка и гравия, при кессонных работах, вскрытии месторождений полезных ископаемых, намыве площадок под строительство гражданских и промышленных объектов, добыче угля, торфа).

7.10.2. Гидромониторы

Гидромонитор – устройство для образования и направления высоконапорной струи воды при производстве земляных работ способом гидромеханизации.

Общие требования к гидромониторам заключаются: в создании компактной струи воды, не расчлняющейся до достижения грунтового массива; в надежности конструкции, простоте разработки и замены узлов и деталей; в минимальных потерях напоров; в легкой управляемости и безопасности.

Гидромониторы различают *по способу управления* (ручные и дистанционные), *по подвижности* (переставные и самоходные), *по дальности действия* (дальнего и ближнего действия); *по напору воды* (низконапорные с давлением до 1,2 МПа и высоконапорные с давлением более 1,2 МПа).

Основной тенденцией развития гидромониторной разработки грунта является создание и все более широкое применение новых эффективных конструкций самоходных и дистанционно управляемых гидромониторов. Вместе с тем, большое распространение имеют переставные гидромониторы с ручным управлением. Так как по требованиям техники безопасности гидромониторы с ручным управлением нельзя устанавливать вблизи забоя, применяются обычно гидромониторы дальнего действия.

Чтобы подавать водяную струю в разные точки забоя, в современных конструкциях гидромониторов предусмотрена возможность кругового поворота ствола в горизонтальной плоскости, а в вертикальной – на угол 45–75°. Для обеспечения такой подвижности ство-

ла в конструкции гидромонитора предусмотрена достаточная подвижность соединений.

Для поворота гидромонитора в горизонтальной плоскости служит шарнир горизонтального поворота, а в вертикальной – шарнир вертикального поворота. Вода поступает по напорному трубопроводу, присоединяемому к фланцу нижнего колена.

Насадка гидромонитора навинчивается на резьбу ствола. Каждый гидромонитор снабжается несколькими сменными насадками, что позволяет изменять диаметр струи и расход воды. Для направления потока воды после прохождения колен и шарниров в стволе установлены струенаправляющие ребра.

Ручное управление гидромонитором осуществляется водилом. В больших гидромониторах для облегчения управления применяются электрические, гидравлические и штурвальные механические системы управления.

Эффективность разработки грунтов повышается при дистанционном управлении гидромонитором, которое позволяет приблизить это устройство к забою и увеличить давление струи на грунт. Кроме того, дистанционное управление повышает безопасность производства работ.

7.10.3. Грунтовые насосы, землесосные установки и снаряды

Основным агрегатом для перекачки пульпы является **грунтовой насос**, который представляет собой одноступенчатый центробежный насос одностороннего всасывания. Его конструктивное отличие от центробежных насосов для чистой воды состоит в приспособлении всех пульпопроводящих каналов к пропуску включений в грунт. Кроме того, в грунтовых насосах предусмотрен ряд конструктивных особенностей, направленных на снижение износа деталей, которые не всегда согласуются с требованиями оптимальных гидравлических условий. Поэтому КПД грунтовых насосов обычно несколько ниже, чем насосов, предназначенных для перекачки чистой воды.

Для перекачки пульпы из зумпфов к месту укладки служат передвижные забойные **землесосные установки**, которые монтируются обычно на санях. Основные части установки – грунтовой насос, электродвигатель, всасывающий патрубок и электролебедка с укосиной для подъема, опускания и удержания всасывающего патрубка. Для гидротранспорта грунта из экскаваторного забоя используются также землесосные установки с гусеничным, шагающим и железнодорожным ходовым оборудованием.

Плавающая землесосная установка, оборудованная рядом специальных устройств, называется **земснарядом**.

Благодаря подвижности и высокой производительности земснаряды успешно применяют в естественных водоемах, при искусственном затоплении разрабатываемого участка и отрывке каналов. Являясь плавучими агрегатами, земснаряды не ограничены массой, размерами, давлением на грунт, что позволяет использовать на них оборудование самой большой мощности. Благодаря этому земснаряды относятся к самым производительным агрегатам гидромеханизации земляных работ, однако по сравнению с гидромониторами они транспортируют пульпу с большим содержанием воды.

По силовому оборудованию земснаряды классифицируются на электрические и дизельные; по производительности – на земснаряды малой мощности (до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$), средней ($100\text{--}500 \text{ м}^3/\text{ч}$) и большой (более $500 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Земснаряд представляет собой судно с надстройкой. Для удержания земснаряда на рабочем месте и для его рабочих перемещений служат свайный аппарат и папильонажные лебедки, позволяющие производить веерообразные перемещения всасывающего устройства и поступательное движение земснаряда. Для этого земснаряд закрепляется на одной из двух свай свайного аппарата. Постепенным разматыванием и наматыванием соответствующих заякоренных канатов земснаряд поворачивается вокруг опорной сваи, выемка грунта при этом производится по дуге окружности, очерчиваемой в плане концом всасывающего патрубка. После перемещения всасывающего патрубка по всей ширине забоя первая свая поднимается, а на дно водоема опускается вторая свая. В результате конец всасывающего патрубка может описывать дугу окружности вокруг нового центра, смещенного относительно первого в направлении рабочего перемещения земснаряда. Перемещая так опору с одной сваи на другую, осуществляют рабочее передвижение земснаряда.

Для подъема и опускания свай применяют несколько способов захвата. На небольших земснарядах сваи захватывают за верхний конец, а на крупных применяют фрикционный захват свай, при котором не требуется устройство высоких металлоконструкций свайного аппарата.

Папильонажная лебедка служит также для поддержания непрерывного контакта грунтозаборного устройства с грунтовым массивом и создания необходимого напора для механического разрушения грунта рыхлителем.

В гидромеханизации земляных работ используются и другие специальные вспомогательные устройства и оборудование, с конструкциями которых можно ознакомиться в специальных изданиях.

7.11. Механизация возведения сооружений методом «стена в грунте»

В последнее десятилетие получила развитие технология возведения подземных сооружений способом «стена в грунте» и методом устройства опускных колодцев.

Сущность технологии возведения подземных сооружений способом «стена в грунте» заключается в том, что стены возводимого сооружения устраиваются в узких и глубоких траншеях. Траншеи для будущих стен и фундаментов отрываются на полную глубину специальным землеройным оборудованием под слоем глинистого тиксотропного раствора, гидростатическое давление которого предотвращает обрушение грунта и проникновение грунтовых вод в траншею. Устройство фундаментов и стен может осуществляться в сборном, монолитном и комбинированном вариантах.

Способ «стена в грунте» наиболее эффективен в сложных геологических условиях, при высоком уровне грунтовых вод, строительстве на густозастроенной территории и вблизи зданий и сооружений.

При сравнении этого способа с традиционными становится очевидным его преимущество в отношении экономии материалов, достигаемой благодаря исключению конструкций крепления котлована и уменьшению сечения стен, а также исключению дорогостоящих способов водопонижения и замораживания, сокращению трудоемкости и благодаря возможности прерывать эксплуатацию наземных участков на более короткие сроки, что иногда является решающим фактором в выборе данного способа. Кроме того, сокращается в два-три раза продолжительность строительства и намного снижается стоимость работ.

В зависимости от технологии наибольшее распространение получили две разновидности фундаментов «стена в грунте» – свайные, образующие буронабивными сваями, и траншейные.

Свайная «стена в грунте» состоит из сплошного ряда вертикальных буронабивных свай.

Траншейный способ сооружения стен является развитием свайного; он заключается в том, что с помощью специального штангового или грейферного оборудования к экскаваторам с ковшом емкостью 1 м³ и более разрабатывают траншею шириной 0,3–1 и глубиной 18 м и более.

Для предотвращения обрушения ее вертикальных стенок используют глинистый тиксотропный раствор, обеспечивающий необходимое гидростатическое давление.

После отрывки на полную глубину траншеи-захватки экскаватор передвигают на новую стоянку, а в траншее возводят монолитную железобетонную стенку. После установки арматурного каркаса бетонную смесь укладывают под глинистую суспензию методом ВПТ.

Для повышения степени индустриализации строительства в последние годы применяют технологию «сборная стена в грунте». При такой технологии по мере отрывки траншеи (под глинистым тиксотропным раствором) в нее опускают железобетонные панели. Вертикальные зазоры между панелями и стенами траншей, а также под днищем панелей заполняют путем нагнетания цементного раствора.

Применение сборных железобетонных панелей позволяет исключить трудоемкие процессы по укладке бетонной смеси, ускорить темпы строительства при высоком качестве подземных конструкций; однако при этом возникают трудности в осуществлении плотного примыкания панелей, их наращивания, заполнения всех пустот и т. п. После возведения стен подземных сооружений внутри ограждения вынимается грунт.

Опыт показал, что способ «стена в грунте» может быть успешно использован при строительстве: гражданских подземных нежилых помещений (гаражей, торговых центров, складов, кинотеатров и т. д.); промышленных подземных помещений; водозаборных сооружений (насосных станций, очистных сооружений); подземных улиц и проездов, транспортных тоннелей мелкого заложения; фундаментов зданий и ограждений котлованов для устройства подземных помещений вблизи зданий.

Выбор землеройной техники для разработки траншей зависит от формы «стены в грунте», места расположения сооружения, глубины траншей, а также от вида и категории грунтов. Его обычно производят в два этапа: на первом отбирают по техническим характеристикам землеройные машины с учетом требуемой ширины и глубины траншей, формы и размеров сооружения в плане, а также геологических условий; на втором производят на основании технико-экономических расчетов (по приведенным затратам) выбор рационального оборудования.

На рис. 7.33 представлен штанговый экскаватор конструкции НИИИСПа для разработки траншей при глубинах до 30 м в грунтах I–IV групп.

Траншеи, близкие по форме к кольцевым, лучше всего разрабатывать штанговыми экскаваторами или грейферами с захватом небольшой длины.

Для проходки траншей с вертикальными или наклонными забоями удобны землеройные машины, которые непрерывно или циклично разрабатывают траншею на всю высоту. К таким машинам относятся серийные общестроительные обратные лопаты для траншей глубиной до 7,4 м и драглайны для траншей глубиной до 16,3 м, а также буровфрезерные машины СВД-500Р и гидромеханизированный траншеекопатель (ГМТ) для траншей глубиной соответственно до 40 и 20 м. На плотных грунтах (III и IV групп) наиболее эффективно работают грейферные установки с жесткой подвеской к стреле крана.

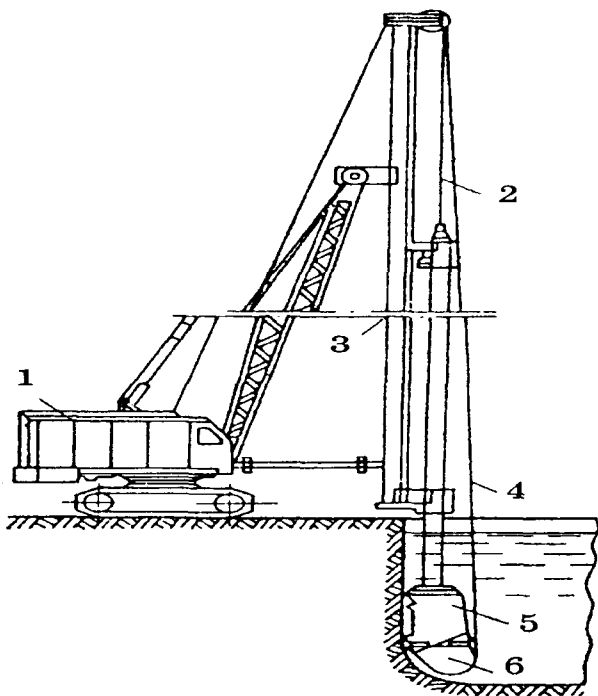


Рис. 7.33. Штанговый экскаватор: 1 – базовая машина; 2 – подъемный канат; 3 – копровая стойка; 4 – тяговый канат; 5 – ковш; 6 – днище ковша.

Глава 8. **МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БУРОВЗРЫВНЫХ И СВАЙНЫХ РАБОТ**

Процесс бурения в строительстве применяется при выполнении различных работ: для закладки взрывчатых веществ при разрушении старых фундаментов, при инженерных изысканиях, при водоснабжении, устройстве свайных фундаментов. Бурение – это процесс образования цилиндрических полостей в грунте, бетоне, кирпиче вследствие разрушения породы и извлечения ее из полости. Образованные бурением цилиндрические полости в зависимости от их диаметра подразделяют на шпур и скважины. Шпур – полость диаметром до 75 мм, а скважина – полость диаметром более 75 мм.

8.1. Способы бурения и область их применения

Породы разрушаются рабочим органом (инструментом), приводимым в движение приводами буровых или ручных машин. Разрушенная порода (шлам) из нижней части полости (забоя) удаляется непосредственно рабочим органом, продувкой полости сжатым воздухом с промывкой водой и отсосом пыли.

Как конструкция рабочего органа, так и метод удаления шлама в значительной мере определяется способом бурения. Различают механический и физический способы бурения. К механическому относят вращательное, ударное и виброударное бурение, а к физическому – термическое и гидравлическое.

Вращательное бурение основано на разрушении породы путем ее резания и истирания резцом рабочего органа (бура), имеющего одновременно вращательное и поступательное движение вдоль оси скважины. Скважины можно бурить в разных направлениях – вертикальном, горизонтальном и наклонном, что является достоинством способа. Этот способ характеризуется и высокой производительностью, так как процесс бурения происходит непрерывно.

Наиболее эффективен вращательный способ при бурении пород ниже средней прочности ($\sigma_{сж} < 150$ МПа), поскольку при бурении более прочных пород кромка резца не в состоянии скалывать стружку значительной толщины и разрушает породу истиранием. Резец быстро изнашивается, скорость бурения падает, а следовательно, уменьшается и производительность.

Ударное бурение осуществляется подъемом и опусканием тяжелого инструмента – бурового долота, которое, нанося удары по разраба-

тываемой породе, разрушает ее. После каждого удара долото поворачивается на некоторый угол относительно своей оси, и новые удары постепенно разрушают породу по всему сечению скважины, придавая ей круглую форму. Твердые породы при таком способе бурения раскалываются и дробятся, а мягкие – режутся и сминаются. Использование удара позволяет создавать большие нагрузки в зоне контакта долота и породы, что способствует разрушению пород различной прочности. Однако при бурении пород ниже средней прочности ударное бурение уступает вращательному, и его целесообразно применять для пород выше средней прочности ($\sigma_{сж} > 150$ МПа).

Виброударное бурение сочетает ударное и вращательное. Порода разрушается вращающимся рабочим органом, одновременно совершающим частые колебания вдоль своей вертикальной оси, чем достигается повышение скорости бурения. Как и ударное, виброударное бурение применяется при разработке прочных пород или при производстве работ в зимнее время.

Термическое бурение осуществляется огнеструйными горелками и высокотемпературными газовыми струями, воздействующими со сверхзвуковой скоростью на разрабатываемую породу. Порода при нагревании расширяется и в результате возникновения напряжений растрескивается и разрушается. Этот способ применяется при разработке прочных пород с высокими абразивными свойствами.

Гидравлическое бурение основано на использовании жидкости (воды), подаваемой в забой под давлением. Этот способ используется для бурения скважин в песчаных и глинистых грунтах. При бурении скальных пород этим способом используется энергия тонкой струи воды (0,8–1,0 мм), имеющей сверхзвуковую скорость при давлении около 200 МПа.

8.2. Механизмы и машины для бурения и их рабочие органы

Основными рабочими органами бурового оборудования являются винтовой бур, ударно-поворотное и шарошечное долото. Винтовой бур (рис. 8.1, а) представляет собой штангу 1 с наваренной на ней винтовой спиралью 2, нижняя кромка которой оснащена резами 3 из твердых сплавов. Ударно-поворотное долото (рис. 8.1, б) – это массивный цилиндрический стержень 4, на торце которого имеется заостренная рабочая часть 5. Внутри долота просверлен канал 6 для прохождения воздуха или воды. При подаче воды через этот канал происходит ее смешивание с разработанной породой (образуется шлам), чем облегчается удаление породы из скважины.

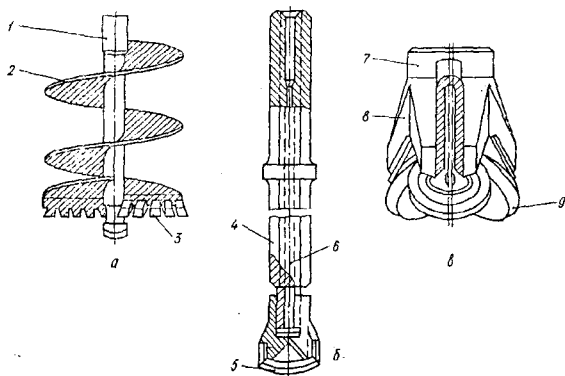


Рис. 8.1. Основные виды бурового инструмента: а – винтовой бур; б – ударно-поворотное долото; в – шарошечное долото; 1 – штанга; 2 – винтовая спираль; 3 – резец; 4 – стержень; 5 – режущая кромка; 6 – канал; 7 – корпус; 8 – лапа; 9 – шарошка.

Шарошечное долото (рис. 8.1, в) состоит из корпуса 7 с тремя лапами 8. Конические шарошки 9 насажены на цапфах и удерживаются против смещения штифтами. Внутри корпуса имеется центральный канал для продувки шарошек сжатым воздухом.

Рабочие органы бурового оборудования приводятся в движение специальными механизмами, монтируемыми на базе колесных и гусеничных тракторов, на шасси автомобиля либо являются сменным навесным оборудованием экскаватора или крана. Буровое оборудование в комплексе с базовым агрегатом (трактором, автомобилем, экскаватором или краном) образует буровую машину или буровую установку. Применение той или иной буровой машины определяется физическими свойствами грунта, в котором производится бурение, диаметром и глубиной требуемых скважин и шпуров. На рис. 8.2 приведена схема наиболее мобильной буровой машины, смонтированной на шасси автомобиля.

Бурильная штанга 4 крепится к раме автомобиля 1 кронштейном 5 и в транспортном положении (на рисунке она показано пунктирной линией) опирается на упор 2. Для перевода штанги в рабочее положение, показанное на рисунке, служит гидроцилиндр 3. Устойчивое положение бурильной штанги фиксируется домкратом 6. В движение бур при-

водится от двигателя автомобиля, а опускается и поднимается с помощью канатного полиспаста с приводом от двух цилиндров.

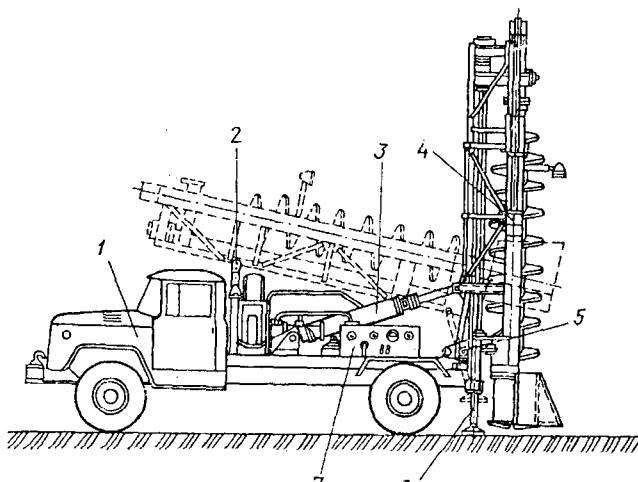


Рис. 8.2. Буровая машина: 1 – автомобиль; 2 – упор; 3 – гидроцилиндр; 4 – бурильная штанга; 5 – кронштейн; 6 – домкрат; 7 – пульт управления.

8.3. Сваи и способы их погружения

При возведении различных зданий и сооружений на грунтах, не обладающих необходимой несущей способностью, нагрузка воспринимается сваями, погруженными в грунт. Применяются деревянные, металлические, бетонные, железобетонные и комбинированные сваи, имеющие различную длину и форму поперечного сечения.

Деревянные сваи изготавливают из древесины сосны, дуба, кедра длиной 4–12 м и диаметром от 18 до 34 см. Деревянные сваи обладают небольшой массой, удобны в обслуживании и дают возможность применять простое оборудование при производстве работ. Недостатками таких свай являются их малая несущая способность, ограниченный срок службы из-за загнивания дерева в условиях переменной влажности грунта.

Металлические сваи представляют собой цельнотянутые стальные трубы диаметром от 25 до 100 см, рельсы, двутавровые балки, кото-

рые применяются в основном при строительстве крупных сооружений (мостов, телебашен и т. п.).

Железобетонные сваи получили наибольшее применение в различных областях строительства. Они могут иметь сплошное квадратное сечение от 200х200 до 400х400 мм и длину от 3 до 16 м при ненапряженной арматуре. Большую нагрузку несут сваи с предварительно напряженной арматурой, имеющие то же сечение и длину 3–20 м. Применение свай с предварительно напряженной арматурой позволяет сократить расход бетона до 20% и металла до 60% по сравнению со сваями с ненапряженной арматурой. В малоэтажном жилищно-хозяйственном и сельскохозяйственном строительстве применяются полые железобетонные сваи квадратного сечения 200х200 и 300х300 мм. При этом масса сваи и расход бетона снижаются до 40%. Бетонные и железобетонные сваи изготавливают не только в условиях завода, но и непосредственно на строительной площадке. Такие сваи называются буронабивными. Технологический процесс их изготовления состоит из бурения скважин необходимой глубины и диаметра, опускания обсадных труб, установки арматурных каркасов, бетонирования свай и извлечения обсадных труб.

В грунт сваи погружаются забивкой, вибрацией и ввинчиванием. Выбор способа погружения свай зависит от грунтовых условий, размеров и материалов свай, глубины их погружения в грунт и объема свайных работ.

Сваи погружаются в результате преодоления сил трения о грунт. Чем больше сила давления на сваю, тем быстрее преодолеваются силы трения сваи о грунт и тем интенсивнее процесс погружения. При этом в начале силы трения больше, чем в процессе движения. Поэтому при выборе свайных погружателей предпочтение следует отдавать молотам с большим числом ударов в единицу времени.

8.4. Машины и оборудование для погружения свай

Для забивки свай и шпунтов применяются молоты (механические, паровоздушные, дизельные), машины вибрационного действия (вибропогружатели и вибромолоты), копровое оборудование.

Основным элементом простейшего молота является рабочий орган, падающий с определенной высоты и наносящий удары по наголовнику, закрепленному на головке сваи.

Так устроен механический молот массой 1000–5000 кг с высотой падения рабочего органа 1,5–3 м и частотой ударов 4–12 в минуту. Из-за малой производительности такие молоты имеют ограниченное приме-

нение и используются для погружения свай небольшой длины (3–5 м) при незначительном объеме свайных работ.

Паровоздушные молоты бывают простого и двойного действия. В молотах простого действия энергию привода (пар или сжатый воздух) используют только для подъема ударной части (холостой ход), а падение ударной части (рабочий ход) происходит под действием собственного веса.

В молотах двойного действия энергию привода используют как для подъема ударной части, так и при движении ее вниз для увеличения скорости падения и соответственно силы удара.

Потребность в специальных установках для подачи пара или воздуха является недостатком паровоздушных молотов и значительно снижает возможность применения этих погружателей.

Дизельные молоты (штанговые, трубчатые) – это свайные погружатели, использующие в процессе работы энергию сгорающих газов. Они работают по принципу двухтактных двигателей внутреннего сгорания, у которых давление газов, образующееся при сгорании жидкого топлива, передается непосредственно рабочему органу – ударной части.

В штанговом дизель-молоте (рис. 8.3, а) ударной частью является массивный цилиндр 2, который, двигаясь по направляющим штангам 3, падает на поршень 1. Усилие от поршня к наголовнику сваи 11 передается через сферическую плиту 12, соединенную с поршнем и наголовником серьгой 10. Образованная шарнирная опора обеспечивает центральный удар по свае при некотором смещении осей молота и сваи.

Для пуска дизель-молота цилиндр крюком 4 кошки 5 поднимается в верхнее положение (на рисунке показано штрихпунктирной линией). При повороте крюка цилиндр под действием собственного веса падает вниз. Воздух, заполнивший полость цилиндра, сжимается, нагреваясь до температуры воспламенения топлива. Падающий цилиндр наносит удары по свае и одновременно приливом нажимает на толкатель 7 топливного насоса 8, установленного на основании поршня. Горючее, поступая по трубопроводу 9, впрыскивается форсункой 6 в цилиндр. Нагретый воздух воспламеняется, и силой взрыва цилиндр отбрасывается вверх. При этом отработанные газы свободно выходят в атмосферу. Достигнув крайнего верхнего положения, цилиндр теряет скорость и начинает двигаться вниз, вновь сжимая свежий воздух. Цикл работы повторяется, и молот работает автоматически до тех пор, пока насос не выключится. Число ударов молота 50–110 в минуту, применяется он при относительно небольших массах погружаемых свай (350–2000 кг).

В трубчатом дизель-молоте (рис. 8.3, б) ударной частью является подвижный поршень с шаровой головкой 20. Цилиндр молота 17 неподвижен и представляет собой длинную трубу, открытую сверху. В нижней части отверстие трубы закрыто пятой 13, имеющей сферическое углубление 14, соответствующее шаровой головке поршня. На нижней поверхности пяты установлен штырь 21, входящий в наголовник сваи.

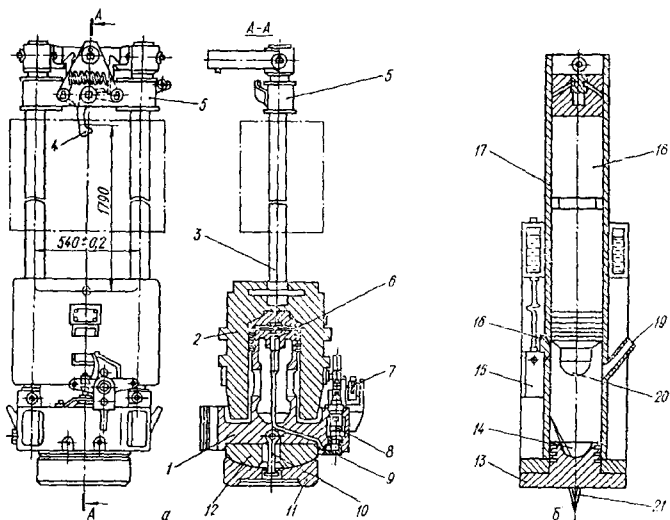


Рис. 8.3. Дизельные молоты: а – штанговый; б – трубчатый; 1 – поршень; 2 – цилиндр; 3 – штанга; 4 – крюк; 5 – кошка; 6 – форсунка; 7 – толкатель; 8, 15 – топливные насосы; 9 – трубопровод; 10 – серьга; 11 – наголовник; 12 – сферическая плита; 13 – пята; 14 – углубление; 16 – рычажок; 17 – цилиндр; 18 – поршень; 19 – выхлопные окна; 20 – шаровая головка; 21 – штырь.

Дизель-молот подвешивают к стреле копра, устанавливают на головку сваи и закрепляют в стреле. Затем поршень лебедкой копра с помощью захвата кошки поднимают в верхнее положение.

После раскрытия кошки поршень под действием собственного веса начинает двигаться вниз. При падении он отжимает рычажок 16 топливного насоса 15, приводит его в действие, тем самым обеспечивая подачу топлива в сферическое углубление. Опускаясь вниз, поршень перекрыва-

ет выхлопные окна 19, сжимая воздух до объема кольцевой камеры сгорания, образованной поверхностями рабочего цилиндра, поршня и углублением пяты. В момент удара поршня о пяту энергия затрачивается на погружение сваи и на сжатие смеси. Топливо воспламеняется, силой давления расширяющихся газов поршень подбрасывается вверх, и цикл работы молота повторяется. Число ударов молота 50–60 в минуту.

Основные преимущества дизель-молотов – независимость от сторонних источников энергии, простота устройства и эксплуатации, высокая производительность. Эти преимущества обеспечили дизель-молотам широкое распространение.

Для значительной группы свайных погружателей используется эффект вибрации. Сущность этого способа состоит в сообщении свае вертикальных колебаний. В результате этого в зоне контакта сваи с грунтом уменьшаются силы сцепления, и свая начинает проскальзывать относительно грунта, то есть погружается. Колебания свае сообщаются рабочим органом свайного погружателя – вибровозбудителем.

К машинам для забивки свай, использующим эффект вибрации, относятся **вибропогружатели и вибромолоты**.

Вибропогружатель (рис. 8.4, а) состоит из вибровозбудителя направленного действия 2 с дебалансами 3, электродвигателя 4, служащего приводом, и наголовника 1, крепящегося к свае своими щеками. Вращение от электродвигателя валов дебалансов передается клиноременной передачей. При вращении валов возникает центробежная (вынуждающая) сила P_0 , приводящая в колебание погружатель и сваю. Необходимая для успешного погружения сваи сила подбирается в зависимости от водонасыщенности грунта, вида, размеров и веса сваи. Рассмотренный вибропогружатель применяется в основном для погружения свай в водонасыщенные несвязные грунты. Недостатком таких погружателей является быстрый износ электродвигателя, так как он подвергается вибрации.

Вибромолот (рис. 8.4, б) представляет собой более совершенную конструкцию, поскольку значительно снижается передача вибрации на электродвигатель. Это достигается установкой между вибровозбудителем и электродвигателем пружин 6, служащих виброизоляторами. Электродвигатель крепится на плите 5, создающей дополнительное давление на погружаемую сваю.

Вибромолот (рис. 8.4, в) отличается от вибропогружателей введением в конструкцию ударника 7 и наковальни 8, служащих ограничителями колебаний. Зазор между ними меньше амплитуды колебаний. Поэтому наряду с вибрацией возникает удар ударника по наковальне. Таким

образом, вибромолоты сочетают преимущества вибропогружателей и свайных молотов ударного действия. Вибромолотами сваи погружаются в 3...4 раза быстрее, чем погружателями той же мощности, и область их применения в связи с этим значительно шире. Они используются для погружения (или извлечения) металлических и железобетонных свай в грунты различной плотности и состава породы.

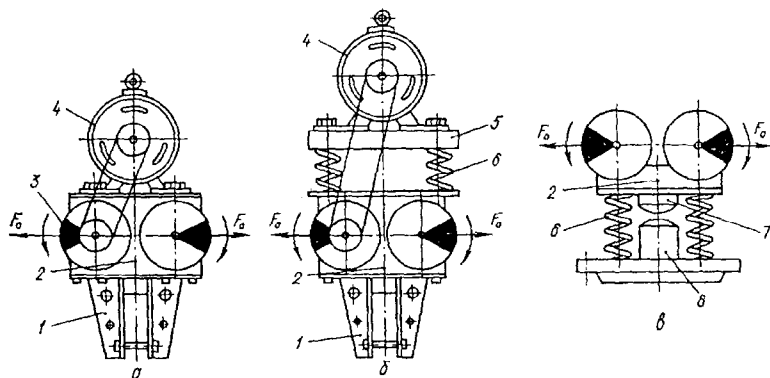


Рис. 8.4. Схемы вибрационных погружателей свай: а, б – вибропогружатели; в – вибромолот; 1 – наголовник; 2 – вибровозбудитель; 3 – дебаланс; 4 – электродвигатель; 5 – плита; 6 – пружина; 7 – ударник; 8 – наковальня

Наряду с основным оборудованием при погружении свай используется и вспомогательное. К нему относятся машины и оборудование для срезки голов свай, монтажная оснастка, средства подмащивания, транспортное оборудование.

Технологический процесс и операции свайных работ – перемещение, установка на место погружения, наведение и погружение свай выполняются специальными машинами – **копрами и копровым оборудованием**, оснащенным молотами и другими погружателями свай. При этом копры и копровое оборудование участвуют в работе при выполнении всех технологических процессов и операций, а молоты или погружатели заняты только в процессе непосредственного погружения свай.

Схемы основных типов копров и копрового оборудования приведены на рис. 8.5.

Для малых рассредоточенных объемов свайных работ, а также для погружения свай и свай-колонн при строительстве производственных

сельскохозяйственных зданий и сооружений наиболее рациональны копры, навешиваемые на стандартные транспортные машины на пневмоходу. Обладая хорошей мобильностью, такой копер может быстро перемещаться на значительные расстояния. При переездах с объекта на объект копровое оборудование укладывают в транспортное положение без разборки, снятия молота и применения дополнительных грузоподъемных механизмов.

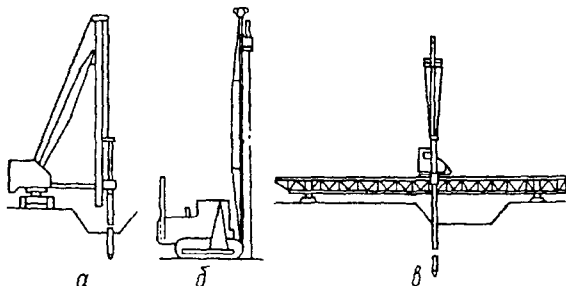


Рис. 8.5. Схемы основных типов копоров: а – с навесным оборудованием без механизма наведения свай; б – то же, с механизмом наведения; в – мостовой.

Для погружения тяжелых свай длиной более 12 м используются рельсовые копры, перемещающиеся по специально устроенному рельсовому пути. Как и другие типы копоров, рельсовые копры могут быть универсальными, то есть оснащенными механизмами, обеспечивающими поворот копра на 360° с возможностью погружения как вертикальных, так и наклонных свай.

Сменная техническая производительность копоров и оборудования ориентировочно определяется по формуле:

$$P_c = T_c / T_{pc}, \quad (8.1)$$

где T_c – общая продолжительность смены, ч; T_{pc} – продолжительность рабочего цикла (ч) копра при погружении одной сваи, определяемая по формуле:

$$T_{pc} = T_n + T_g + T_y, \quad (8.2)$$

где T_n – время чистого погружения сваи, ч; T_g – время, необходимое на проведение вспомогательных операций (переезд машины на новую позицию, подтаскивание, подъем, ориентирование сваи в процессе ее уста-

новки и погружения), ч; T_y – удельное время, учитывающее продолжительность технологических и организационных перерывов в работе, время сменного технического обслуживания машины и прочие расходы времени, приходящиеся на рабочий цикл.

Выбор машин и оборудования для буровых работ определяется размерами и объемом необходимых шпуров и скважин, твердостью породы. При бурении шпуров и небольших скважин (глубиной до 10 м) применяются пневматические бурильные молотки. Бурение скважин различного диаметра и глубины выполняется бурильными машинами и станками. При работе с пневматическими бурильными молотками необходимо тщательно следить за состоянием всех частей молотка и своевременной их смазкой. Оси бурильного молотка и шпура в процессе сверления должны совпадать, так как даже при незначительном отклонении бур быстро изнашивается и может сломаться. Основные параметры бурильных машин и станков – осевое давление, частота вращения, мощность – определяются в зависимости от диаметра скважины и крепости пород. Значения необходимых параметров указываются в инструкции по эксплуатации. Средняя скорость бурения машин 7–10 м/ч.

Необходимая глубина погружения сваи определяется ее несущей способностью. **Несущей способностью сваи** называется наибольшая расчетная нагрузка на сваю (в кН). Она позволяет нормально эксплуатировать здание или сооружение.

При забивке свай необходимо соблюдать режим работы молота. Продолжительность непрерывной работы его не должна превышать 15–25 мин, после чего необходимо делать перерыв на 5–8 мин. После погружения сваи в грунт следует остановить молот, так как дальнейшая работа в таком режиме может вызвать поломку его деталей.

При эксплуатации вибропогружателей и вибромолотов частота тока должна составлять 50 Гц, напряжение не должно превышать 5–10% нормального значения. Поскольку эти машины испытывают значительные циклические нагрузки, необходимо не менее двух раз в смену тщательно осматривать болтовые соединения электродвигателя, привода, шарниров, наголовников, концевых гаек валов, соединения электрического кабеля, сварные швы наголовников, корпуса вибровозбудителей.

Глава 9. МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И СОРТИРОВКИ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В строительстве для приготовления бетонных смесей и растворов используется большое количество каменных (нерудных) материалов – щебня, гравия и песка. Гравий и песок – это естественный сыпучий материал. Гравий состоит из зерен окатанной формы крупностью 3–70 мм, а песок – из зерен, крупность которых 0,1–5 мм. Щебень получают из естественного камня дроблением взорванных скальных пород.

Дроблением называют процесс разрушения твердого тела путем воздействия на него внешних механических сил с целью уменьшения кусков до заданной крупности. В зависимости от крупности зерен щебень разделяют на следующие основные фракции: 5–10, 10–20, 20–40 и 40–70 мм. Необходимую фракцию можно получить в одну или несколько стадий дробления, поэтому различают **одностадийное и многостадийное дробление**.

9.1. Общие сведения о процессах измельчения. Классификация машин для измельчения

Материал измельчается в машине, называемой дробилкой. Комплект машин, объединенных в единую схему, называют дробильной установкой. Эффективность работы машин и установок оценивается их производительностью, энергоемкостью процесса и качеством получаемого продукта, определяемым размером частиц и их формой. Одним из основных показателей является степень измельчения. Она представляет собой отношение первоначального размера кусков горной породы к размеру его кусков после выхода из дробилки:

$$i = \frac{D_{cp}}{d_{cp}}, \quad (9.1)$$

где D_{cp} – средневзвешенный размер загруженных в дробилку кусков; d_{cp} – средневзвешенный размер кусков после дробления. Таким образом, степень измельчения i показывает, во сколько раз первоначальный размер куска породы уменьшился в результате дробления. В зависимости от крупности дробимого материала и дробленного продукта стадии дробления имеют особые названия: первая стадия – крупное дробление, $D_{cp} = 300–1500$ до $d_{cp} = 100–350$ мм; вторая стадия – среднее дробление, $D_{cp} = 100–350$ до $d_{cp} = 40–109$ мм; третья стадия – мелкое дробление, $D_{cp} = 40–100$ до $d_{cp} = 5–10$ мм. Следовательно, степень измельчения в дробильных машинах $i = 3–30$.

Известны следующие основные способы дробления: раздавливание (рис. 9.1, а), раскалывание (рис. 9.1, б), излом (рис. 9.1, в), удар (рис. 9.1, г) и истирание (рис. 9.1, д). Обычно различные способы действуют одновременно, например раздавливание и истирание, удар и истирание и т. д.

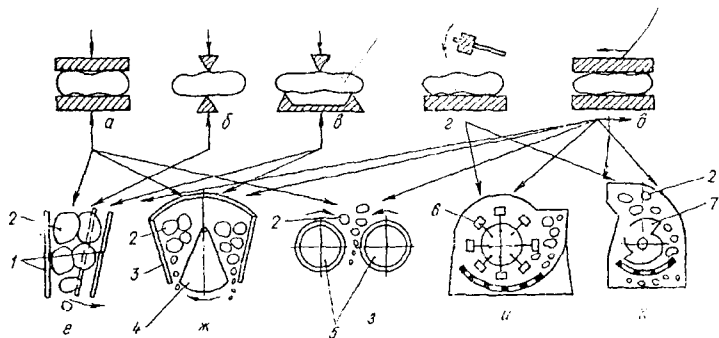


Рис.9.1. Способы разрушения материала и их применение в различных дробильных машинах: а – раздавливание; б – раскалывание; в – излом; г – удар; д – стирание; е – в щековых дробилках; ж – в конусных; з – в валковых; и – в молотковых; к – в роторных; 1 – щеки; 2 – измельчаемый материал; 3 – неподвижный конус; 4 – подвижный конус; 5 – валки; 6 – молотки; 7 – била

В зависимости от способа дробления конструкции дробилки подразделяют на следующие основные группы:

- **щековые** (рис. 9.1, е); в них материал 2 измельчается под действием раздавливания, раскалывания, частичного излома и истирания в пространстве между двумя щеками 1 при их периодическом сближении;
- **конусные** (рис. 9.1, ж); в них материал 2 дробится раздавливанием, изломом, частично истиранием между двумя конусами, один из которых 4 движется эксцентрично по отношению к неподвижному конусу 3;
- **валковые** (рис. 9.1, з); в них материал 2 дробится раздавливанием между двумя валками 5, вращающимися навстречу друг другу;
- **ударного действия**: молотковые (рис. 9.1, и) и роторные (рис. 9.1, к); в молотковых дробилках материал 2 в основном измельчается за счет ударов по нему шарнирно-подвешенных молотков, а в роторах – за счет ударов по материалу жестко закрепленных к ротору бил 7.

Рассмотрим конструкции основных типов дробилок и область их применения.

9.2. Конструкции дробилок и область их применения

Щековые дробилки используются в основном для крупного и среднего дробления пород с пределом прочности на сжатие до 300 МПа. Основными рабочими элементами дробилки являются две щеки, одна из которых, как правило, неподвижна. Дробилка характеризуется следующими размерами: B – шириной приемного отверстия (зева); L – длиной камеры дробления (под камерой дробления подразумевается пространство между щеками); H – высотой рабочей камеры дробилки; l – минимальным размером выходной щеки; S – ходом качения щеки.

Типоразмер дробилки определяется обычно как произведение величин $B \times L$. Например, тип дробилки ЩКД 900х1200 означает, что это щековая (Щ) крупного (К) дробления (Д) дробилка с размерами приемного отверстия 900 (B) на 1200 (L) мм. Максимально возможная крупность кусков, загружаемых в дробилку, определяется по ширине B . Принимается, что наибольший диаметр загружаемого материала $D = 0,85 B$.

Щековые дробилки бывают разнообразных конструкций, однако в основном применяются дробилки с простым и сложным движением подвижной щеки.

Щековая дробилка с простым движением подвижной щеки (рис. 9.2, а) имеет станину 5, в верхней части которой на оси 4 закреплена подвижная щека 3; передняя внутренняя торцевая стенка станины, к которой крепится дробящая плита 1, образуют неподвижную щеку 2. В выемках боковых стенок станины на подшипниках 6 установлен вал 7, на эксцентриковой части которого подвешен литой шатун 8. В нижней части шатуна и подвижной щеки имеются пазы для установки сухарей, в гнезда которых входят торцы передней и задней распорных плит 15. Для изменения выходной щели подвижной щеки установлено клиновое регулировочное устройство 14. Постоянная связь между подвижной щекой, распорными плитами, шатуном и клиновым устройством осуществляется тягами 13 и пружинами 12. На концах эксцентрикового вала закреплены два маховика 9, один из которых является шкивом клиноременной передачи 10 привода 11.

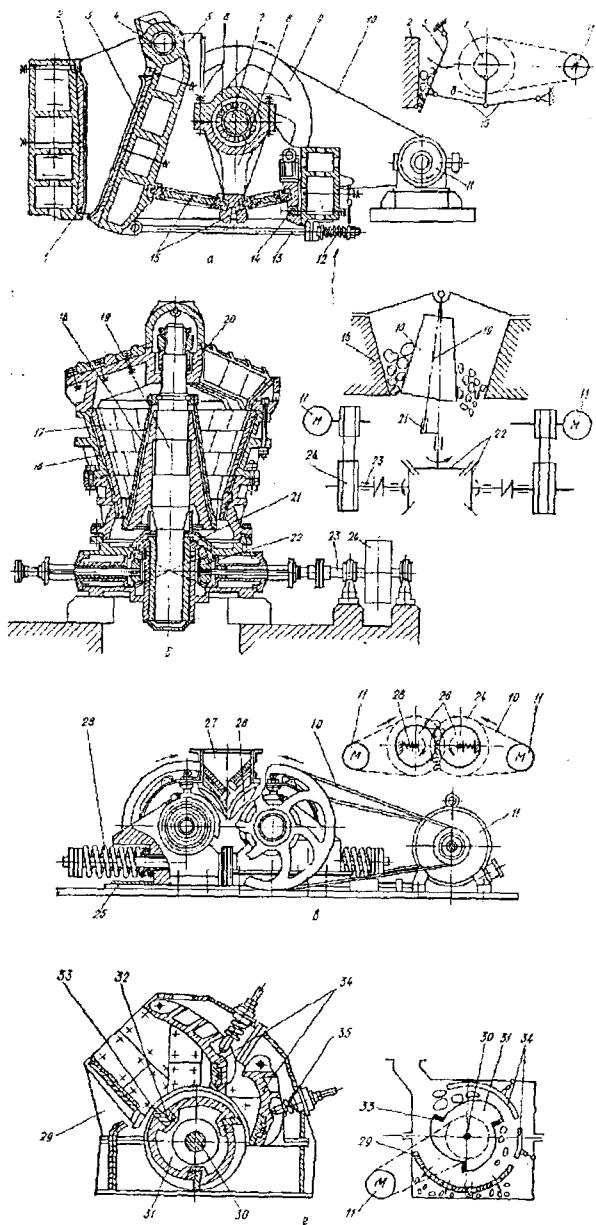
При вращении эксцентрикового вала шатун, совершая возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости, попеременно поднимает и опускает примыкающие к нему торцы распорных плит. При этом подвижная щека приближается к неподвижной, обеспечивая процесс измельчения (рабочий ход), или удаляется (холостой ход). Инерционная масса вращающихся маховиков снижает неравномерность хода неподвижной щеки, способствует накоплению энергии при холостом ходе, отдавая ее при рабочем ходе, что ведет к уменьшению энергоемкости процесса дробления.

Траектория движения точек подвижной щеки представляет собой дугу. Если принять, что ход щеки в нижней точке равен 5, то горизонтальная составляющая хода в верхней точке будет значительно меньше – 0,55. При этом вертикальные составляющие хода в нижней и верхней точках соответственно равны 0,35 и 0,155. Небольшой ход в верхней зоне является одним из недостатков дробилок с простым движением щеки. Этот недостаток не характерен для дробилок со сложным движением щеки. Отличительная особенность такой дробилки – отсутствие шатуна. Его заменяет подвижная щека, подвешенная непосредственно на эксцентриковой части приводного вала. В этом случае траектории движения точек подвижной щеки представляют собой замкнутые кривые, чаще всего эллипсы.

Дробилки со сложным движением щеки проще по конструкции, компактнее и менее металлоемки, чем дробилки других типов. Поэтому они часто применяются в передвижных установках.

Конусные дробилки (рис. 9.2, б) применяются для крупного (ККД), среднего (КСД) и мелкого (КМД) дробления горных пород средней и большой твердости. Дробилки ККД характеризуются шириной приемного отверстия, а дробилки КСД и КМД – диаметром основания подвижного конуса. В зависимости от их назначения и конструктивных особенностей различают два типа конусных дробилок: с крутым дробящим конусом (для крупного дробления) и с пологим (грибовидным) дробящим конусом (для среднего и мелкого дробления).

Основными элементами дробилки являются неподвижный 16 и подвижный 18 усеченные конусы. Неподвижный конус представляет собой сборный корпус, укрепленный на массивной станине. Внутренняя часть корпуса футерована сменными плитами 17, образующими дробящую поверхность неподвижного конуса. Подвижный конус закреплен на валу 19, верхний конец которого шарнирно крепится в узле подвески 20, а нижний – в эксцентриковой втулке 21. При вращении эксцентриковой втулки, обеспечиваемом конической парой 22 от приводного вала 23 и шкива 24, ось вала подвижного конуса описывает коническую поверхность с вершиной в точке подвеса. Таким образом, обеспечивается сближение поверхностей подвижного и неподвижного конусов. На участке сближения происходит процесс дробления, а на стороне, противоположной дроблению, поверхности расходятся и камень под собственным весом опускается вниз через разгрузочную щель дробилки. Ширина этой щели меняется: от наименьшей l до наибольшей $l+2r$, где r – эксцентриситет внутренней втулки эксцентриковой втулки.



В отличие от щековых дробилок процесс измельчения в конусных происходит не периодически, а непрерывно. В этом их преимущество.

Валковые дробилки (рис. 9.2, в) используются для среднего и мелкого дробления пород средней ($\sigma_{сж} = 150$ МПа) и малой ($\sigma_{сж} = 80$ МПа) прочности. Такая дробилка состоит из рамы 25, на которой смонтированы два вала 26. Валок закреплен на валу, установленном в корпусах на подшипниках скольжения и имеет свой привод, состоящий из шкивов 24, клиноременной передачи 10 и двигателя 11. Необходимый для измельчения материал поступает в приемную воронку 27. При вращении валков материал затягивается в пространство между валками и дробится. Для предотвращения поломки валков при попадании недробимого материала один валок может отойти от другого. С этой целью опоры валков опираются на пружины 28 и могут перемещаться.

Дробилки ударного действия (роторные и молотковые) применяются для крупного и мелкого дробления пород малой абразивности, прочностью до 200 МПа.

В коробчатом корпусе 29 роторной дробилки (рис. 9.2, г) на вал 30 насажен массивный ротор 31. В корпусе ротора имеются симметрично расположенные пазы, в которых вмонтированы с помощью специальных клиньев 32 била 33. Била вращающегося от привода 11 ротора наносят поступающим в дробилку кускам породы удары, под действием которых куски разбиваются и отбрасываются на отражательные плиты 34. Ударяясь о плиты, они дополнительно измельчаются и проходят через колосниковую решетку. С помощью буферов и тяг 35 регулируются

Рис. 9.2. Конструкции и принципиальные схемы дробилок:

а – щековая дробилка с простым движением щеки; б – конусная дробилка; в – валковая дробилка; г – роторная дробилка;

1 – дробящая плита; 2 – неподвижная щека; 3 – подвижная щека; 4 – ось; 5 – станина; 6 – подшипники; 7 – эксцентриковый вал; 8 – шатун; 9 – маховик; 10 – ремень; 11 – электродвигатель; 12 – пружина; 13 – тяга; 14 – регулировочное устройство; 15 – распорные плиты; 16 – неподвижный корпус; 17 – сменные плиты; 18 – подвижный корпус; 19 – вал подвижного корпуса; 20 – узел подвески; 21 – эксцентриковая втулка; 22 – коническая пара; 23 – приводной вал; 24 – шкив; 25 – рама; 26 – валок; 27 – приемная воронка; 28 – пружины; 29 – корпус; 30 – вал; 31 – ротор; 32 – клинья.

зазоры между рабочей кромкой бил и плитами в зависимости от требуемой крупности дробленого материала.

Дробилки ударного действия широко распространены благодаря их высокой производительности, большой степени измельчения ($i = 30$), малой металлоемкости и небольшим габаритным размерам.

9.3. Общие сведения о процессах сортировки.

Просеивающие поверхности

Исходное сырье производства строительных материалов представляет собой неоднородную по крупности смесь, содержащую различные примеси и включения. В процессе переработки сырье необходимо разделить на сорта по крупности, удалить из материала примеси и включения. Наиболее распространенный способ сортировки сыпучих материалов – механический.

Сортировка – это процесс разделения измельченного материала на частицы определенной крупности (на фракции). Сортируются материалы на машинах, называемых грохотами. Рабочими органами грохотов являются просеивающие поверхности – сита, решета или колосники.

Сита различают по способу плетения, форме ячеек (квадратная и прямоугольная), сечению проволоки (круглая и специального профиля), форме проволоки (предварительно изогнутая и прямая). Сварное сито изготавливают на месте эксплуатации из стальных прутков диаметром 7–8 мм, размер ячеек – 40–70 мм. Долговечность сита зависит от материала, из которого оно изготовлено, и в значительной степени от того, как оно закреплено в грохоте.

Грохочение осуществляется при движении материала по просеивающей поверхности. При этом материал, проходящий через сито, называется подрешетным (нижним) классом, а материал, не прошедший через сито, – надрешетным (верхним) классом.

Процесс грохочения оценивают эффективностью η . Если принять, что A – количество подрешетного продукта в общем исходном материале, то эффективность грохочения

$$\eta = \frac{A - A_1}{A} \cdot 100\%, \quad (9.2)$$

где A_1 – количество подрешетного продукта, уносимое с верхним классом. В реальных машинах $\eta = 90$ –95%.

В строительной промышленности в основном применяются плоские вибрационные грохоты с гириационным (эксцентриковым) и инерционным приводами.

Гиравционный грохот (рис. 9.3, а) состоит из основания 1 (обычно сварной рамы), на которое через пружины 2 опирается короб 3 с ситами 10. В центральной части короба имеются отверстия, через которые на шатунных опорах 9 установлен эксцентриковый вал 8. Выходные концы вала опираются на неподвижную раму посредством опор 6. Привод эксцентрикового вала от электродвигателя 5 осуществляется клиноременной передачей 4. При вращении вала за счет эксцентриситета каждая точка подвижного короба описывает траекторию в виде окружности. Находящийся на ситах материал подбрасывается и, перемещаясь по ситам, просеивается. Маховики с противовесами 7 уравнивают инерционные силы колеблющегося короба, тем самым снижая нагрузки на коренные подшипники.

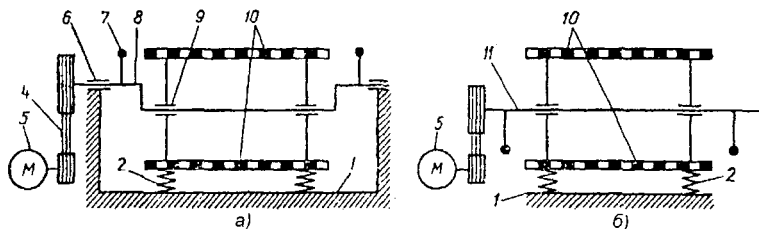


Рис.9.3. Общий вид и принципиальные схемы грохотов:
 а – гиравционного (эксцентрикового); б – инерционного;
 1 – рама; 2 – пружины; 4 – ремень; 5 – электродвигатель;
 6 – коренные опоры; 7 – противовесы; 8 – эксцентриковый вал;
 9 – шатунные опоры; 10 – сито; 11 – вибровозбудитель.

Инерционный грохот (рис. 9.3, б) отличается от гиравционного устройством механизма, обеспечивающего колебания рабочего органа (сита). Этим механизмом в инерционных грохотах служит вибровозбудитель 11. Вибровозбудители бывают центробежные, пневматические, электромагнитные. Наиболее широко распространены в грохотах центробежные вибровозбудители дебалансного типа. Дебалансный вибровозбудитель представляет собой вал, на котором укреплен неуравновешенный груз, называемый дебалансом. Вибровозбудитель устанавливается в корпусах подшипников подвижной части грохота. При вращении вала с угловой частотой ω из-за неуравновешенности дебаланса массой m_0 возникает центробежная сила, равная произведению этой массы на угловое ускорение $r_0 \omega^2$:

$$F_o = m_o r_o \omega^2, \quad (9.3)$$

где r_o — эксцентриситет дебаланса — расстояние от центра вращения вала до центра тяжести дебаланса.

Центробежная сила F_o , называемая вынуждающей силой, обеспечивает смещение центра тяжести грохота в точку O на амплитуду X_o (рис. 9.4).

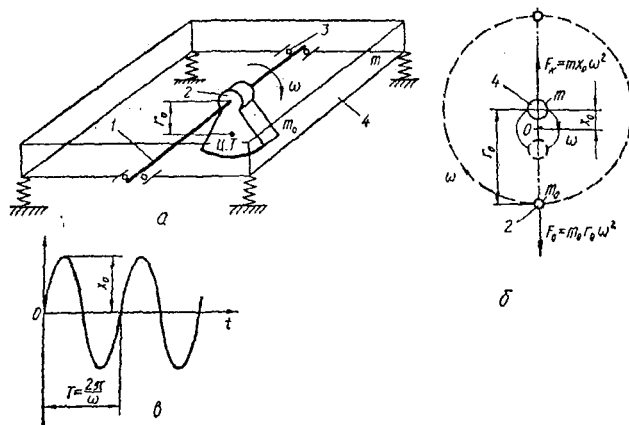


Рис. 9.4. Устройство и принцип действия центробежного дебалансного вибровозбудителя: а — схема работы; б — схема взаимодействия сил; в — развертка колебаний; 1 — вал; 2 — дебаланс; 3 — подшипники; 4 — короб.

Под амплитудой колебаний принимается (рис. 9.4, в) наибольшее удаление колеблющейся массы от положения ее равновесия. Колебания характеризуются также периодом T , связанным с частотой ω .

$$T = 2\pi/\omega, \quad (9.4)$$

где 2π характеризует цикличность процесса.

Поскольку вынуждающая сила за один оборот меняет свое направление на 360° (2π), корпус качается с той же частотой вынуждающей силы по окружности с радиусом, равным амплитуде колебания. Тогда в машине возникает реакция, которая без учета сил упругости пружин и рассеяния энергии в системе,

$$R_m = m x_o \omega^2. \quad (9.5)$$

Из условия равновесия сил в динамической системе F_o и R_m получим

$$m_o r_o \omega^2 = m x_o \omega^2, \quad (9.6)$$

откуда амплитуда колебаний,

$$x_o = \frac{m_o r_o}{m}, \quad (9.7)$$

где $m_o r_o$ — статический момент дебаланса.

Из вышесказанного следует, что амплитуда колебаний инерционного грохота определяется в зависимости от колеблющейся массы m с учетом массы материала, в то время как в гирационном грохоте амплитуда колебаний равна эксцентриситету вала и от нагрузки не зависит.

Производительность грохота, $\text{м}^3/\text{ч}$, зависит от площади сита S , м^2 , и его удельной производительности q , $\text{м}/\text{ч}$:

$$P = q \cdot S \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (9.8)$$

где k_1 — коэффициент, характеризующий содержание зерен в исходном продукте; k_2 — коэффициент, учитывающий форму зерен (щебень, гравий); k_3 — коэффициент, учитывающий тип грохота (горизонтальный, наклонный).

9.4. Передвижные дробильно-сортировочные установки

Дробильные машины и грохоты, увязанные по эксплуатационной производительности в единую схему, представляют собой дробильно-сортировочную установку, которая может быть стационарной или передвижной. Стационарные дробильно-сортировочные установки (заводы) строятся на крупных месторождениях, обеспечивающих работу такого завода не менее чем на 25 лет. На месторождениях малой мощности выгоднее создавать временные предприятия. Это обычно передвижные дробильно-сортировочные установки (ПДСУ). ПДСУ — комплект машин, смонтированных на одной или нескольких рамах, приспособленных для быстрой транспортировки с одного места эксплуатации на другое. Срок эксплуатации ПДСУ на одном месте зависит от ее типоразмера, конкретных требований строительных организаций и, как правило, составляет 1–3 года, а иногда и более.

По производительности ПДСУ разделяются на три основные группы: малой (до 10 т/ч), средней (до 50 т/ч) и большой (свыше 50 т/ч).

Установка малой производительности (рис. 9.5) состоит из щековой дробилки со сложным движением щеки I , в приемное отверстие

которой поступает материал, а также двухситного вибрационного грохота 2, где раздробленный материал, поступающий самотеком из дробилки, разделяется на две фракции и отсеив. Дробилка и виброгрохот приводятся в движение клиновыми ремнями 8 от шкива дизеля 4 и смонтированы на раме 5, установленной на две ходовые тележки 6. Задняя тележка соединена с рамой жестко, а передняя – шарнирно, что обеспечивает транспортировку установки тягачом. Максимальный размер товарных фракций зависит от разгрузочной щели дробилки и может составлять 25–70 мм. При ширине выходной щели 50 мм установка обеспечивает производительность 10 т/ч.

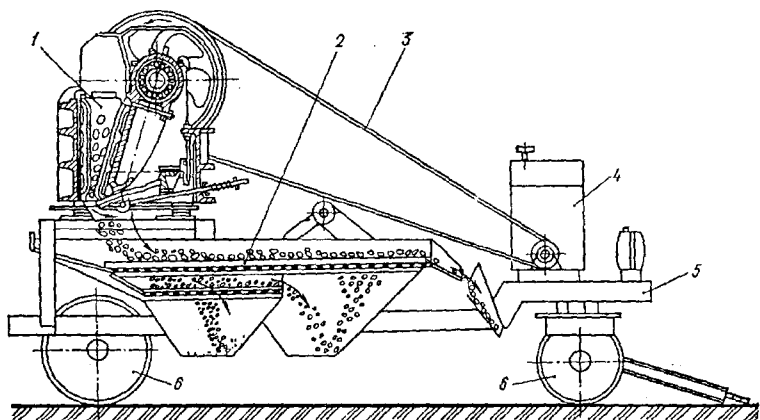


Рис. 9.5. Передвижная дробильно-сортировочная установка малой производительности: 1 – щековая дробилка; 2 – вибрационный грохот; 3 – ремень; 4 – привод; 5 – рама; 6 – тележка.

Установка *средней производительности* состоит, как правило, из агрегата крупного дробления (рис. 9.6, а) и агрегата мелкого дробления (рис. 9.6, б). Они могут работать как отдельно, так и совместно (рис. 9.6, в). Устроена и работает установка следующим образом. Исходная горная масса с кусками крупностью до 240 мм загружается экскаватором, погрузчиком или автотранспортом 1 в приемный бункер 2 агрегата крупного дробления и далее пластинчатым питателем 3 подается на наклонную колосниковую решетку 4. Материал, прошедший через решетку, попадает в лоток 5, а затем на конвейер 7.

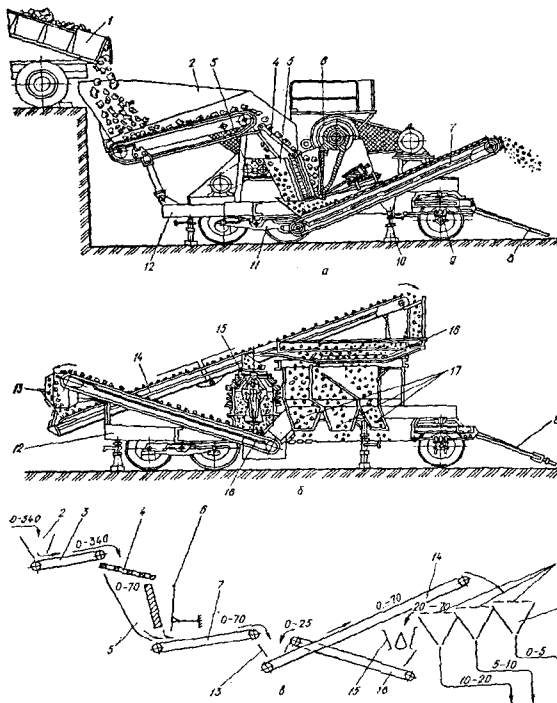


Рис. 9.6. Передвижная дробильно-сортировочная установка средней производительности: а – агрегат крупного дробления; б – агрегат мелкого дробления; в – схема работы установки; 1 – погрузчик; 2, 17 – бункеры; 3 – пластинчатый питатель; 4 – колосниковая решетка; 5 – лоток; 6 – щековая дробилка; 7, 14, 18 – конвейеры; 8 – прицепное устройство; 9 – передняя тележка; 10 – домкрат; 11 – задняя тележка; 12 – рама; 13 – приемная воронка; 15 – конусная дробилка; 16 – грохот.

Крупный материал поступает в дробилку 6, где он измельчается и под собственным весом попадает на тот же конвейер 7. При необходимости материал направляется для дальнейшей переработки на второй агрегат. Тогда с конвейера 7 материал через воронку 18 конвейером 14 перемещается на виброгрохот 16. Сошедший с верхнего сита грохота

материал направляется на доизмельчение в конусную дробилку 15, дробится там и конвейером 18 доставляется в приемную воронку 13, а далее снова на конвейер 14 и на виброгрохот 16. Таков замкнутый цикл дробления. Материал, прошедший через верхнее и нижнее сита виброгрохота и рассортированный на фракции, поступает в соответствующие бункеры 17, а затем на склад готовой продукции или для загрузки.

Оборудование агрегатов смонтировано на рамах 12, установленных на переднюю одноосную 9 и заднюю 11 двухосную тележки с пневматическими колесами. Передняя тележка имеет поворотную опору с прицепным устройством 8 для присоединения к тягачу. При эксплуатации установки агрегаты опираются на винтовые домкраты 10.

Установка может комплектоваться дизель-генераторной станцией, позволяющей эксплуатировать ПДСУ в районах, удаленных от линий электропередач.

9.5. Мельницы

Мельницы применяются для тонкого измельчения каменного материала в порошок. Помол осуществляется раздавливанием этого материала между частями мельниц. Часто раздавливание сопровождается ударом. Обычно степень измельчения не превышает 10. При необходимости повышения степени измельчения применяют двухступенчатый помол.

Обычно применяемые мельницы разделяют на следующие виды:

– шаровые (рис. 9.7), представляющие собой вращающийся барабан, в который наряду с каменным материалом загружаются стальные шары; здесь размол осуществляется истиранием материала между шарами и футеровкой барабана, а также ударом при падении шаров;

– стержневые, отличающиеся от шаровых тем, что здесь вместо шаров имеются стержни;

– вибрационные, где шаровым мельницам сообщают колебательные движения;

– бегунковые, в которых материал измельчается перекатывающимися по кольцевой дорожке массивными бегунками.

Наибольшее распространение получили шаровые мельницы, которые могут быть с диафрагмой и без нее (рис. 9.7). В первом случае при перекрытии решетки диафрагмы имеется возможность более длительного пребывания материала в мельнице, а следовательно и более тонкого ее помола. Футеровкой обычно служат укрепленные на стержнях стальные плиты. Привод мельниц осуществляется через зубчатую пару.

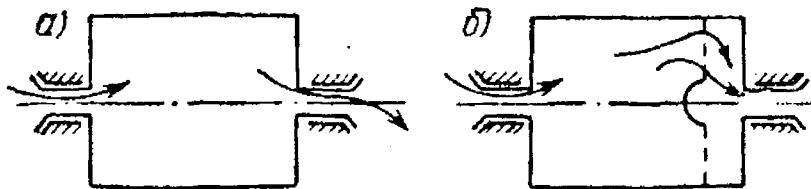


Рис. 9.7. Шаровые мельницы с разгрузкой через: а – цанфу; б – диафрагму.

Мельницы изготовляют однокамерными и двухкамерными. В первой камере двухкамерной мельницы производится грубый помол материала, а во второй — тонкий. Из первой во вторую камеру материал поступает через отверстия в перегородке.

Помол может быть сухим или мокрым. В последнем случае он производится в присутствии какой-либо “активной” жидкости, например воды, которая ввиду физико-химического “сродства” с разрушаемым материалом и наличия в последнем микротрещин ускоряет процесс размола, повышает его тонкость и снижает энергоемкость.

Длину барабана мельницы обычно выбирают в пределах $(0,7-1,5)D$, где D — ее диаметр. Диаметр шаров составляет $50-125$ мм. Шары изготовляются из высокомарганцовистой или хромистой стали. В мельницы обычно загружают шары двух размеров. Общий объем шаровой загрузки составляет $40-50\%$ от рабочего объема мельницы.

Чтобы процесс помола был эффективным, шары должны падать с максимальной высоты. Это условие соблюдается в случае, когда частота вращения мельницы выбирается равной $(0,7-0,8)n_{кр}$. Здесь $n_{кр}$ — критическая частота вращения, при которой вес шара уравновешивается центробежной силой, вследствие чего он не падает. Критическая частота вращения может быть найдена из уравнения:

$$\frac{mv^2}{R} = mg \quad (9.9)$$

где m — масса шара, кг; R — радиус мельницы, м; v — линейная скорость, м/с.

Учитывая, что

$$v = 2\pi R n_{кр}, \quad (9.10)$$

где $n_{кр}$ — критическая частота вращения, 1/с, принимая во внимание,

$\pi \approx \sqrt{g}$, можно найти

$$n_{кр} = \frac{1}{2\sqrt{R}} \quad (9.11)$$

Ввиду того что производительность (м³/ч) мельницы теоретическим путем определить невозможно, ее находят по производительности другой, уже известной мельницы:

$$П = П_1 \frac{V_2}{V_1} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{0,6} \quad (9.12)$$

где $П_1$ — производительность известной мельницы объемом V_1 и диаметром D_1 , м³/ч; V_2 — объем рассчитываемой мельницы, м³.

На основании опытных данных установлена следующая энергоемкость процесса помола (в кВт.ч на 1 т получаемого продукта):

При грубом помоле	0,8–1,2
При тонком помоле	1,2–2,0
При весьма тонком помоле	2,0–6,0

Пользуясь этими данными, можно по производительности мельницы найти необходимую мощность двигателя. При этом нужно иметь в виду, что пусковая мощность примерно в 3,5 раза превышает ту, которая соответствует установившемуся режиму. Расход шаров за счет их износа на 1 т получаемого продукта составляет 0,9–1,6 кг.

При размолке некоторых материалов, особенно при мокром помоле, весьма эффективны вибрационные мельницы. Здесь корпус шаровой мельницы опирается на пружинную опору, и при помощи возбuditеля эксцентрикового типа ему сообщаются колебательные движения.

Глава 10. МАШИНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

10.1. Машины для перемешивания на месте

10.1.1. Классификация

При строительстве автомобильных дорог и аэродромов используют различные каменные материалы (щебень, гравий), расход которых в плотном теле часто составляет 3,0–3,5 тыс. м³, а на дорогах I–II категорий – 6,5–7,5 тыс. м³ на 1 км дороги.

В районах строительства, где отсутствуют природные запасы каменных материалов, возникает необходимость доставки их железнодорожным, водным и автомобильным транспортом. Большие затраты на транспортирование материалов вызывают увеличение общей стоимости строительства автомобильных дорог. Поэтому в этих районах целесообразно применять для устройства покрытий облегченного типа и оснований местные грунты, укрепленные вяжущими материалами (цементом, битумом, дегтем и др.).

При укреплении грунтов одновременно с воздействием на грунт добавок вяжущих материалов используют комплекс технологических операций. В результате грунты по физико-механическим свойствам приближаются к более прочным и долговечным материалам (гравийным и щебеночным).

Существующая технология укрепления грунтов предусматривает выполнение следующих операций: предварительное размельчение грунта (для глинистых грунтов); точное дозирование и равномерное распределение в массе обрабатываемого грунта воды, вяжущих материалов; распределение готовой смеси по ширине проезжей части дороги; уплотнение смеси; уход за укрепленным грунтом (поддержание заданного режима влажности в период твердения).

В соответствии с технологией производства работ машины для перемешивания на месте по назначению классифицируют на машины для приготовления смеси на дороге и для приготовления смеси в стационарных смесительных установках.

В свою очередь, машины, предназначенные для приготовления смесей на дороге, разделяют на многопроходные и однопроходные. Многопроходные машины выполняют необходимый комплекс технологичес-

ких операций по приготовлению смесей за несколько проходов по одному следу. К этой группе машин относятся ножевые смесители и фрезы. Однопроходные грунтосмесительные машины выполняют одновременно все операции по приготовлению смесей за один проход.

Меньшую стоимость имеют смеси из грунтов, укрепленных способом перемешивания на дороге, но качество смеси и прежде всего ее однородность выше при перемешивании материалов в смесительных установках. Способ смешения компонентов смеси на дороге применяют, как правило, при линейных работах в процессе строительства дорог низших категорий. При сосредоточенных работах на аэродромах, дорогах высоких категорий предпочтителен способ перемешивания в установках.

По типу рабочих органов смесительные машины делят на ножевые, фрезерные, барабанные и лопастные. Ножевые и фрезерные рабочие органы устанавливаются на машинах, работающих по способу перемешивания на дороге. Лопастные и барабанные рабочие органы имеют машины, работающие в стационарных условиях.

10.1.2. Ножевые смесители

Ножевые смесители могут быть одноножевыми и многоножевыми. В качестве одноножевых используют отвалы автогрейдеров. Технология приготовления смеси следующая: грунт выставляется в валик по оси дороги и обрабатывается вяжущими материалами при помощи гудронаторов или цементовозов. Затем круговыми проходами автогрейдера смесь распределяется слоем по земляному полотну. Следующими проходами она вновь собирается в валик. В результате этого процесса происходит перемешивание компонентов смеси между собой. После такого перемешивания смесь увлажняется до оптимальной влажности и вновь перемешивается. Для получения однородной смеси необходимо совершить 20–30 проходов автогрейдера по одному месту.

К недостаткам одноножевых смесителей следует отнести невысокую производительность из-за большого числа проходов при приготовлении смеси и низкие ее качества.

В многоножевых смесителях рабочим органом являются несколько ножей, установленных последовательно один за другим под углом к направлению движения машины (рис. 10.1).

При проходе такого смесителя, имеющего раму 1, перемешиваемый грунт с вяжущими захватывается первой парой ножей 2 и собирается в валик. Вторая пара 3 распределяет смесь слоем. Пара ножей 4 вновь собирает смесь в валик. Меняя положение ножа 5, можно изменить

количество материала, поступающего на плоские распределительные ножи 6. Таким образом, при одном проходе такой машины перемешиваемый материал совершает четырехкратное поперечное перемещение. Для достижения однородности смеси необходимо совершать 6–8 проходов по одному следу. При последнем проходе смесь распределяется ножом 7 на всю обрабатываемую полосу с приданием поверхности слоя требуемого поперечного уклона.

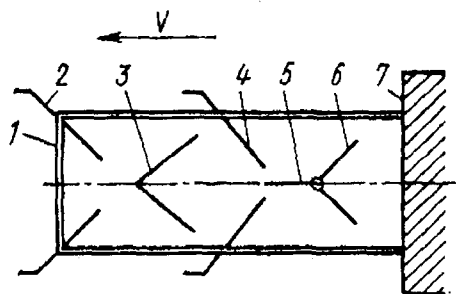


Рис. 10.1. Схема ножевого смесителя.

10.1.3. Дорожные фрезы

Дорожные фрезы входят в группу передвижных грунтосмесительных машин, оснащенных одним активным рабочим органом фрезерного типа; они производят обработку грунта непосредственно на строительном объекте. Их широко применяют для дорожного строительства во многих странах (СНГ, Германии, Польше, США, Чехии, Англии, Японии и др.).

Дорожные фрезы состоят из базовой машины, рабочего органа с трансмиссией и дозировочно-распределительной системы.

Фрезы отличаются мощностью силового оборудования, шириной и глубиной обработки грунтового слоя, конструкцией фрезерного ротора, компоновкой рабочего оборудования на базовой машине.

Дорожные фрезы классифицируют:

- по способу передвижения – на самоходные, прицепные, полуприцепные и навесные;
- по схеме привода ротора – с боковым приводом, центральным приводом;
- по типу силовой трансмиссии – с механической, гидродинамической;
- по типу ходового оборудования – гусеничные и колесные;

- по расположению рабочего органа – с консольным расположением ротора и ротором, встроенным внутрь машины;
- по способу привода ротора – с приводом от специального двигателя и двигателя базовой машины.

Характерные схемы компоновки рабочего оборудования дорожных фрез приведены на рис. 10.2.

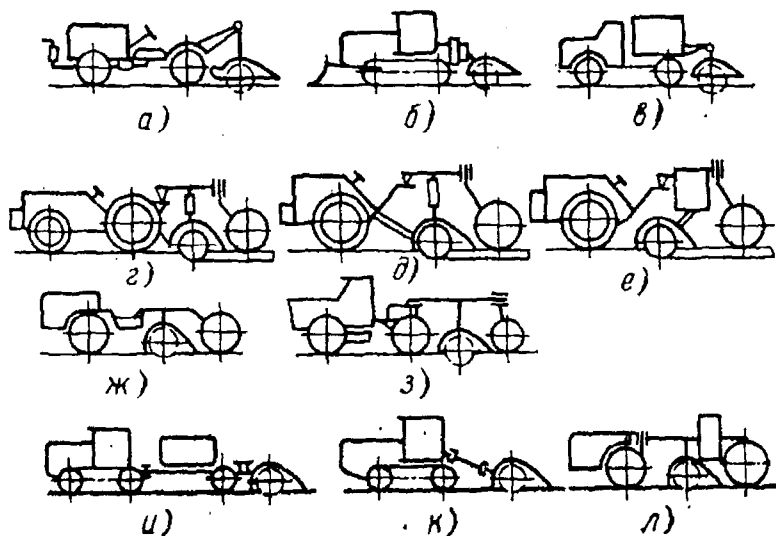


Рис. 10.2. Схемы компоновок дорожных фрез: а, б, в – навесные фрезы на базе пневмоколесного, гусеничного тракторов и автомобильного шасси; г, д – полунавесные фрезы на базе пневмоколесного трактора и одноосного пневмоколесного тягача; е – полунавесная фреза на базе одноосного тягача со специальным двигателем для привода ротора фрезы; ж, з – самоходные фрезы на одноосном и двухосном пневмоколесных тягачах; и, л – прицепные фрезы к гусеничному трактору и одноосному тягачу со специальным двигателем для привода ротора фрезы; к – прицепная фреза к гусеничному трактору с приводом от двигателя тягача.

В настоящее время промышленностью широко выпускаются фрезы на пневмоколесных тракторах. Достоинством их является малая масса, высокие

транспортные скорости, допустимость выезда для разворотов на смежный участок с готовым слоем укрепленного грунта без опасения его деформирования. К недостаткам колесного варианта с консольной подвеской фрезы на тракторе (рис. 10.2, а) относится недостаточная продольная устойчивость машины.

Наиболее удобной для работы является полунавесная компоновка тягача с фрезерным агрегатом на отдельной раме с задней колесной опорой (рис. 10.2, г, д, е). При такой компоновке обеспечивается достаточная стабильность толщины обрабатываемого слоя. В то же время полунавесная компоновка несколько ограничивает маневренность машины из-за значительного радиуса ее разворота.

Фрезы прицепного типа относятся к моделям прошлых лет. Это были модели с приводом фрезы от двигателя трактора-тягача и с собственным двигателем для привода фрезы.

Дорожные фрезы на гусеничном тракторе относятся к навесным моделям средней мощности. По параметрам фрезерного рабочего органа они показали достаточную пригодность для обработки супесчаных и глинистых грунтов (рис. 10.2, б).

Промышленностью серийно выпускается дорожная фреза полунавесного типа. Она создана на базе пневмоколесного трактора (рис. 10.2, г). Трактор имеет ходоуменьшитель, ходовую часть со всеми ведущими колесами и обеспечивает 12 скоростей движения вперед и четыре скорости назад в пределах 0,1–4 км/ч.

Ротор дорожной фрезы (рис. 10.3) предназначен для размельчения грунта и перемешивания его с вяжущими материалами. Этот ротор расположен перпендикулярно продольной оси машины. По длине вала ротора установлено определенное число лопастей, смещенных одна относительно другой на определенный угол. В сечении ротора могут быть расположены две, три или четыре лопасти, поэтому на роторе образуются двух-, трех- или четырехзаходные винтовые линии.

В зависимости от конструктивного исполнения лопастей возможны различные виды крепления ножей: жесткое, шарнирное и упругое (рис. 10.3). Для роторов с жесткими и шарнирными лопастями применяют болтовое или клиновое крепление.

Роторы дорожных фрез могут обрабатывать грунт в направлении сверху вниз (рис. 10.4, а), т. е. осуществлять резание, начиная от дневной поверхности грунта, или снизу вверх (рис. 10.4, б), от нижней части грунтового слоя к дневной поверхности.

Схема резания грунта определяет место подачи вяжущего под кожух фрезы. Кожух ротора образует рабочую камеру, в которой происхо-

дит измельчение грунта и перемешивание его с вяжущими материалами, и формирует поверхность слоя готовой смеси. Он может быть выполнен плавающим или жестко закрепленным.

Направление движения

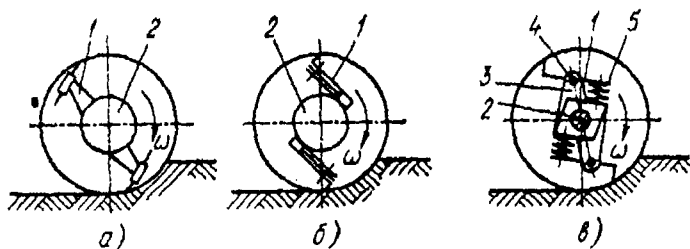


Рис. 10.3. Схемы роторов: а – с жесткими лопастями; б – с упругими лопастями; в – с шарнирными лопастями; 1 – лопасть; 2 – вал; 3 – секция; 4 – ось; 5 – амортизатор.

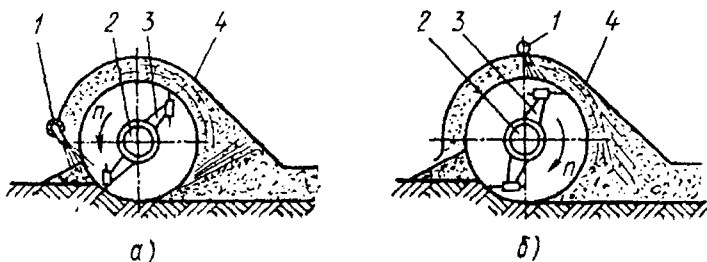


Рис. 10.4. Схемы резания грунта: а – в направлении сверху вниз; б – в направлении снизу вверх; 1 – дозатор вяжущего; 2 – вал ротора; 3 – лопасть; 4 – кожух.

Плавающий кожух не связан с ротором. При любом заглублении ротора он свободно лежит на грунте, надежно закрывая рабочую камеру. Кожух, жестко закрепленный относительно ротора, при заглублении и выглублении последнего перемещается вместе с ним. При этом ротор может быть закреплен либо на раме базового шасси, либо при помощи тяги на кронштейне, смонтированном на базовом агрегате.

Качество измельчения грунта ротором дорожной фрезы зависит в большей степени от постоянства размеров стружек, срезаемых лопастями при поступательном движении машины. Постоянство размеров стружки обеспечивается тогда, когда трансмиссия дорожной фрезы кинематически связана с трансмиссией привода ведущих колес или ведущих звездочек тяговой машины. В этом случае изменение скорости передвижения фрезы влечет за собой изменение частоты вращения ротора.

Дозировочно-распределительная система фрез. Дозировочно-распределительная система дорожных фрез предназначена для дозирования и распределения жидких вяжущих материалов и воды. От качества распределения вяжущих материалов в обрабатываемом грунте зависит однородность по прочности дорожного основания или покрытия.

Из цистерны автобитумовоза, который движется впереди фрезы, жидкость засасывается насосом 3 через шланг 1 и трехходовой кран 2 (рис. 10.5, а). При закрытом кране 5 в соответствующем положении трехходового крана 2 происходит циркуляция жидкости через трубопровод 7. При необходимости введения жидкости в грунт открывают кран 5, а кран 2 устанавливают в такое положение, при котором жидкость поступает к шестеренному насосу 3, имеющему привод 4 от двигателя со сменными звездочками. Отдозированная жидкость подается в сопла распределительной трубы 6. Изменение нормы дозирования вяжущего или воды производится сменой пары звездочек цепной передачи. Подбор пар звездочек в соответствии со скоростью движения фрезы производят по тарировочным таблицам.

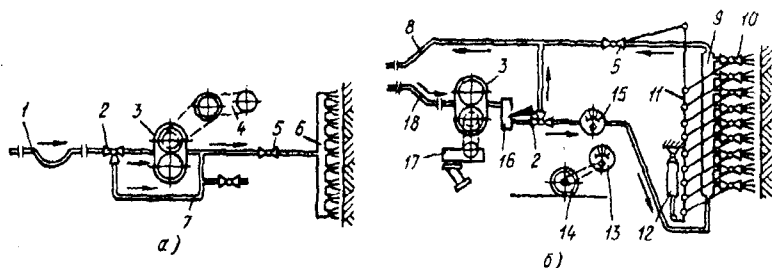


Рис. 10.5. Схема дозировочно-распределительного оборудования для жидких вяжущих и воды: а — с дорожной фрезой ДС-18; б — с фрезой ДС-74.

Дозировочно-распределительная система фрез на гусеничных тракторах отличается простой конструкцией. Однако из-за отсутствия в ней

приборов контроля производительности насоса и поступательной скорости движения фрезы отклонения от заданной нормы расхода вяжущего могут быть значительными. Кроме того, такая система дозирования вяжущего не позволяет произвести быстрое отключение подачи битума к соплам, что приводит к перерасходу вяжущего и снижает качество работ на этом участке.

Более совершенной является дозирочно-распределительная система с фрезой ДС-74, выполненная на колесном шасси и обеспечивающая точное дозирование вяжущего и воды. Она может быть настроена на внешний и внутренний режимы циркуляции вяжущего, режим дозирования и распределения, а также на режим промывки системы (рис. 10.5, б).

Режим внешней циркуляции вяжущего осуществляется следующим образом. При работающем насосе 3 от гидромотора 17 вяжущее из автобитумовоза по всасывающему шлангу 18 через фильтр 16 и трехходовой кран 2 по сливному шлангу 8 возвращается в автобитумовоз (при этом кран 5 находится в положении “закрыто”). Внешняя циркуляция используется для уравнивания температуры битума в автобитумовозе, а также для обогрева части коммуникации системы фрезы перед распределением вяжущего в грунт. Кроме того, эту циркуляцию применяют для равномерного распределения добавок, вводимых в вяжущие или воду.

Режим внутренней циркуляции достигается установкой трехходового крана 2 в положение, обеспечивающее поступление вяжущего к расходомеру 15 при открытом кране 5 и закрытых соплах 10 на распределительной трубе. В этом случае вяжущее проходит по всей системе коммуникаций фрезы и сливается в автобитумовоз. Такая циркуляция позволяет проверить работу всех элементов системы и произвести их обогрев.

Режим дозирования и распределения вяжущего осуществляется при закрытом кране 5 при помощи расходомера 15 распределительной трубы 9 и сопл 10. Избыточное количество вяжущего (сверх дозируемого расходомером) через трехходовой кран 2 сливается в автобитумовоз. Расход вяжущего зависит от скорости движения фрезы. Скорость определяют через дополнительное колесо 14 по счетному указателю 13.

Расчетная норма дозирования вяжущего контролируется по показаниям расходомера.

Промывка системы производится после окончания работы фрезы. В систему заливают промывочную жидкость (дизельное топливо, керосин), а всасывающий 18 и сливной 8 шланги соединяют труборемывочкой.

10.2. Машины для транспортирования и распределения битумных материалов

10.2.1. Автобитумовозы

Монолитность верхних слоев дорожной одежды, их плотность и водоустойчивость могут быть улучшены обработкой минеральных материалов органическими вяжущими (битумом, битумными эмульсиями, дегтем). Автобитумовозы применяют для транспортирования этих материалов в разогретом состоянии к месту потребления, т. е. распределителям, смесителям, фрезам, грунтосмесителям и другим машинам. Конструкция автобитумовозов позволяет осуществлять сохранение температуры битума при его транспортировании, подогрев в цистерне до рабочей температуры, перекачивание, минуя цистерну, и забор из битумоплавильных котлов и битумохранилищ.

Автобитумовозы выпускают с цистернами вместимостью 7000, 14500 и 22 000 л.

Машины этого типа (рис. 10.6) состоят из автомобильного тягача с седельным устройством и полуприцепа-цистерны, шарнирно соединенных между собой через седельное шкворневое устройство. На тягаче между лонжеронами шасси смонтирован битумный насос с системой его обогрева. Привод насоса осуществляется от коробки отбора мощности тягача. Полуприцеп-цистерна безрамной конструкции представляет собой емкость эллиптического сечения с термоизоляцией из стекловолна с металлической обшивкой. Передняя часть опирается шкворнем на седло тягача, а задняя – через опоры, кронштейны и рессорную подвеску на пневмоколесный ход. Внутри цистерны имеет перегородки-волнорезы для уменьшения гидравлических ударов при торможении машины. К волнорезам прикреплены две жаровые трубы, проходящие внутри цистерны на всю ее длину. При входе в цистерну жаровые трубы имеют расширение с огнеупорной обмазкой, которое образует топочное пространство. Топливо в баке находится под давлением и подается к двум стационарным и одной переносной горелкам.

Насос не только заполняет цистерны битумом, но производит его циркуляцию и слив. Скорость нагрева битума при начальной температуре 70°C составляет 25 град/ч для цистерны вместимостью 7000 л и 10 град/ч для цистерны вместимостью 14 500 л. Охлаждение при температуре наружного воздуха 10°C – соответственно 2 и 3 град/ч.

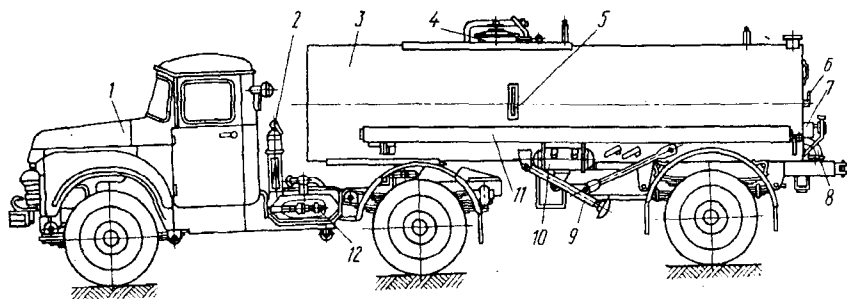


Рис. 10.6. Автобитумовоз: 1 – автомобильный тягач; 2 – огнетушитель; 3 – цистерна; 4 – люк; 5 – термометр; 6 – указатель уровня; 7 – горелка; 8 – шибер; 9 – опорное устройство; 10 – бак для керосина; 11 – лоток для рукавов; 12 – битумный насос.

Таблица 10.1.

Техническая характеристика автобитумовозов

Параметры	Модель	
	ДС-41А	ДС-10
Полезный объем цистерны, л	7000	14 500
Грузоподъемность, т	6,85	14,5
Время свободного опораживания цистерны от битума, мин	5	15
Тягач	ЗИЛ-130В1	КрАЗ-258
Полуприцеп		4МЗАП-5524П
Габаритные размеры, мм:		
длина	9080	13680
ширина	2360	2640
высота	2550	3250
Масса машины, кг:		
без груза	7515	18930
с грузом	14590	33650

10.2.2. Автогудронаторы

Автогудронаторы предназначены для перевозки и распределения битумных материалов при постройке и ремонте гравийных и щебеноч-

ных слоев дорожной одежды методом пропитки, полупропитки, перемешивания на дороге, при поверхностной обработки и укреплении грунтов. Нормы розлива битума при различных видах работ даны в таблице 10.2.

Таблица 10.2.

Нормы розлива битума при различных видах работ

Виды работ	Норма розлива, л/м ²
Пропитка	2 – 7
Поверхностная обработка	0,75 – 1,5
Обеспыливание	0,80 – 1,5
Подгрунтовка	0,5
Перемешивание на дороге	10,0 – 15,0

Вязущие материалы распределяются под давлением 0,25–0,60 МПа. Гудронаторы классифицируют по назначению, способу передвижения и приводу битумного насоса.

По назначению автогудронаторы делят на ремонтные и строительные. При использовании автогудронаторов на дорожно-ремонтных работах вместимость цистерны не превышает 400 л, а на дорожно-строительных – 3000–20 000 л.

По способу передвижения гудронаторы классифицируют на самоходные (автогудронаторы), прицепные и полуприцепные. Самоходные монтируют на шасси автомобиля. Для прицепных и полуприцепных гудронаторов используют автомобильные прицепы, полуприцепы или специальные одноосные тележки.

По способу привода битумного насоса различают автогудронаторы с приводом от двигателя автомобиля, на шасси которого смонтирован гудронатор, и с приводом от отдельного двигателя.

Применение двух двигателей – одного для трансмиссии ходовой части автомобиля и другого для привода насоса позволяет изменять норму розлива битума в более широком диапазоне.

Автогудронаторы состоят из цистерны, автомобильного шасси или тягача, системы подогрева, системы перекачки и распределения битума.

Наибольшее распространение получили автогудронаторы с полезной вместимостью цистерны 3500 и 7000 л.

Автогудронатор однодвигательного типа с полезной вместимостью цистерны 3500 л (рис. 10.7) монтируют на шасси автомобиля. Цистерна выполнена сварной из листовой стали. В поперечном сечении цистерна имеет форму эллипса и снабжена термоизоляционным слоем из стек-

лянной ваты, закрытой снаружи металлическим кожухом. Полость цистерны разделена волногасительной перегородкой на два сообщающихся отсека. В переднем отсеке установлена труба, которая верхней частью сообщается с атмосферой и служит для слива излишка битумных материалов при случайном переполнении цистерны, а также для уравнивания давления в цистерне с атмосферным воздухом. В верхней части цистерны имеется горловина с фильтром, через которую можно наполнять цистерну битумом.

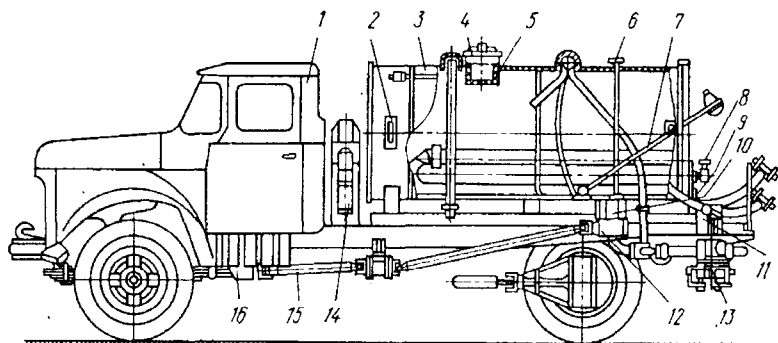


Рис. 10.7. Автогудронатор с цистерной вместимостью 3500 л:

- 1 – шасси ЗИЛ-130; 2 – термометр; 3 – цистерна; 4 – люк;
- 5 – фильтр; 6 – клапан; 7 – указатель уровня битума;
- 8 – стационарная горелка; 9 – рычаг большого крана; 10 – большой кран; 11 – механизм подъема; 12 – битумный насос;
- 13 – распределитель; 14 – огнетушитель; 15 – трансмиссия;
- 16 – коробка отбора мощности.

Коммуникация цистерны состоит из большого крана, шестеренного насоса, малых кранов и трубопроводов (рис. 10.8). Устанавливая краны в различные положения, можно осуществлять наполнение цистерны, внутреннюю циркуляцию материалов, необходимую для более быстрого и равномерного подогрева, а также розлив битума через распределитель по обрабатываемой поверхности.

Распределитель автогудронатора имеет квадратное сечение и состоит из центральной, левой и правой частей. Они соединены между собой шарнирно, что обеспечивает вращение левого и правого распределителей относительно вертикальной оси. Это позволяет быстро перево-

дить его в транспортное положение и изменять ширину розлива благодаря вводу и выводу левой и правой частей из процесса распределения.

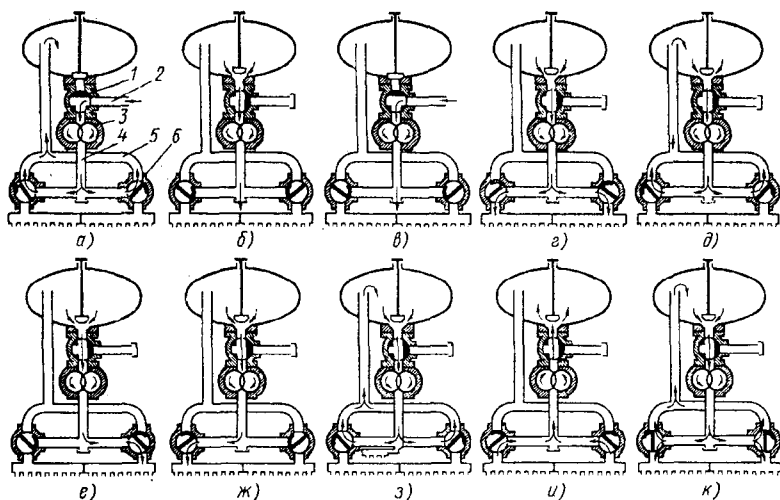


Рис. 10.8. Схема автогудронатора и установка кранов для выполнения различных операций: а – наполнение; б – опорожнение; в – перекачивание; г – розлив; д – циркуляция; е – розлив правый; ж – розлив левый; з – ручной розлив с перепусканием излишков; и – отсос; к – розлив с перепусканием излишков; 1 – большой край; 2 – приемный трубопровод; 3 – шестеренный насос; 4 – трубопровод розлива; 5 – трубопровод циркуляции; 6 – малые трехходовые краны.

В нижней части распределителя установлены сопла на расстоянии 190 мм одно относительно другого. Эти сопла одновременно открываются или закрываются при помощи пневмокамер и рейки.

Автогудронатор снабжен также и ручным распределителем, который применяют при небольших ремонтных работах или устранении пропусков розлива битума.

Топливная система автогудронатора (рис. 10.9) аналогична системе автобитумовоза и состоит из топливного бака, топливопровода, воздухопровода, двух стационарных и одной переносной горелок.

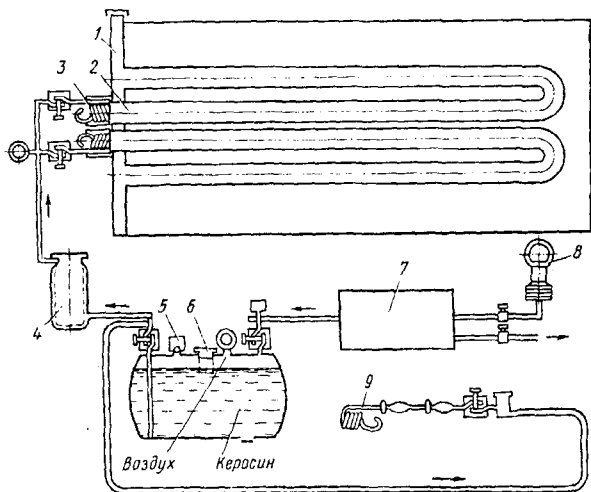


Рис. 10.9. Топливная система автогудронатора: 1 – вытяжная труба; 2 – жаровая труба; 3 – стационарная горелка; 4 – топливный фильтр; 5 – предохранительный клапан; 6 – топливный бак; 7 – ресивер; 8 – компрессор; 9 – переносная горелка.

Топливо подается к горелкам под давлением 0,25–0,3 МПа. Стационарные горелки установлены на фланцах жаровых труб и могут работать независимо друг от друга. Они предназначены для разогрева битумных материалов в цистерне. Переносная горелка подсоединена к топливной системе рукавом. Она имеет отдельный вентиль и предназначена для обогрева трубопроводов и насоса.

На автогудронаторе установлены следующие приборы: указатель уровня вяжущего материала в цистерне, термометр с пределами измерения температуры 0–200°С и тахометр, показывающий частоту вращения вала насоса.

Промышленностью также выпускается автогудронатор с полезной вместимостью цистерны 7000 л с отдельным двигателем для привода битумного насоса. В конструктивном отношении этот гудронатор мало отличается от описанного выше.

Прицепные гудронаторы имеют только распределительную систему и насосную установку и, как правило, не имеют собственной цистерны для материала. Их присоединяют к битумовозам и производят рас-

пределение вяжущих. Благодаря этому прицепные гудронаторы имеют небольшие габаритные размеры и малую массу.

Распределительная система позволяет осуществлять все операции по внутренней циркуляции и распределению вяжущих материалов. В трансмиссии от двигателя к насосу предусмотрены редуктор с двумя передачами прямого вращения и одной — обратной, а также предохранительное устройство, отключающее насос при перегрузке. Ширина розлива находится в пределах 1–7 м. Норма розлива 0,55–7,0 л/м² при ширине розлива 7 м и 7–10 л/м² при ширине розлива 4 м.

Для совместной работы необходимо соединить битумную коммуникацию автобитумовоза с коммуникацией прицепного гудронатора.

Производительность гудронаторов и битумовозов (л/ч)

$$P_z = 3600V_{\text{ц}}k_{\text{в}}/T, \quad (10.1)$$

где $V_{\text{ц}}$ — полезный объем цистерны, л; $k_{\text{в}}$ — коэффициент использования машины по времени; T — продолжительность одного рейса, с.

Продолжительность рейса

$$T = t_{\text{н}} + \frac{L}{v_z} + \frac{L}{v_{\text{н}}} + t_p + t_{\text{м}} + t_{\text{н}}, \quad (10.2)$$

где $t_{\text{н}}$ — время заполнения цистерны битумом, $t_{\text{н}} = 600 - 900$ с; L — расстояние транспортирования битума, м; v_z и $v_{\text{н}}$ — скорости движения груженого и порожнего гудронатора, м/с; $t_p = V_{\text{ц}} / (v_p q l) = V_{\text{ц}} / \Pi_{\text{н}}$ — время розлива битума по обрабатываемой поверхности, с (здесь v_p — скорость движения гудронатора при розливе, м/с; q — норма розлива л/м²; l — ширина розлива, м; $\Pi_{\text{н}}$ — производительность битумного насоса, л/с); $t_{\text{м}}$ — время маневрирования гудронатора на битумной базе и объекте строительства, $t_{\text{м}} = 240 - 360$ с; $t_{\text{н}}$ — время на подготовку гудронатора и розлив битума, $t_{\text{н}} = 300 - 360$ с.

Для обеспечения бесперебойной работы автогудронаторов число битумонагревателей

$$z = T_6/T, \quad (10.3)$$

где T_6 — время нагрева потребного объема битума для автогудронатора до рабочей температуры, с.

Мощность двигателя насоса (Вт)

$$N = 0,001\Pi_{\text{м}}p_p/\eta, \quad (10.4)$$

где $\Pi_{\text{м}}$ — теоретическая подача насоса, м³/с; p_p — расчетное суммарное давление, которое должно быть создано насосом, Па; η — КПД трансмиссии от двигателя до насоса.

Суммарное давление

$$p_p = 1,1 (p_n + \Sigma p_m + p_{pd}), \quad (10.5)$$

где p_n – потери давления по длине трубопровода; Σp_m – местные потери давления, возникающие на закруглениях магистрали, кранах, вентилях и т. д.; p_{pd} – давление, при котором происходит розлив битума ($p_{pd} = 0,5 - 0,6$ МПа).

Глава 11. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

11.1. Технологические процессы приготовления асфальтобетонных смесей

Горячие асфальтобетонные смеси готовят в стационарных, полустационарных и передвижных установках периодического или непрерывного действия. Производительность асфальтобетонных установок колеблется в пределах от 6 до 400 т/ч и более.

Современные асфальтосмесительные установки представляют собой сложившийся технологический комплекс оборудования и агрегатов, работающих в единой технологической цепи.

На рис. 11.1 показана принципиальная технологическая схема современной асфальтосмесительной установки. Со склада минеральные материалы подаются в агрегат питания 1, каждый расходный бункер которого имеет дозатор для предварительного весового или объемного дозирования фракционного щебня и песка.

Непрерывно дозируемые материалы поступают при помощи ленточного транспортера 2 в загрузочное устройство 4 сушильного агрегата 5, где высушиваются и нагреваются до рабочей температуры. Барабан имеет топку с форсункой 6. Температуру нагрева устанавливают с учетом последующих потерь и постоянно контролируют. Горячим элеватором 7 компоненты смеси подаются в сортировочный агрегат 17 для более тщательного фракционирования по отсекам 19 горячих бункеров и последующего весового дозирования в дозаторе, а негабарит сбрасывается в бункер 20.

При установке перекидного лотка 18 в положение II горячие материалы поступают в бункер песка и далее на дозирование в дозатор, минуя грохот.

В установках периодического действия дозирование ведется порционно на каждый последующий замес. Отдозированный материал одного замеса из весового бункера дозатора 25 для песка и щебня подается в смеситель 22. Порция минерального порошка из агрегата хранения и выдачи 13 подается в бункер, а затем дозатором 21 в смеситель. Битум из битумохранилища 14 подогревается нагревателем 15 и вводится в смеситель насосно-дозирующим устройством 16. Возможно применение аналогичного устройства для дозирования и подачи поверхностно-активных добавок.

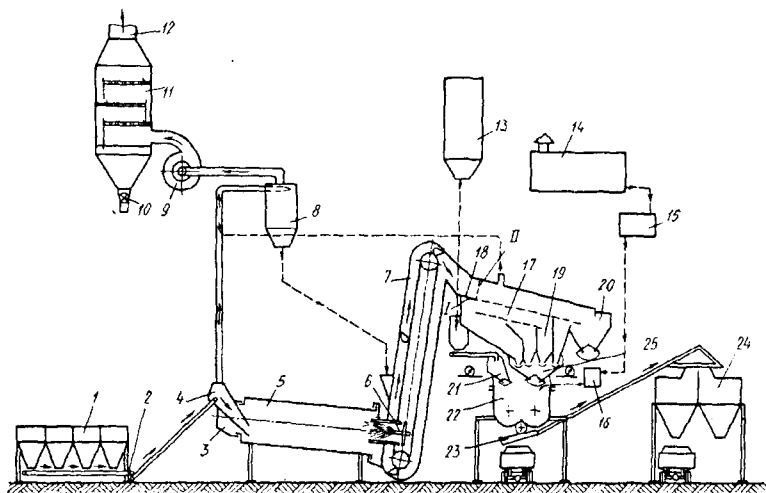


Рис. 11.1. Технологическая схема приготовления асфальтобетонной смеси.

Готовая порция смеси выгружается из смесителя либо в ковш скипового подъемника 23 накопительного бункера 24, либо в кузов автосамосвала. Наличие накопительного бункера позволяет исключить простои смесительного агрегата при задержке транспорта, по прибытии последнего до минимума сократить продолжительность простоя транспорта под загрузкой.

За автоматической работой агрегатов ведется контроль с пульта управления кабины оператора, где также имеется дублирующая система дистанционного управления.

Дозатор минерального порошка пневмотранспортом загружается из расходной емкости. Она по мере опоражнивания заполняется из цистерны цементовоза. Установка может иметь дополнительный агрегат для беспламенной сушки и нагрева минерального порошка.

Битумная система питается от обогреваемой цистерны, которая имеет насосное устройство. Вместо цистерны можно применять битумонагревательные котлы, оборудованные битумными насосами.

Дымовые газы из сушильного барабана через дымовую коробку 3 поступают на первую ступень очистки 8. Уловленная пыль должна быть

направлена в горячий элеватор. Подача уловленной пыли в бункер минерального порошка, или в дозатор минерального порошка 21, или в специальный дозатор пыли нежелательна по двум причинам: во-первых, пыль, уносимая из сушильного барабана, является неотъемлемым компонентом песка и при частичной подаче ее в процессе дозирования может нарушиться проектная пористость и плотность асфальтобетона; во-вторых, силикатная пыль уноса является кислой породой и не может служить заменой минерального порошка, приготовляемого из основных материалов – известняка или доломита.

Очищенные на первой ступени дымовые газы дымососом 9 могут подаваться на вторую ступень пылеочистки, на которой применяют мокрую очистку, рукавные фильтры, электрофильтры и др. Затем дымовые газы выбрасываются в трубу 12, а уловленная пыль или шлам удаляются через дозатор 10.

За рубежом применяют установки еще двух типов для приготовления битумоминеральных смесей с менее жесткими требованиями к качеству исходных материалов: с нагревом минеральных материалов, но без сортирования их после сушки и дозирования перед смешиванием (рис. 11.2, а); без нагрева минеральных материалов (рис. 11.2, б). Эти установки оснащают смесителями непрерывного действия.

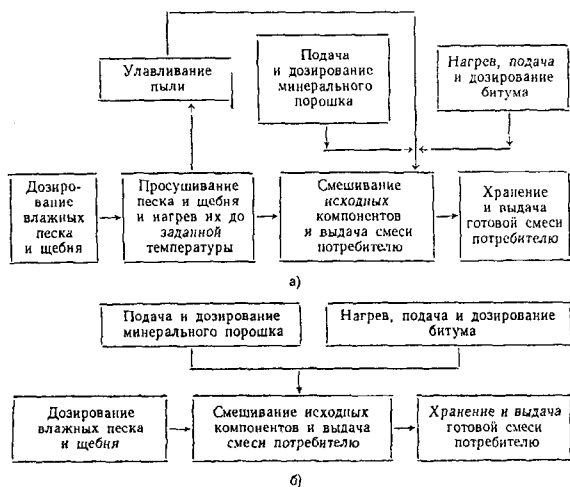


Рис. 11.2. Технологические схемы получения битумоминеральных смесей с нагревом (а) и без нагрева (б) минеральных материалов.

11.2. Классификация асфальтосмесительных установок

Асфальтосмесительные установки могут быть классифицированы по основным конструктивным и технологическим показателям: производительности, мобильности, компоновке, технологии смешивания.

По производительности асфальтосмесительные установки разделяют на четыре типа: малой (до 40 т/ч), средней (50–100 т/ч), большой (150–350 т/ч) и сверхмощные с производительностью более 400 т/ч. Производительность асфальтосмесительных установок является главным параметром. Действующим ГОСТом на машины для приготовления асфальтобетонных и других битумоминеральных смесей предусмотрен выпуск смесителей производительностью 12, 25, 50, 100, 200 и 400 т/ч.

За рубежом преимущественное применение находят смесители производительностью 150 т/ч и более. Максимальная производительность установок, выпускающих смеси без нагрева материалов и оснащенных смесителями непрерывного действия, составляет 750–1100 т/ч.

По мобильности асфальтосмесительные установки подразделяют на передвижные, полустационарные и стационарные. Конструктивное исполнение агрегатов определенным образом влияет на продолжительность монтажа и демонтажа установки, ее мобильность.

Передвижные установки используют в основном при строительстве и ремонте дорог и прочих сооружений в тех случаях, когда отсутствуют постоянно действующие асфальтобетонные заводы (АБЗ) или когда их создание экономически нецелесообразно. Смесительные передвижные установки кроме ходового оборудования оснащают механизмами само-монтажа и демонтажа.

Передвижные смесительные установки производительностью менее 10 т/ч, выполняемые на одноосном шасси, не нашли широкого применения из-за сложности компоновки большого числа агрегатов и трудоемкости загрузки минеральных материалов в агрегат и разгрузки готовой смеси в мобильные транспортные средства. Чаще их изготавливают для выпуска битумоминеральных смесей по схемам, показанным на рис. 11.2. Установки малой производительности в большей части komponуют из нескольких агрегатов с собственными пневмоколесными шасси и оборудуют приспособлениями для само-монтажа.

Смесительные установки полустационарного типа предназначены для постоянно действующих или редко перебазируемых асфальтобетонных заводов. Установки полустационарного типа имеют различное конструктивное исполнение и преимущественно среднюю или большую производительность.

Установки средней и большой производительности изготавливают в виде отдельных блоков на самостоятельном шасси или перевозимыми на прицепах-тяжеловозах, а также автомобилях. При монтаже этих установок используют как средства самомонтажа, так и крановое оборудование.

Асфальтосмесительные установки стационарного типа применяют на постоянно действующих асфальтобетонных заводах. Чаще стационарные установки средней и большой производительности изготавливают в виде мощных блоков с автоматическим управлением, причем только органы управления размещены в закрытом помещении или специальной кабине.

Размещение стационарных асфальтосмесительных установок в закрытых помещениях может быть оправдано только в районах с неблагоприятными атмосферными условиями.

По конструктивной компоновке узлов смесительного агрегата асфальтосмесительные установки подразделяют на башенные и партерные.

При башенной компоновке основные узлы смесительного агрегата расположены один под другим по одной вертикали. Для установок такого типа требуется лишь однократный подъем горячих материалов. Затем материал поступает самотеком последовательно в нижерасположенные агрегаты.

В состав смесительного агрегата входят грохот, дозаторы с расходными и весовыми бункерами, смеситель. Остальные агрегаты асфальтосмесительных установок: агрегат питания, сушильный барабан, накопительный бункер и другие – имеют партерное (наземное) расположение.

Асфальтосмесительные установки партерного типа имеют наземное расположение всех основных узлов и агрегатов. Материал перемещается от агрегата к агрегату по горизонтали при многократном подъеме. При этом увеличиваются число транспортирующих подъемных механизмов, затраты энергии на транспортирование материалов и потери тепла нагретым минеральным материалом. При партерном расположении агрегатов требуются большие площади.

Однако наземное исполнение агрегатов дает возможность снабдить их механизмами самомонтажа и ходовым оборудованием, что имеет важное значение при частом перебазировании установок.

По технологии протекания процесса смешивания принято различать асфальтосмесительные установки периодического и непрерывного действия.

В установках периодического действия обычно подготовительные и вспомогательные операции выполняются непрерывно, а дозирование, сме-

шивание и разгрузка смесителя производятся периодически определенными порциями. Поскольку смешивание является основным процессом приготовления смеси, то установки со смесителями порционного смешивания принято называть асфальтосмесительными установками периодического (циклического) действия.

Порционность дозирования минеральных компонентов и вяжущего каждого очередного замеса является достоинством таких установок, так как эти установки позволяют без каких-либо сложных перенастроек дозаторов легко переходить на выпуск смеси требуемого рецептурного состава. Поэтому установки периодического действия находят большое применение для городских АБЗ, поскольку при их работе приходится часто изменять рецептурные составы смесей.

Следует отметить еще одно важное достоинство таких установок – возможность устанавливать любую продолжительность смешивания, что имеет большое значение для регулирования качества приготовления смесей различных составов.

В установках непрерывного действия все технологические операции, в том числе и смешивание, выполняются непрерывно. Периодично (порционно) может выполняться лишь вспомогательная операция – выпуск смеси из накопительного бункера в транспорт.

Смесительные установки непрерывного действия имеют некоторые преимущества перед установками периодического действия в отношении меньшей металлоемкости конструкции смесителя и энергоемкости процесса смешивания. Их целесообразно применять при больших объемах работ на строящихся автомагистралях, когда требуется массовое производство постоянной по составу смеси.

11.3. Конструкции асфальтосмесительных установок

11.3.1. Агрегаты питания

Агрегаты питания предназначены для непрерывного предварительного дозирования минеральных материалов (песка и щебня) с целью равномерного питания сушильного барабана и сортировочно-дозировочной системы. Агрегаты питания являются связующим звеном между складом материалов и сушильным барабаном.

В состав агрегатов питания входят расходные емкости – бункера, дозаторы, транспортирующие устройства. Агрегаты питания должны обеспечивать возможность получения асфальтобетонных смесей любого стандартного рецептурного состава.

В основном агрегаты питания имеют четыре расходных бункера 1, каждый вместимостью 4–25 м³ с однорядным их расположением. Бункера (рис. 11.3) установлены на раме 2, которая опирается на фундаментные опоры. Под каждым бункером размещены дозаторы 5, которые равномерным потоком подают минеральный материал на ленту транспортера 3. На одной из боковых стенок бункеров установлены сводообрушители 6, препятствующие образованию сводов минеральных материалов на стенках бункеров и обеспечивающие выход материалов плотной массой на стол или ленту дозатора-питателя 4.

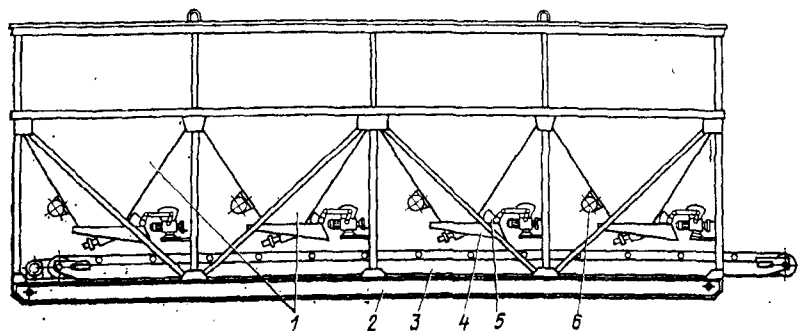


Рис. 11.3. Агрегат питания.

Бункера агрегатов питания загружаются материалами с временных или постоянных складов АБЗ при помощи грейферных кранов, одноковшовых погрузчиков или бульдозеров с применением эстакад или транспортеров.

В качестве дозаторов объемного или объемно-весового дозирования применяют кареточные, ленточные, пластинчатые и вибрационные питатели. Производительность дозаторов регулируется специальными устройствами или секторными затворами, установленными у течек бункеров. Первоначально устанавливают производительность дозаторов по количественной потребности тех или иных фракций минерального материала в соответствии с рецептурным составом выпускаемой смеси. В процессе работы производится автоматическое или ручное регулирование производительности дозаторов в зависимости от загруженности расходных бункеров сортировочно-дозировочного агрегата смесительной установки.

В агрегатах питания для дозирования щебня большее применение находят кареточные, пластинчатые и вибрационные питатели, а для дози-

рования песка – ленточные. Иногда питатели объемного дозирования оборудуют контрольно-весовыми устройствами или применяют переносные весы с ящиком для контрольного измерения производительности дозатора за определенное время дозирования.

Схема вибрационного дозатора с контрольно-весовым устройством представлена на рис. 11.4. Первоначальная производительность его устанавливается секторным затвором, приводимым в действие вручную штурвалом или электродвигателем при дистанционном управлении. В процессе работы необходимая производительность корректируется автоматической весовой головкой или с пульта управления. Весовая головка соединена с рычажной весовой системой ленточного питателя.

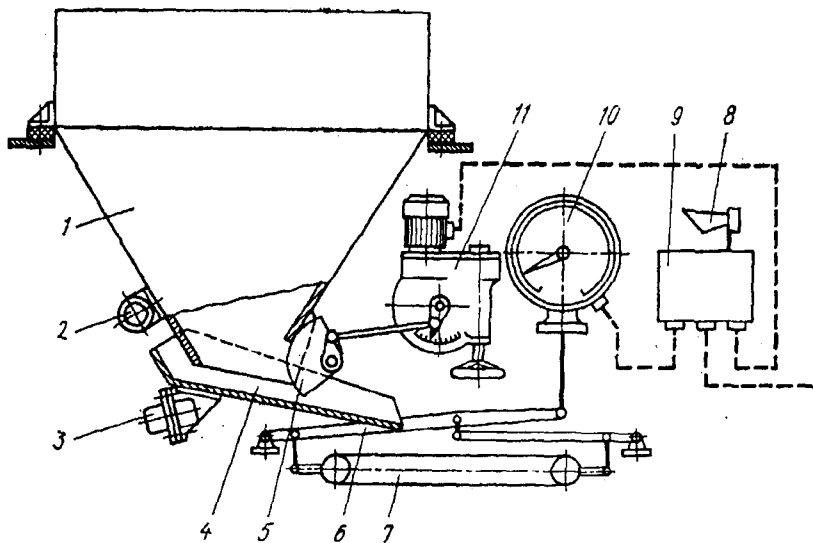


Рис. 11.4. Вибрационный дозатор-питатель: 1 – бункер; 2 – сводобрушитель; 3 – вибровозбудитель; 4 – вибролоток; 5 – секторный затвор; 6 – рычажно-весовая система; 7 – ленточный датчик-питатель; 8 – звуковой сигнал; 9 – пульт управления; 10 – весовая головка; 11 – сервомеханизм.

Кареточные питатели (рис. 11.5) имеют простое конструктивное устройство и находят широкое применение в агрегатах питания. Кареточный питатель имеет качающийся стол 3 с возвратно-поступательным движением. Ход стола не превышает обычно 40–60 мм. Число двойных ходов в минуту находится в пределах 40–60. Стол питателя установлен на роликах и приводится в движение посредством водила 4 и шатуна 5 от редуктора механизма качания 6. Обычно один механизм качания приводит в действие все столы агрегата питания.

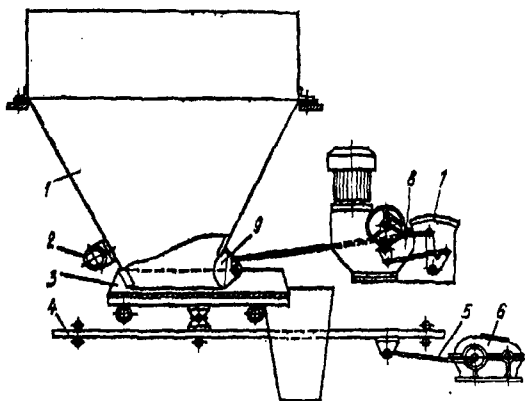


Рис. 11.5. Кареточный дозатор-питатель.

Производительность дозатора регулируется секторным затвором 9, приводимым в действие сервомеханизмом 8. Для удобства настройки и контроля имеется шкала 7. Для предотвращения образования сводов минерального материала в бункере 1 на его боковой стенке установлен вибратор 2.

Отдозированный минеральный материал от каждого питателя-дозатора по лоткам поступает на ленту собирающего конвейера агрегата питания, который транспортирует материал непрерывным потоком непосредственно в сушильный барабан.

Агрегаты питания просты по конструкции, компактны, легко поддаются автоматическому управлению. Их применение значительно повышает эффективность работы системы питания асфальтосмесительной установки. При выпуске битумо-минеральных смесей дозирование компонентов полностью обеспечивается агрегатами питания.

11.3.2. Сушильные агрегаты

Сушильные агрегаты предназначены для сушки и нагревания минеральных компонентов смеси до необходимой рабочей температуры. Сушильный агрегат состоит из цилиндрического сушильного барабана, вращающегося на опорных роликах, привода вращения сушильного барабана и топки с форсункой.

Сушка, т. е. выпаривание поверхностной и гигроскопической влаги и нагревание песка и щебня до температуры 160–250°C, происходит вследствие радиационного излучения факела, конвективного переноса тепла от горячих газов к сыпающемуся с лопастей материалу и частично от соприкосновения с горячими деталями сушильного барабана.

Высокая эффективность сушки достигается при непосредственном контакте поверхности минеральных материалов с потоками горячих газов. Для этой цели лопасти многократно поднимают минеральный материал и сбрасывают его в поток горячих газов. Чем равномернее распределен сыпающийся материал по поперечному сечению барабана, тем лучше он омывается потоком горячих газов и тем полнее и быстрее идет передача тепла от газов материалу.

По способу сушки различают барабаны с противоточной и поточной сушкой. При поточной сушке горячие газы и высушенный материал движутся в одном направлении, при противоточной – движутся в противоположных направлениях. Перепад температур между дымовыми газами и материалом составляет 150–200°C. При поточной сушке температура дымовых газов составляет 350–400°C, а при противоточной – 180–200°C. Коэффициент использования тепла горячих газов в барабанах с противоточной сушкой выше, чем в барабанах с поточной сушкой, поэтому сушильные барабаны с противоточной сушкой получили широкое распространение.

Сушильный агрегат (рис. 11.6) имеет цилиндрический сушильный барабан, опирающийся на опорные ролики через бандаж. Стальные бандажы прикреплены к наружной поверхности барабана при помощи компенсаторов для компенсации разных температурных деформаций барабана и бандажей. Цилиндрические обечайки барабанов изготавливают сварными из вальцованных стальных листов или труб соответствующего диаметра. Компенсаторы сушильных барабанов показаны на рис. 11.7. Упругие эллиптические компенсаторы (рис. 11.7, а) хорошо зарекомендовали себя на сушильных барабанах малых диаметров и только со стороны дымовой коробки. Упругие тангенциальные компенсаторы (рис.

11.7, б) широко применяют на сушильных барабанах любых диаметров. Эти компенсаторы крепят к обечайке сваркой или болтами. Болтовое крепление компенсаторов является более надежным. Жесткие регулируемые компенсаторы (рис. 11.7, в) широко распространены, хотя регулирование их теплового зазора является трудоемким процессом.

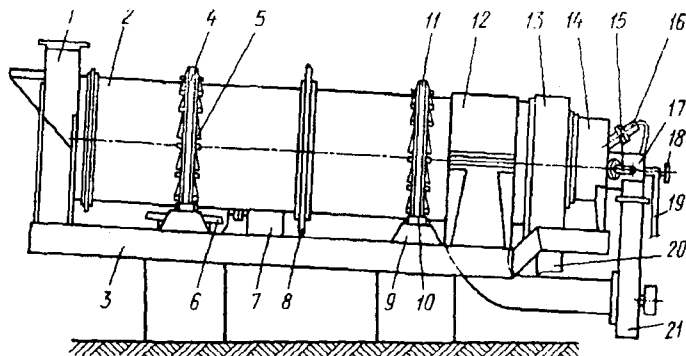


Рис. 11.6. Сушильный агрегат: 1 – загрузочная и дымовая коробки; 2 – сушильный барабан; 3 – рама; 4, 11 – бандажы сушильного барабана; 5 – компенсатор; 6 – упорный ролик; 7 – привод; 8 – зубчатый венец; 9 – защитный кожух; 10 – опорный ролик; 12 – кожух охлаждения барабана; 13 – разгрузочная коробка; 14 – топка; 15 – запальная форсунка; 16 – датчик горения топлива; 17 – форсунка; 18 – регулировка подачи топлива; 19 – топливопровод; 20 – разгрузочный (ссыпной) лоток; 21 – вентилятор охлаждения барабана и распыла топлива.

На сушильных барабанах больших диаметров во избежание деформации обечайки шаг установки компенсаторов l должен быть не более $2-2,5$ ширины компенсатора; подбандажную плиту (пояс обечайки в зоне крепления компенсаторов) изготавливают шириной $(4-5) \delta$ и толщиной $(1,5-2) b$ (здесь b – ширина бандаж; δ – толщина стенки барабана). Шарнирные тангенциальные компенсаторы (рис. 11.7, г) применяют на сверхмощных сушильных барабанах и обжиговых печах при производстве керамзита и цементного клинкера.

Со стороны загрузки сушильные барабаны имеют торцовую стенку с отверстием для ввода материала и удаления дымовых газов, к которой примыкают загрузочное устройство и дымовая коробка.

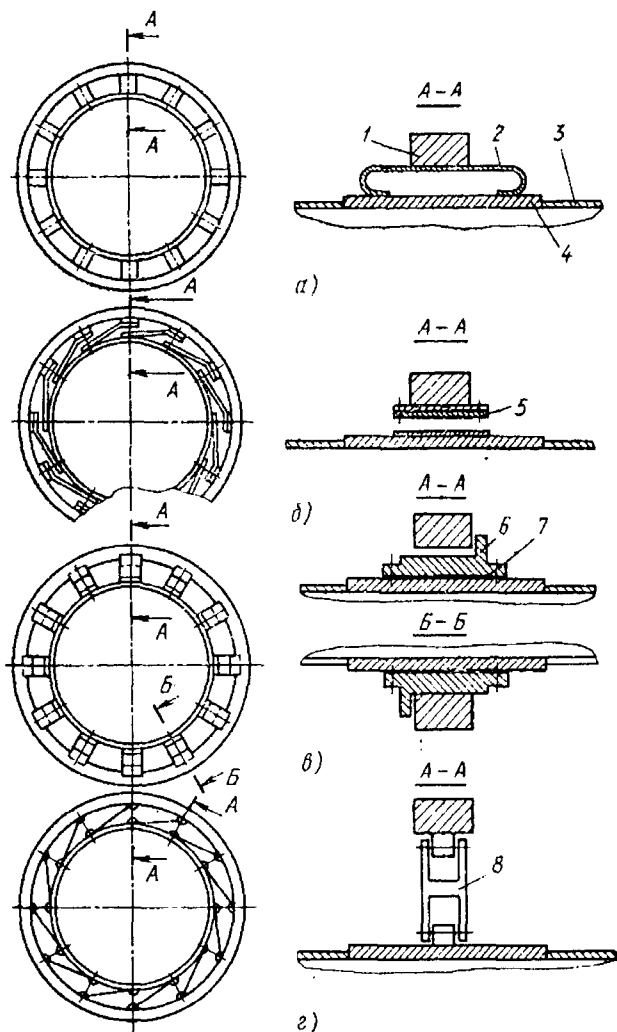


Рис. 11.7. Типы компенсаторов: 1 – бандаж; 2 – эллиптический компенсатор; 3 – обечайка барабана; 4 – подбандажная плита; 5 – тангенциальный компенсатор; 6 – опорный башмак; 7 – регулировочные прокладки; 8 – шарнирный компенсатор.

Наиболее часто загрузочное устройство состоит из лотка, проходящего через дымовую коробку и установленного под углом $60-70^\circ$ к горизонтальной оси для устранения зависания влажного материала (рис. 11.8, а).

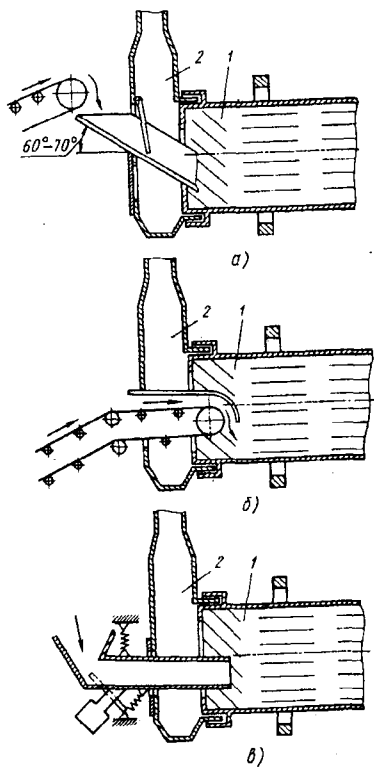


Рис. 11.8. Загрузочные устройства: а – ссыпной лоток; б – ленточный конвейер; в – виброжелоб; 1 – сушильный барабан; 2 – дымовая коробка.

При такой конструкции загрузочного устройства создаются неблагоприятные условия движения дымовых газов (живое сечение резко уменьшается, скорость движения дымовых газов возрастает), в результате чего увеличивается вынос мелких частиц. Для улучшения условий выхода газов из сушильных барабанов иногда применяют подачу материала в нижнюю часть барабана ленточным конвейером или виброжелобом (рис. 11.8, б, в). При подаче материала конвейером привод ленты переносят на задний барабан, а в зоне разгрузки устанавливают защитный кожух. Однако лента конвейера подвергается воздействию высоких температур и быстро выходит из строя.

Известен способ загрузки сушильных барабанов при помощи кольцевого элеватора, прифланцованного к барабану и имеющего ковши специальной формы.

Внутреннее устройство сушильного барабана разделяют на три конструктивные зоны (рис. 11.9). В первой зоне расположены винтовые отгребающие лопасти 3, приваренные к обечайке барабана 5 и обеспечивающие интенсивное перемещение материала от загрузочного торца 1, чтобы не было пересыпания материала обратно в загрузочную коробку. Угол подъема отгребающих лопастей составляет 45–60° к продольной оси барабана, а длина первой зоны 0,5–0,8 диаметра барабана.

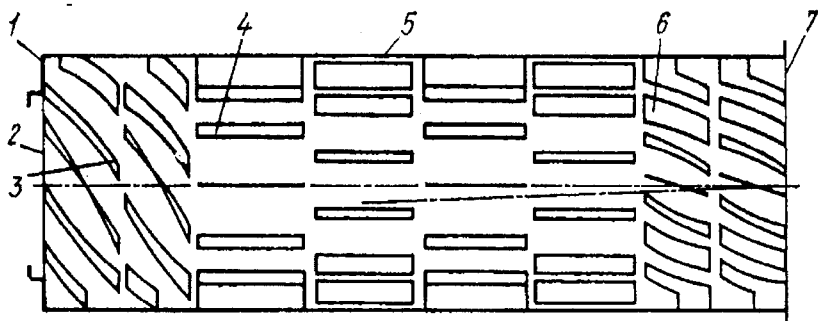


Рис. 11.9. Сушильный барабан: 1 – загрузочный торец; 2 – отверстие выхода дымовых газов; 3 – отгребающие лопасти; 4 – подъемно-сбрасывающие лопасти; 5 – обечайка барабана; 6 – разгрузочные лопасти; 7 – отверстие выхода материала.

Во второй зоне применяют подъемно-сбрасывающие лопасти 4, расположенные параллельно оси барабана. Перемещение материала вдоль барабана обеспечивается благодаря наклону барабана к горизонту под углом 3–6°. В некоторых конструкциях для изменения производительности применяют регулирование угла наклона барабана.

Подъемно-сбрасывающие лопасти сушильных барабанов (рис. 11.10) разделяют на корытообразные мелкие (рис. 11.10, а) – встречаются наиболее часто из-за простоты конструкции; закрытые глубокие (рис. 11.10, б); криволинейные мелкие (рис. 11.10, в); серповидные (рис. 11.10, г); закрытые мелкие (рис. 11.10, д); закрытые глухие (рис. 11.10, е); плоские радиальные (рис. 11.10, ж); плоские, отклоненные вперед по ходу движе-

ния (рис. 11.10, з); плоские, отклоненные назад относительно хода движения (рис. 11.10, и). Существуют также другие типы лопастей.

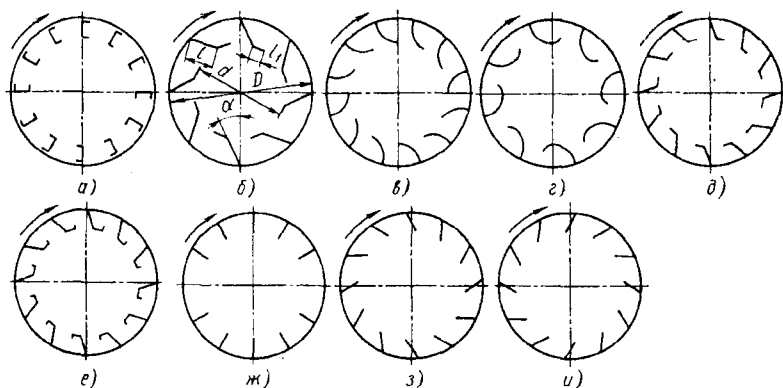


Рис. 11.10. Подъемно-сбрасывающие лопасти.

Закрытые глубокие лопасти (рис. 11.10, б) по рекомендации доктора технических наук, профессора Н. М. Михайлова выпускают со следующими размерами: $l = 0,2D$; $l_1 = 0,085D$; $d = 0,6D$; $\alpha = 25-30^\circ$.

Во второй зоне лопасти устанавливают в несколько рядов по длине барабана с расстоянием между рядами 50–100 мм. Для лучшей передачи тепла от газов к материалу лопасти в соседних рядах смещают на полшага. Длина лопастей в осевом направлении $l = 0,6-0,8$ м. Лопасти в более холодной части барабана приваривают, в более горячей их желательнее крепить болтами во избежание деформации из-за неравномерного нагрева лопастей и обечайки.

В третьей зоне – зоне разгрузки, устанавливают плоские лопасти под углом $20-30^\circ$ к оси барабана, что ускоряет продвижение материалов и предохраняет их от пережога радиационным излучением (что особенно важно для известняковых материалов). Иногда в третьей зоне устанавливают серповидные лопасти (рис. 11.10, г), которые проносят материал над факелом и ссыпают по его периферии. Серповидная форма лопастей целесообразна при малых размерах топки, когда сгорание топлива происходит в сушильном барабане.

Полное отсутствие лопастей в третьей зоне нежелательно, так как материал лежит во вращающемся барабане довольно узкой лентой

и большая часть поверхности барабана подвергается интенсивному радиационному и конвективному нагреву от факела топки и может быстро выйти из строя. Длина третьей зоны составляет 0,4–0,6 диаметра барабана.

Вращение сушильного барабана осуществляется шестеренным, цепным или фрикционным приводом.

Шестеренный привод (рис. 11.11, а) состоит из ведущей шестерни 3 и ведомого зубчатого венца 2, закрепленного на барабане 1 при помощи компенсаторов. При высокой надежности и долговечности шестеренный привод имеет следующие недостатки: высокую стоимость венцово-шестерни, особенно для барабанов больших диаметров; нарушение зацепления между ведущей шестерней и зубчатым венцом ввиду возможного прогиба барабана и сложности регулирования зацепления при монтаже зубчатого венца.

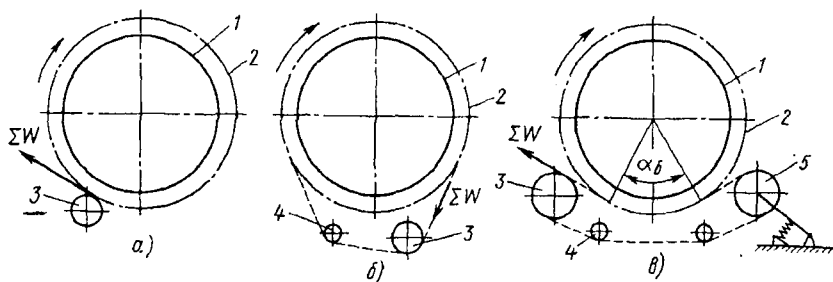


Рис. 11.11. Приводы сушильных барабанов: а – шестерчатый; б – цепной охватывающего типа; в – цепной тангенциального типа; 1 – обечайка сушильного барабана; 2 – делительная окружность ведомого зубчатого венца; 3 – ведущее зубчатое колесо; 4 – обводные ролики; 5 – натяжное зубчатое колесо; ΣW – окружное усилие, ведущего звена, приложенное к зубчатому колесу.

Цепной привод сушильных барабанов состоит из ведущей звездочки 3 (рис. 11.11, б, в), зубчатого венца 2 цепной передачи, закрепленного на сушильном барабане 1 при помощи компенсаторов, натяжной звездочки 5 и цепи.

На рис. 11.11, б показана цепная передача охватывающего типа с вращением ведущей звездочки и ведомого зубчатого венца в одну сторону, а на рис. 11.11, в – тангенциального типа с наружным зубчатым венцом 2 и вращением ведущей 3 и ведомой 2 звездочек в разные

стороны. Преимуществом цепной передачи охватывающего типа является простота конструкции.

Недостатки этой передачи заключаются в неравномерности натяжения цепи при возможном прогибе барабана и неточности монтажа зубчатого венца цепной передачи, которая усугубляется также и тем, что натяжные звездочки или ролики выполнены неподпружиненными; неблагоприятном расположении ведущей звездочки под барабаном, которое создает дополнительное усилие в опорных роликах, равное усилию натяжения в рабочей ветви цепи.

Цепная передача тангенциального типа с наружным ведомым зубчатым венцом сложнее по конструкции. Для этой передачи требуется установка натяжной звездочки 5 на пружинный амортизатор, применение ведущей и натяжной звездочек относительно большого диаметра для обеспечения достаточного угла охвата ведомого зубчатого венца цепью ($\alpha_6 = 20-30^\circ$).

Достоинство этого типа привода состоит в том, что усилие натяжения рабочей ветви цепи, равное окружному усилию зубчатого венца, почти не передается на опорные ролики сушильного барабана.

Следует отметить, что хотя долговечность цепного привода несколько ниже чем зубчатого, однако меньшая стоимость, простота обслуживания и ремонта, меньшие требования к точности монтажа делают цепную передачу, особенно тангенциального типа, более перспективной по сравнению с зубчатой (шестеренчатой).

Зубчатые венцы цепной передачи состоят из обода с зубьями (рис. 11.12). Конструкции зубчатых венцов отличаются выполнением зубьев и их расстановкой на бандаже. На рис. 11.12, а изображен зубчатый венец из фрезерованных секторов, приваренных к бандажу и образующих непрерывную линию зубьев. На рис. 11.12, б показан венец с длинными зубьями, при которых снижаются требования к точности их изготовления и шагу расстановки на ободе. На рисунке 7.12, в представлен венец с короткими зубьями. Они имеют профиль зуба обычной звездочки, а втулочно-роликовая цепь своими роликами ложится на впадины звездочки (зуба). Короткие зубья сложнее в изготовлении, но крепление их к ободу более надежное.

Фрикционный привод вращения сушильных барабанов встречается довольно редко. Вращение барабану передается от приводных опорных роликов 1 через опорные бандажы 2 (рис. 11.13) вследствие сил трения между приводными опорными роликами и бандажками. Для обеспечения надежной работы все четыре опорных ролика выполнены ведущими.

Опорные ролики с каждой стороны сушильного барабана либо насажены на общий вал, либо соединены трансмиссионными валами.

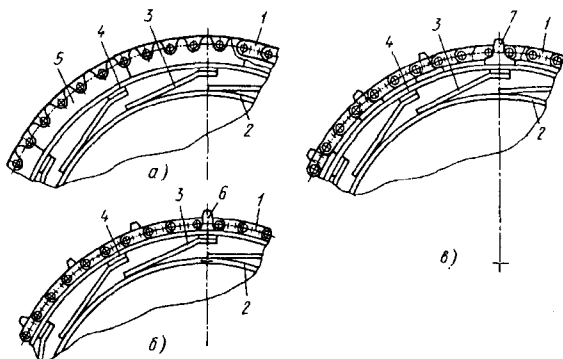


Рис. 11.12. Зубчатые венцы цепных передач: а – секторный венец с нормальным шагом зубьев и вогнуто-выпуклой формой зуба; б – зубчатый венец с прореженными зубьями и прямолинейно-выпуклой формой зуба; в – зубчатый венец с прореженными зубьями и выпуклой формой зуба; 1 – приводная цепь типа ПРИ; 2 – обечайка барабана; 3 – компенсатор; 4 – бандаж зубчатого венца; 5 – зубчатый сектор; 6 – прямолинейно-выпуклый зуб; 7 – выпуклый зуб.

Преимуществом фрикционного привода по сравнению с цепным является простота конструкции и меньшая стоимость. Фрикционный привод с одним двигателем и трансмиссионными валами можно применять для сушильных барабанов малой производительности. Для больших сушильных барабанов все ролики оснащают индивидуальными приводами.

При зубчатом приводе каждый бандаж опирается на два опорных ролика. На больших сушильных барабанах для снижения контактных напряжений ролики устанавливают попарно на балансирных опорах (рис. 11.14).

Кроме опорных роликов один из бандажей снабжают еще двумя упорными роликами, которые представляют собой мощные диски, закрепленные на осях, расположенных с обеих сторон бандажа. Назначение их состоит в том, чтобы воспрепятствовать передвижению сушильного барабана вдоль оси. При правильной установке опорных роликов их оси должны быть строго параллельны оси сушильного барабана, однако в конструкциях опорных устройств роликов редко предусматривают приспособления для контроля точности их установки. Смещение барабана

по роликам в осевом направлении (вверх на уклон или вниз под уклон) вызывается возможным перекосом роликов, как показано на рис. 11.15.

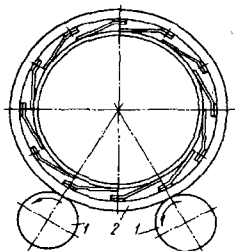


Рис. 11.13. Фрикционный привод сушильного барабана.

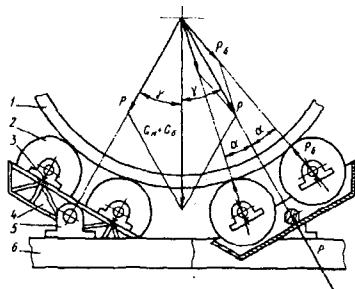


Рис. 7.14. Установка балансирующих роликов: 1 – бандаж; 2 – ролик; 3 – риски установки роликов; 4 – балансир; 5 – опора балансира; 6 – рама.

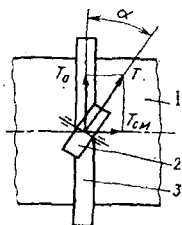


Рис. 11.15. Схема перекоса ролика: 1 – барабан; 2 – опорный ролик; 3 – бандаж; T – окружная сила трения пары ролик-бандаж; T_{cm} – сила, смещающая барабан вдоль оси.

При перекошенном ролике направление вектора силы трения составляет с осью барабана некоторый угол, приводящий к возникновению осевой силы, которая может смещать барабан как вниз (под уклон), так и вверх (на подъем). Если два каких-либо ролика развернуты так, что создаются осевые силы различного направления, то на беговых поверхностях бандажа и ролика быстро возникает шелушение и волнообразование. Боковые поверхности упорного ролика и бандажа обычно обрабатываются по конусу, что обеспечивает чистое качение одного по другому, так как вершины обоих конусов находятся на пересечении осей бандажа и упорного ролика (рис. 11.16).

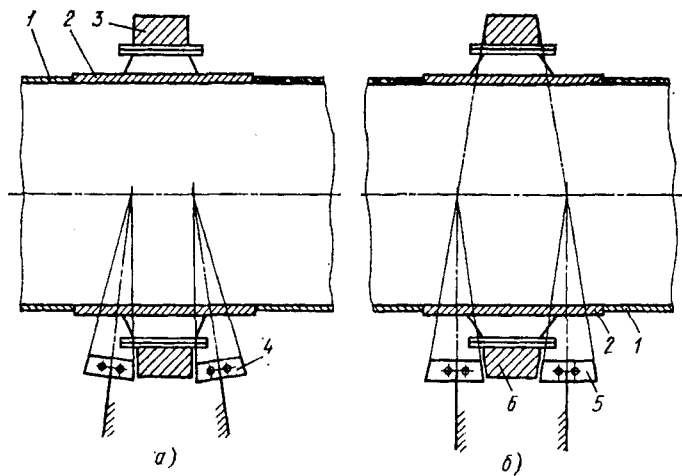


Рис. 11.16. Схема установки упорных роликов: а – наклонная; б – прямая; 1 – обечайка сушильного барабана; 2 – подбандажная плита; 3 – прямой бандаж; 4 – наклонно установленные ролики; 5 – прямо установленные ролики; 6 – конусный бандаж

Упорный ролик иногда снабжен специальным устройством, при помощи которого его можно передвигать вдоль оси барабана, что позволяет прижимать ролик к бандажу. Однако в этом нет необходимости, так как ролики должны обеспечивать упор лишь в случае передвижения барабана вверх или вниз. Чрезмерное прижатие бандажа к ролику и быстрый износ последнего свидетельствуют о неправильной установке опорных роликов и необходимости их регулирования.

Разгрузочный торец сушильного барабана входит в кожух разгрузочной коробки. Для сушильных барабанов малых диаметров наиболее часто применяют разгрузочные коробки с самотечным осыпанием материала из барабана на ссыпной лоток 4 (минуя топку) разгрузочной коробки 2, установленный к горизонтальной оси под углом 45° для обеспечения свободного осыпания сухого материала в приемную воронку 5 горячего элеватора 1 (рис. 11.17, а). Преимущество разгрузочных коробок данного типа заключается в их простоте и надежности, недостаток – в большой длине лотка и необходимости заглубления приемной воронки горячего элеватора ниже поверхности пола, что в большой степени затрудняет ремонт и обслуживание горячего элеватора и увеличивает его длину.

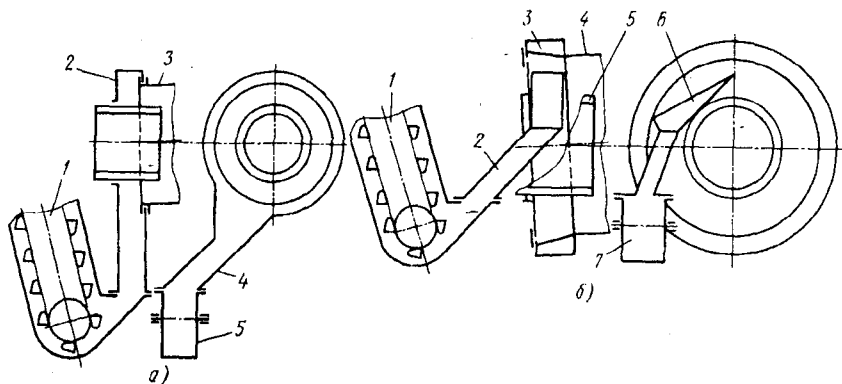


Рис. 11.17. Разгрузочные устройства сушильных барабанов:
а – ссыпной лоток; б – ротационный элеватор.

Ввиду отмеченных недостатков сушильных барабанов больших диаметров выгрузку материалов из сушильного барабана осуществляют при помощи ротационного элеватора 3 (рис. 11.17, б), соединенного с обечайкой 4 сушильного барабана. Ротационный элеватор поднимает лопастями материал на уровень выше оси барабана и ссыпает его в приемную воронку 6, откуда по лотку 2 материал ссыпается в приемную воронку 7 горячего элеватора 1.

Сушильный барабан с ротационным элеватором показан на рис. 11.18. Применяя ротационный элеватор, возможно поднять нижнюю точку горячего элеватора выше поверхности пола и закрепить его непосредственно на раме сушильного барабана, что очень важно для обслуживания элева-

тора (особенно при засыпке избыточным количеством сухого материала при поломках), а также в передвижных установках для сокращения сроков монтажа. Внутреннюю поверхность лотков загрузочной и разгрузочной коробок футеруют сменными листами из износостойчивой стали. Плотность соединений обечайки вращающегося барабана и неподвижных кожухов дымовой коробки и топки обеспечивается лабиринтными или подпружиненными секторными уплотнениями 8 из износостойчивой стали или термостойкой графитизированной резины. Стенки сушильного барабана, особенно в околотопочной зоне, могут нагреваться до очень высокой температуры. Во избежание высокого нагрева стенок и для уменьшения потерь тепла барабан закрывают кожухами. Нагретый под кожухом воздух подается дутьевым вентилятором в топку, что снижает потери тепла стенками барабана и улучшает процесс горения топлива.

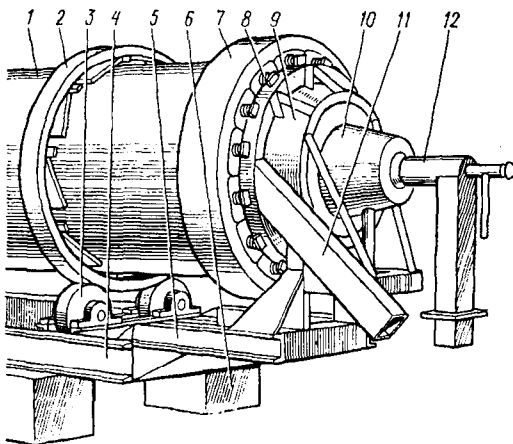


Рис. 11.18. Сушильный барабан с ротационным элеватором:
 1 – барабан; 2 – бандаж; 3 – опорный ролик; 4 – рама сушильного барабана; 5 – рама топки; 6 – фундаментные опоры; 7 – ротационный элеватор; 8 – уплотнительные пластины; 9 – топка; 10 – зажигательный конус; 11 – разгрузочный лоток; 12 – форсунка.

Тепловая изоляция непосредственно наружной поверхности барабана нежелательна, так как под слоем теплоизоляции возможен чрезмерный нагрев обечайки, что неблагоприятно отражается на ее прочности, ибо даже открытый барабан после окончания работы и прекращения подачи топлива оставляют вращаться на 10–15 мин для равно-

мерного охлаждения обечайки и предупреждения ее прогиба от собственной массы.

Со стороны разгрузочной коробки барабана установлена топка, работающая на жидком или газообразном топливе. Околотопочную зону сушильного барабана с внутренней стороны можно футеровать плитами из жаростойкой стали. Топку сушильного барабана изготавливают из листовой стали и внутри футеруют огнеупорным кирпичом или жаростойким бетоном. Возможно применение нефутерованных топков из жаростойкой стали. Швы между кирпичами должны быть не более 1 мм и заполняться раствором из огнеупорной глины с магнезитовым порошком. Швы каждого ряда смещают для предотвращения выпадания сразу нескольких кирпичей.

Между металлической обечайкой и футеровкой прокладывают листовую асбест, основным назначением которого является компенсация их различного расширения в процессе работы топки.

Для увеличения срока службы футеровки топку устанавливают на раме агрегата при помощи специального крепления, позволяющего периодически, по мере появления одностороннего износа, поворачивать ее вокруг продольной оси.

Топка является ответственной частью сушильного агрегата. От качества работы топки с форсункой (топочного агрегата) зависит термический КПД и расход топлива, а также качество приготовляемой смеси.

Режим горения и полнота сгорания топлива зависят от конструкции топки, конструкции форсунки и способа распыла топлива, т. е. от режима работы топочного агрегата в целом.

Процесс горения тяжелого топлива (мазута, наиболее часто применяемого для работы сушильных барабанов асфальтосмесительных установок) происходит в две стадии: газификации капель топлива (пирогенетического разложения) и сгорания продуктов газификации. Процесс газификации тяжелого топлива начинается при температуре около 600°C и интенсивно возрастает при 700°C и выше. Чем выше температура воздушно-топливной смеси и мельче распылено топливо, тем быстрее идет газификация и короче горящий факел.

Применение длиннофакельных форсунок ведет к увеличению времени газификации и догорания топлива, которые протекают на значительной части длины сушильного барабана. В сушильном барабане в горящий факел попадает материал с температурой не выше 220–250°C, что приводит к снижению температуры факела и возможной конденсации топлива на поверхности частиц каменного материала. Кроме того,

горящий в барабане факел теряет много тепла лучеиспусканием, что также ведет к снижению температуры факела и скорости газификации и, как следствие, к увеличению неполноты сгорания.

Химическая неполнота сгорания является следствием плохого смешивания воздуха с топливом и недостатка воздуха.

Механическая неполнота сгорания является следствием грубого распыла топлива, плохой его газификации и большой длины факела.

Известно несколько типов топочных устройств, применяемых на сушильных агрегатах (рис. 11.19): закрытая топка, топка с зажигательным конусом, топки с газификацией вследствие рециркуляции (возвратного движения) горячих газов, открытая топка с паровым распылом и топка с предварительной высокотемпературной подготовкой топлива в змеевиках.

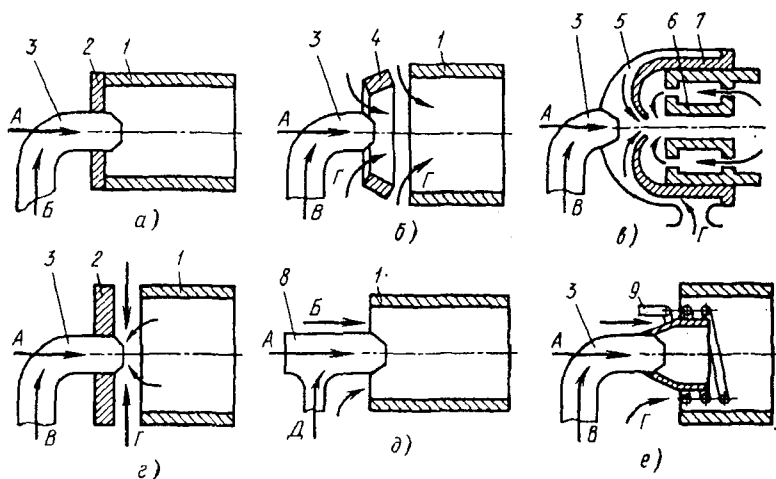


Рис. 11.19. Типы топок сушильных барабанов: 1 – топка; 2 – торцовая стенка; 3 – форсунка воздушного распыливания топлива; 4 – зажигательный конус; 5 – корпус; 6 – камера сгорания; 7 – направляющий аппарат; 8 – форсунка парового распыливания топлива; 9 – змеевик; А – подача топлива; Б – подача воздуха; В – подача первичного воздуха; Г – подача вторичного воздуха; Д – подача пара.

В закрытых топках (рис. 11.19, а) распыливание топлива воздушное или воздушно-механическое, воздух для сжигания топлива подается в топку дутьевым вентилятором через форсунку.

Достоинства закрытых топок: простота конструкции, простота ремонта и изготовления в производственных условиях на АБЗ. Недостатки: воздух необходимо подавать вентилятором, медленная газификация топлива в потоке холодного воздуха, что приводит к удлинению факела, и большая длина топок ($L_m = 1,5D_m$ и более).

В топках с зажигательным конусом (рис. 11.19, б) распыливание топлива воздушное или воздушно-механическое, но через форсунку подается воздух только для распыливания топлива в количестве 10–20 % необходимого воздуха (т. е. около 1–2 кг воздуха на 1 кг топлива), а недостающий воздух для сгорания топлива подсасывается через кольцевые пространства между форсункой, зажигательным конусом и топкой.

Достоинства топок с зажигательным конусом по сравнению с закрытыми: небольшая мощность дутьевого вентилятора, быстрый подогрев и испарение топлива в зажигательном конусе и более полное сгорание топлива непосредственно в топке.

Недостатки топок с зажигательным конусом: сложность конструкции и изготовления футеровки зажигательного конуса в производственных условиях (жаростойкий бетон или футеровочный кирпич специальной формы).

В показанной на рис. 11.19, в топке с газификацией топлива в предварительной камере, через форсунку подается воздух только на распыливание топлива. В предварительной камере происходит газификация топлива, а горение заканчивается в основном пространстве топки. В результате эффекта эжекции часть горячих газов по специальным каналам проходит вокруг камеры газификации (рециркулирует) и поступает в предварительной камере, где нагревает воздушно-топливную смесь, обеспечивая быструю газификацию топлива.

Достоинства топки с газификацией топлива в предварительной камере: быстрая и полная газификация, 100 %-ное сгорание топлива, короткий факел, малый коэффициент избытка воздуха ($\alpha = 1,05–1,1$), так как топливо в основной камере горит как газ. Недостатки топок с газификацией топлива в предварительной камере: сложность конструкции, изготовление камеры газификации из керамического материала высокой термостойкости, высокое давление распыливающего воздуха.

В топке с газификацией топлива в основной камере, представленной на рис. 11.19, г, через форсунку подается воздух только на распыливание топлива; недостающий воздух для горения топлива поступает в кольцевое пространство между торцевой стенкой и топкой. В топке вследствие эжектирующего действия форсунки и вторичного воздушного потока происходит завихрение продуктов горения (рециркуляция горячих га-

зов), благодаря чему обеспечивается подогрев вторичного воздуха до высокой температуры и быстрое сгорание топлива.

Достоинства топок с газификацией топлива в основной камере: простота конструкции, сравнительно небольшая мощность дутьевого вентилятора, быстрый прогрев воздуха и хорошая газификация топлива, короткий факел, малый коэффициент избытка воздуха ($\alpha = 1,05-1,1$) и полное сгорание топлива. Недостаток топок с газификацией топлива в основной камере заключается в необходимости применения форсунки с большим конусом распыливания топлива.

В топке с паровым распылом (рис. 11.19, д) топливо распыливается паром давлением 0,6–0,8 МПа. Воздух на сжигание топлива поступает в топку через открытый торец вследствие разрежения, создаваемого в сушильном барабане дымососом.

Достоинство топок с паровым распыливанием: простота конструкции. Недостатки: паровоздушная смесь выходит из форсунки с очень большой скоростью и создает сильный шум; горение топлива происходит только с поверхности факела (внутри факела горение отсутствует, так как пар не поддерживает горения), ввиду чего факел получается очень длинным; большой коэффициент избытка воздуха и высокий процент неполноты сгорания топлива.

В топке с предварительной высокотемпературной подготовкой топлива в змеевиках (рис. 11.19, е) топливо, проходя по змеевику и нагреваясь, подается в форсунку, в которую поступает и первичный воздух. Вторичный воздух поступает в топку через открытый торец. Газификация происходит в короткой предварительной камере, омываемой снаружи холодным воздухом, горение газифицированного топлива – в основной камере.

Достоинства топок с предварительной высокотемпературной подготовкой топлива: короткофакельное горение топлива, полное его сгорание, низкий коэффициент избытка воздуха ($\alpha = 1,05-1,1$), возможность изготовления предварительной камеры из недорогих материалов. Недостатки таких топок: сложность регулирования нагрева топлива (мазута) в змеевике путем перемещения змеевика внутри топки; возможность закоксовывания и прогорания стенок змеевика при скорости движения топлива в нем менее 0,5 м/с и температуре топлива в змеевике выше 300°C.

Существенно влияет на эффективность и экономичность работы топливной системы предварительный подогрев топлива, а также и воздуха, поступающего в форсунки.

Для нагрева топлива используют паровые или масляные теплообменники, возможно использование тепла отработавших газов из сушильного барабана или электронагревателей.

На рис. 11.20 показана наиболее распространенная схема подогрева топлива, применяемая в смесителе Д-508, в котором топливо подогревается паровым змеевиком и самотеком поступает к насосу.

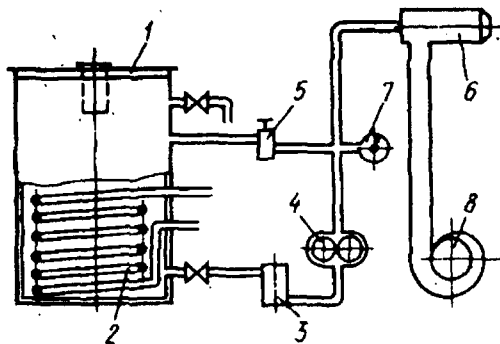


Рис. 11.20. Открытая система нагрева топлива: 1 – топливный бак; 2 – паровой змеевик; 3 – фильтр; 4 – насос; 5 – редукционный клапан; 6 – форсунка; 7 – манометр; 8 – дутьевой вентилятор.

При нагреве топлива выше 95°C возрастает упругость паров, что приводит к разрыву потока на линии между нагревателем и насосом и снижению подачи насоса.

По этой причине температура нагрева мазута в системе не должна превышать 90°C , хотя для распыливания и полного сгорания его она должна быть более высокой (до $250\text{--}270^{\circ}\text{C}$).

11.3.3. Сортировочные устройства и бункера

В асфальтосмесительных установках применяют два типа сортировочных устройств – плоские и барабанные грохоты.

В настоящее время большинство асфальтобетонных установок оснащают плоскими эксцентриковыми или вибрационными грохотами.

Наиболее желательно применение вибрационных грохотов, обеспечивающих лучшее по сравнению с другими типами грохотов качество грохочения и более строгое соблюдение заданного гранулометрического состава приготовляемой асфальтобетонной смеси.

Механизмы грохота во избежание пыления и попадания влаги в бункера закрыты кожухами и снабжены вытяжными трубами, соединенными с системой пылеочистки. Для плоских грохотов весьма сложным является вопрос защиты металлоконструкции смесителя от вибрации. Наиболее целесообразна комбинированная система виброизоляции, состоящая из пружинных амортизаторов подвески ситового короба к промежуточной раме и опирания промежуточной рамы на металлоконструкцию смесителя через пневмобаллонные амортизаторы. Пружинные амортизаторы обладают малым гистерезисом, что обеспечивает высокий возврат энергии, накопленной при сжатии пружины, и нормальную работу грохота; пневмобаллонные амортизаторы обладают большим гистерезисом, в результате чего снижается передача колебаний на металлоконструкцию.

Под грохотом расположен секционный расходный бункер с отсеками для песка, мелкого, среднего и крупного щебня. ГОСТ предусматривает для асфальтобетона одну фракцию песка и три фракции щебня. Практикуемое некоторыми фирмами разделение щебня на 4–5 фракций усложняет конструкцию грохота, бункеров и дозирочного отделения, в том числе и системы автоматики. Все секции бункеров должны быть оборудованы окнами для отбора излишнего материала чтобы избежать переполнения подрешетного пространства грохотов и поломки. Окна для излишков материала соединяют патрубками со сборным бункером излишков, который периодически разгружается. Подобным же образом собирается материал, не прошедший через грохот.

Бункера фракционированного материала расположены в один ряд. Для подачи минерального порошка применяют отдельный элеватор и расходный бункер. Расположение расходного бункера минерального порошка в один ряд с бункерами фракционированного горячего материала при продольной компоновке смесителя (рис. 11.21) нецелесообразно, так как в смеситель материал поступает с большой неравномерностью распределения отдельных фракций по длине смесителя. Лучшее распределение отдельных фракций и особенно минерального порошка достигается при параллельном расположении расходных бункеров и минерального порошка. Стенки расходных бункеров с внутренней стороны облицовывают броневыми листами. Рабочую вместимость отсеков расходного бункера устанавливают из расчета 10–15-минутного запаса материалов, необходимых для безостановочной работы смесителя.

Применение агрегатов питания и накопительных бункеров готовой смеси позволяет снизить вместимость расходных бункеров до 5–10-

минутного запаса материалов, что особенно важно для смесителей большой производительности. Все отсеки расходных бункеров имеют разгрузочные устройства в виде секторных затворов, приводимых в действие пневмоцилиндрами с дистанционным кнопочным или автоматическим управлением.

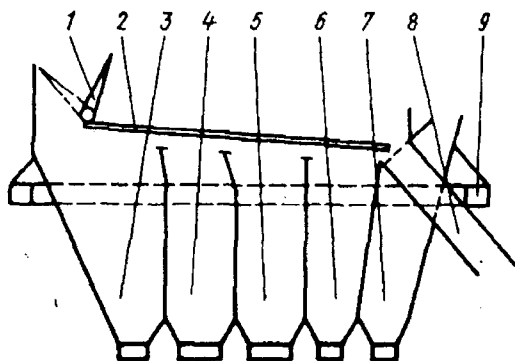


Рис.11.21. Одnorядное расположение бункеров: 1 - перекидной лоток; 2 - грохот; 3 - бункер песка; 4 - бункер мелкого щебня; 5 - бункер среднего щебня; 6 - бункер крупного щебня; 7 - бункер минерального порошка; 8 - лоток сброса негабарита; 9 - рама.

11.3.4. Дозирующие устройства

В современных асфальтосмесительных установках периодического действия для дозирования минеральных материалов применяют весовые дозаторы, обладающие малой погрешностью дозирования (до $\pm 2\%$) (рис. 11.22). Весовой бункер подвешивают к нижней обвязке верхнего блока установки при помощи системы грузоподъемных рычагов. Рычаги посредством коромысла, тяги и тарной гири связаны с весовой головкой. В нижней части бункера установлен секторный затвор, служащий для разгрузки дозированной массы в смеситель.

Весовая головка типа АДИ-30П (рис. 11.23) обеспечивает автоматическое дозирование минеральной смеси любого рецептурного состава.

Для дозирования каждой фракции (песка, трех фракций щебня и минерального порошка) на циферблатной головке имеются установочные стрелки 2 с индуктивными датчиками, переставляемые вручную при настройке на новый рецепт смеси.

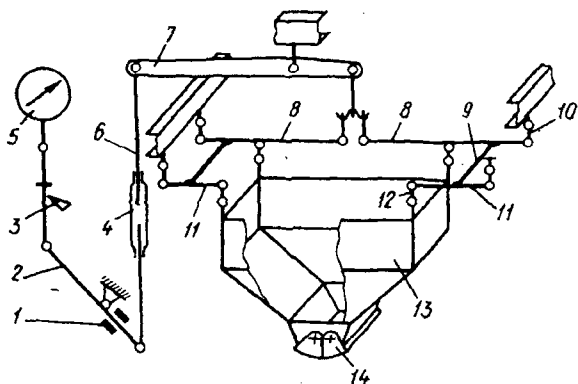


Рис. 11.22. Весовой механизм дозатора минеральных материалов: 1 – тарная гиря; 2 – тарная рейка; 3 – ограничитель хода; 4 – регулировочный механизм; 5 – весовая головка; 6 – тяга; 7 – коромысло; 8, 11 – грузоподъемные рычаги; 9 – поперечина; 10 – подвеска рычагов; 12 – подвесные серьги; 13 – весовой бункер; 14 – затвор весового бункера.

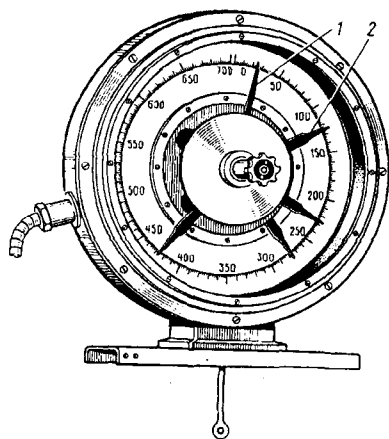


Рис. 11.23. Весовая головка.

При заполнении весового бункера указывающая стрелка 1 отклоняется от нулевого положения и перемещается вдоль шкалы, указывая в каждый момент общую массу материала в весовом бункере. При совпадении указывающей стрелки с установочной стрелкой в индуктивном датчике возникает импульс, поступающий в систему автоматического управления затворами секций расходных бункеров. Взвешивание каждой фракции материала производится последовательно в один весовой бункер в нарастающем порядке. Преимущество автоматических весовых головок, оснащенных индуктивными датчиками, состоит в отсутствии влияния датчиков на движение указывающей стрелки в противоположность магнитно-ртутным датчикам, которые могут захватывать и удерживать указывающую стрелку, нарушая процесс дозирования. Недостаток индуктивных датчиков состоит в слабом сигнале, не превышающем порога чувствительности приемной аппаратуры автоматического управления работой затворов при очень быстром движении указывающей стрелки. Этот недостаток отсутствует в фотоэлектрических датчиках, однако они еще не нашли широкого применения.

Для дозирования жидкого вяжущего и жидких активизирующих добавок в асфальтосмесительных установках в последнее время находят широкое применение дозаторы объемного дозирования и расходомеры типа шестеренных насосов. Объемный дозатор поплавкового типа для битума (рис. 11.24) имеет простую и надежную в работе конструкцию. Порция битума подается в емкость 3, которая заполняется вяжущим, поступающим по трубопроводу через дополнительный кран 7. По мере заполнения емкости битумом всплывает металлический герметичный поплавок 5, связанный гибким стальным канатиком 9 через системы направляющих блоков с мерноотсчетным устройством. Отражатель 6 предназначен для плавного подъема поплавка. Отсчетная шкала 10 закреплена на трубе, внутри которой перемещается грузик 11 со стрелкой. При заполнении емкости грузик опускается от нулевого деления по шкале вниз. В каждый момент стрелка грузика указывает количество битума (л) в дозаторе. Как только стрелка дойдет до заданного деления на шкале, дополнительный кран патрубка 2 закрывается. При срабатывании датчика 14 от действия грузика 11 закрывается кран 7. На этом процесс дозирования заканчивается. Дозированная порция битума в смеситель сливается через сливной кран 8. Для подачи битума в смеситель под давлением трубопровод сливного крана должен подключаться к насосу подачи битума.

Дозатор объемного дозирования может иметь достаточную точность работы, если окружающая температура будет поддерживаться постоян-

ной. Нижняя половина дозатора имеет паровую рубашку 4, паровым подогревом оборудованы также наполнительный и сливной краны и битумопроводы.

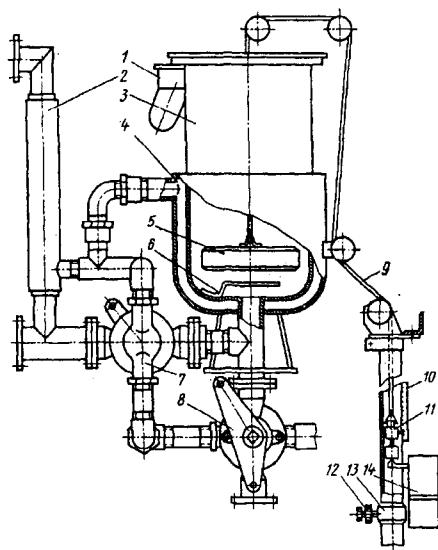


Рис. 11.24. Объемный дозатор битума поплавкового типа.

Изменение объема подаваемого дозатором битума производится простым перемещением датчика 14 вдоль шкалы хомутиком 13 и винтом 12. Окончательно этот объем корректируется по показанию стрелки с учетом инертности действия исполнительных механизмов управления краном. Такая коррекция осуществляется при малых перемещениях коробки датчика вдоль шкалы.

Дозаторы объемного дозирования поплавкового типа с изменяемым рабочим объемом имеют следующие недостатки: большие затраты времени на цикл дозирования, связанные с последовательным заполнением и опорожнением бака дозатора; попадание пыли в бак дозатора, так как камера дозирования связана с атмосферой; выход в атмосферу паров битума и поверхностно-активных добавок; перелив битума из дозатора через переливной патрубков 1. Эти недостатки ведут к потере битума и загрязнению установки. Кроме того, дозаторы поплавкового

типа не обеспечивают допустимой погрешности дозирования ($\pm 1,5\%$). Достоинство дозаторов объемного дозирования: простота конструкции, низкая стоимость, отсутствие деталей и узлов, требующих высокой точности изготовления.

Для смесителей с сокращенным циклом смешивания и подачи битума под давлением 1,5–2,1 МПа применяют дозаторы с непрерывно-объемным дозированием вяжущего.

Дозирующее устройство импакт-аппарата (рис. 11.25) имеет бак 3 с масляным подогревом (от трубчатого нагревателя 13 с насосом 12). Из бака через сетчатый фильтр 4, расходомер 5 (шестеренный насос с эллиптическими шестернями) насосом высокого давления 7 битум по битумопроводу 11 подается в смеситель.

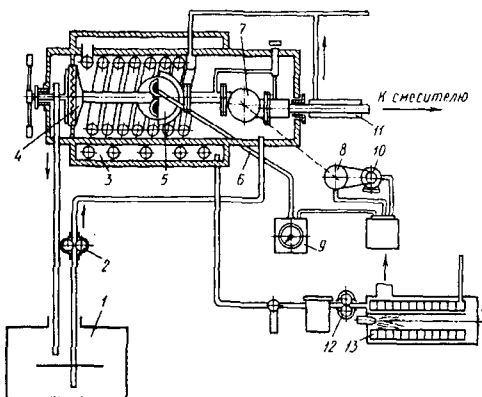


Рис. 11.25. Дозирующее устройство импакт-аппарата для битума.

В бак дозатора битум непрерывно подается циркуляционным насосом 2 из расходной емкости 1, а через контрольно-сливную трубу излишки битума возвращаются в емкость, благодаря чему подача циркуляционного насоса несколько больше подачи насоса высокого давления. Обогрев агрегатов в корпусе дозатора осуществляется горячим битумом. При включении электромагнитной муфты 8 вращение от электродвигателя 10 передается насосу высокого давления. Насос расходомера, принудительно вращаясь потоком битума, измеряет объем проходящего битума и при помощи гибкого валика 6 и стрелки индикатора 9 указывает количество битума, подаваемого в смеситель. При совмещении указательной стрелки

с установочной подается сигнал автоматической системе управления на выключение электромагнитной муфты 8 и отключение указывающей стрелки индикатора 9, которая возвращается в нулевое положение.

Недостатки импакт-дозатора: сложность конструкции, сложность изготовления эллиптических шестерен насоса расходомера и неравномерность их угловой скорости вращения, сложность обслуживания и ремонта дозатора, так как все агрегаты находятся непосредственно в битумной ванне.

Более простым по конструкции является дозатор шпридомат-аппарат (рис. 11.26), состоящий из расходной емкости 1, поплавкового заборного устройства 2, насоса высокого давления 4, циркуляционного патрубка 3, корпуса дозатора, распределителя 7, фильтра 6, насоса расходомера 5 и индикатора-дозатора 8. Битум из дозатора впрыскивается форсунками 10 в смеситель 11, куда подается минеральный материал из дозатора 9.

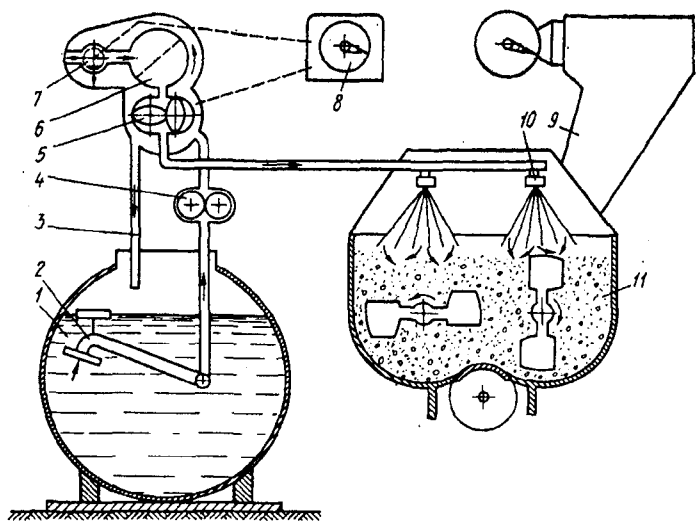


Рис. 11.26. Дозирующее устройство шпридомат-аппарат для битума.

В шпридомат-аппарате насос-дозатор с эллиптическими шестернями вращается принудительно потоком битума высокого давления. Премущества шпридомат-аппарата по сравнению с импакт-аппаратом за-

ключаются в простоте конструкции, постоянстве работы насоса высокого давления. Недостатки шпридомат-аппарата: сложность изготовления эллиптических шестерен насоса дозатора и неравномерность их угловой скорости вращения. Общим достоинством насосов-дозаторов с эллиптическими шестернями является большая производительность за один оборот шестерен.

Высказано предположение, что к недостаткам относится установка насоса дозатора после насоса высокого давления из-за возможных поломок при попадании посторонних предметов и поломки насоса-дозатора вследствие чрезмерного возрастания давления при пуске неподогретого агрегата.

Первое предположение неоправданно, так как при перевозке битума в цистернах и хранении в инвентарных битумохранилищах исключается его загрязнение механическими примесями, а для увеличения надежности дозатора устанавливают сетчатый фильтр. Относительно второго предположения следует заметить, что поломка насоса может возникнуть лишь при неправильной эксплуатации аппарата: после окончания работы он должен быть освобожден от остатков битума, а перед работой – предварительно прогрет, для чего в нем имеется обогревающая система.

11.3.5. Лопастные смесители

Смешивание минеральных материалов (щебня, песка, минерального порошка) с битумом является важнейшей операцией технологического процесса приготовления асфальтобетона, активно влияющей на формирование его структуры.

В настоящее время для приготовления асфальтобетонных смесей применяют в основном лопастные смесители принудительного смешивания (рис. 11.27), которые разделяют на смесители периодического и непрерывного действия.

Смесители имеют корытообразное днище-корпус, боковые и торцовые стенки, два вала с лопастями, синхронно вращающимися внутри корпуса навстречу друг другу.

Лопасты закреплены на валах посредством кронштейнов и расположены попарно, причем каждая пара лопастей повернута относительно соседней на угол смещения кронштейнов $\varphi_{кр}$, равный 90° в смесителях периодического действия. По отношению к оси вала лопасти закрепляют на кронштейнах под углом α , чаще всего равным 45° . Лопасты располагают на валу по прерывистой винтовой линии. Это необходимо для

перемещения материала не только в плоскости вращения лопастей, но и вдоль корпуса смесителя.

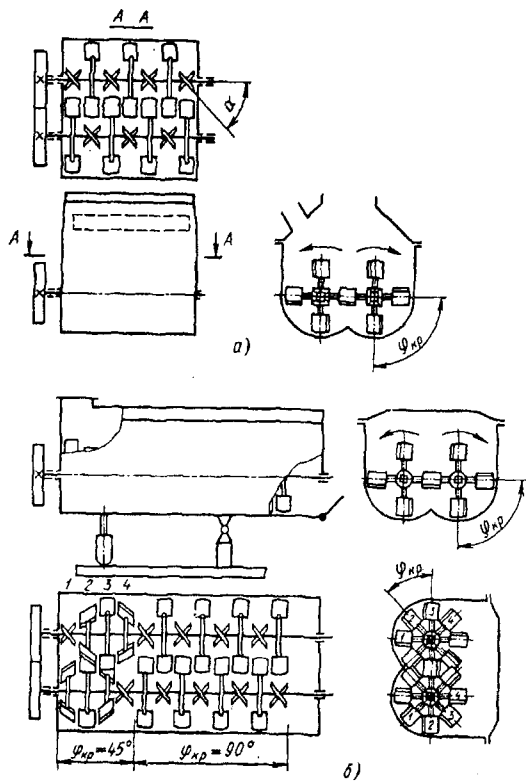


Рис. 11.27. Лопастные смесители принудительного смешивания: а – периодического действия, б – непрерывного действия.

Смесители непрерывного действия имеют удлиненный корпус, материал загружается в торце смесителя через люк в кожухе. В некоторых конструкциях смесителей в зоне загрузки 4–5 пар лопастей каждого вала установлены с углом смещения кронштейнов $\varphi_{кр}$, равным 30 или 45°. При вращении лопастных валов смесь перемещается от одного тор-

ца к другому, где и разгружается через отверстие в нижней части торцовой стенки корпуса.

Длительность смешивания возможно регулировать изменением подачи материала в смеситель и изменением скорости движения смеси в корпусе смесителя. При любой производительности для получения качественной смеси ее уровень должен закрывать лопасти смесителя, что достигается или изменением наклона смесителя, или подъемом подпорной заслонки. Смесители периодического действия имеют более короткий корпус, чем смесители непрерывного действия, материал загружается через люки в кожухе смесителя. Готовая смесь разгружается через открываемое днище-затвор.

Движение материала внутри корпуса смесителя, приводящее к равномерному распределению компонентов по объему замеса, зависит от установки лопастей на валах. Существуют две схемы движения смеси: противоточная и поточно-контурная (рис. 11.28).

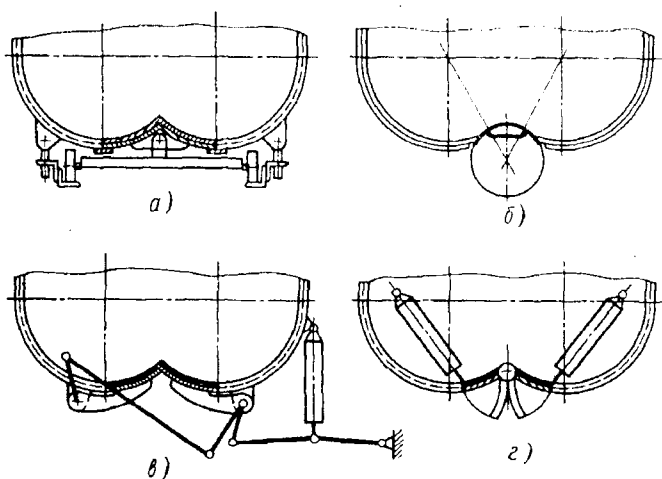


Рис. 11.28. Затворы лопастных смесителей периодического действия: а – шиберный; б – секторный; в – грейферный; г – лепестковый.

При противоточной схеме движения смеси лопасти установлены на валах так, что при вращении последних смесь движется от торцов смесителя к центру. В центре смесь поднимается конусом и веерообразно растекается с вершины конуса.

Лопасты, расположенные в середине вала, почти полностью загружены, так как находятся в смеси, а лопасти у торцовых стенок загружены очень мало. Особенно большая неравномерность загрузки лопастей по длине вала наблюдается у длинных смесителей, имеющих коэффициент формы корпуса смесителя ψ (отношение длины корпуса смесителя l_k к его ширине b_k) 1,4 и более.

Пропорционально загрузке лопастей неравномерно изнашивается днище смесителя.

При поточно-контурной схеме движения смеси лопасти установлены на валах так, что при вращении последних смесь движется вдоль валов. Лопасти одного вала смещают смесь от одного торца смесителя к другому, где одна-две пары отбойных лопастей отгребают смесь от торца и передают на другой вал; лопасти второго вала смещают смесь в противоположную сторону, где отбойные лопасти передают смесь на первый вал. Так образуется замкнутая схема движения смеси по контуру – большой круг циркуляции смеси. В средней части смесителя лопасти соседних валов смещают смесь в разные стороны, что в сочетании с поперечным движением масс смеси приводит к возникновению малых кругов циркуляции и более быстрому распределению компонентов по объему замеса.

При поточно-контурной схеме движения смеси лопасти по всей длине валов загружены равномерно, износ днища и лопастей идет равномерно по длине смесителя, но лопастные валы нагружены значительными осевыми силами, воспринимаемыми опорными подшипниками лопастных валов.

Затворы лопастных смесителей периодического действия могут быть трех типов: шиберными (выдвижными), секторными (поворотными) и створчатыми, которые подразделяют на рейферные и лепестковые.

Шиберные затворы представляют собой часть днища корпуса смесителя с рамкой и опорными катками, перемещающимися по подвесной раме (рис. 11.29, а). Привод шиберного затвора осуществляется электро-механическим или пневматическим устройством.

Достоинства шиберных затворов следующие: небольшая габаритная высота, простота и надежность уплотнения между неподвижным корпусом и подвижной частью затвора, благодаря чему исключается просыпание материала при работе смесителя.

Недостатками шиберных затворов являются большое усилие открывания, особенно при выключенном приводе лопастных валов смесителя и наличии смеси в корпусе смесителя, значительное время открывания и закрывания затвора, малая площадь разгрузочного отвер-

ствия, поскольку выдвигание затвора осуществляется на $1/3-1/2$ длины корпуса смесителя.

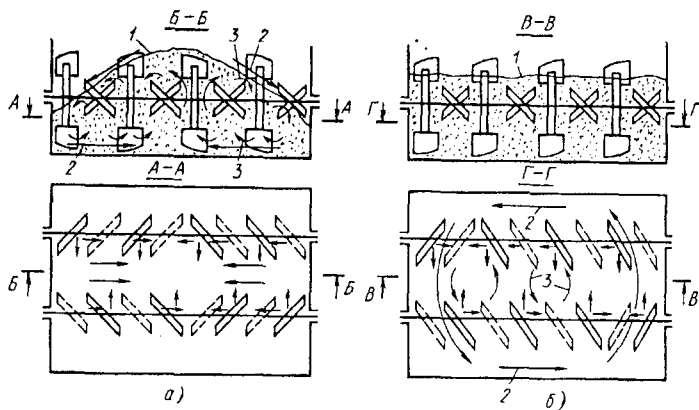


Рис. 11.29. Схема движения смеси в корпусе смесителя: а – противоточная; б – поточно-контурная; 1 – уровень смеси в смесителе; 2 – большие круги циркуляции; 3 – малые круги циркуляции.

Секторный затвор (рис. 11.29, б) устанавливают на подвесных опорах. Выгрузка смеси осуществляется при повороте затвора вокруг его продольной оси при помощи пневмоцилиндра. Достоинство секторного затвора заключается в скорости и легкости открывания даже при остановленном приводе валов смесителя.

Недостатками секторного затвора являются трудности надежного уплотнения зазора между подвижным сектором и неподвижным днищем и, как следствие, просыпание мелких фракций сухого материала, малая площадь разгрузочного отверстия и несколько большая габаритная высота (по сравнению с шибберными затворами).

Грейферный затвор створчатого типа (рис. 11.29, в) состоит из двух подвесных створок, валов, кронштейнов и соединительных тяг. Привод створок осуществляется одним пневмоцилиндром. Створки поворачиваются синхронно. Преимущества грейферного затвора состоят в скорости и легкости открывания створок, большой площади затвора, что приводит к быстрой разгрузке смеси.

Недостатки грейферного затвора: при большой площади створок велико давление на них смеси, что вызывает деформацию синхронизирующих валов, кронштейнов и тяг, и большие габаритные размеры затвора в раскрытом состоянии.

Лепестковый затвор состоит из двух створок (рис. 11.29, г) с независимым управлением. Каждая створка подвешена шарнирно на общей оси и управляется двумя пневмоцилиндрами. Достоинства лепесткового затвора: надежное уплотнение зазоров и отсутствие просыпания материала, легкость и быстрота открывания створок.

Недостатки лепесткового затвора: малая площадь разгрузочного отверстия, разброс смеси в стороны при открывании створок.

11.3.6. Новые методы приготовления асфальтобетонных смесей

В настоящее время существуют два направления совершенствования технологии приготовления асфальтобетонных смесей: вибрационное смешивание и беспыльное приготовление смеси.

При вибрационном смешивании все агрегаты технологического процесса остаются неизменными, кроме смесителя. В лабораторных исследованиях применяли вибрационный смеситель барабанного типа, в производственных экспериментах использовали двухвальные лопастные смесители периодического действия с вибрирующим корпусом и валами. Вибрация корпуса и рабочих органов смесителя создает в смеси значительные ускорения частиц, разрушает коагуляционную структуру битума, что облегчает адсорбцию асфальтенов битума на поверхности минеральных материалов.

При вибрации весь битум переходит в пленочное состояние и лучше обволакивает минеральные частицы, а сами пленки битума более однородны по толщине. Все это приводит к повышению качества асфальтобетонной смеси и более долговечной работе асфальтобетонного покрытия. Однако, несмотря на преимущества вибрационного смешивания по сравнению с традиционным, этот метод не получил пока распространения в основном вследствие низкой долговечности деталей смесителя при вибрации.

Технология беспыльного приготовления асфальтобетонной смеси существенно отличается от традиционной. Существуют два способа беспыльного приготовления смеси. По первому способу минеральные материалы соединяются с битумом в двухвальном лопастном смесителе до сушки. По второму – минеральные материалы соединяются с битумом в процессе сушки и нагрева материала в сушильно-смесительном барабане.

По первому способу, разработанному фирмой “Вибау” (Германия), предварительно отдозированные агрегатом питания влажные минеральные материалы подаются в двухвальный лопастный смеситель, куда поступают битум и активирующая добавка.

Водный раствор активирующей добавки придает частицам минерального материала водоотталкивающие свойства и улучшает их смачиваемость битумом. После введения в холодную смесь горячего расплавленного битума его капли застывают, связывая мелкие частицы минерального материала в гранулы.

Приготовленная в смесителе холодная смесь поступает в сушильный барабан-активатор, где производится испарение влаги и расплавление капель битума. Благодаря действию активирующей добавки расплавленный битум обволакивает частицы минерального материала.

Достоинства этого способа следующие: возможность использования серийного оборудования; снижение стоимости и металлоемкости оборудования из-за исключения горячего грохота, секционного бункера горячих материалов, дозаторов горячих материалов; возможность длительного хранения холодной смеси и последующего приготовления готовой смеси в любом месте, где используют только сушильный барабан-активатор.

Недостатки способа: сложность соблюдения заданного рецептурного состава, поскольку дозирование осуществляется агрегатом питания; необходимость строгого контроля влажности песка и щебня для сохранения заданного соотношения массы минерального материала и битума; необходимость применения минеральных порошков, не склонных к набуханию; необходимость применения запатентованной активирующей добавки (фирма "Вибау", Германия); повышенные требования к стабильности теплового процесса для снижения разрушения и окисления битумной пленки.

Следует отметить, что приготовление асфальтобетонной смеси по способу фирмы "Вибау" не нашло широкого применения из-за контакта горячих газов высокой температуры с открытым битумом, вспенивания битума при нагреве материала свыше 100°C и интенсивного старения и выгорания битума. Замена противоточного барабана-активатора на поточный не уменьшила явления старения и выгорания битума.

Второй способ беспыльного приготовления асфальтобетонной смеси нашел большее распространение. Влажные и холодные песок и щебень, предварительно отдозированные в агрегате питания, и минеральный порошок по ленточному конвейеру подаются в сушильный барабан (рис. 11.30), работающий по поточному способу сушки. В радиационной зоне сушильного барабана происходит нагрев и сушка минеральных материалов. Во вторую (конвективную) зону сушильного барабана подается битум, там в среде горячих газов и паров воды происходит дальнейший нагрев песка и щебня и обволакивание их битумом.

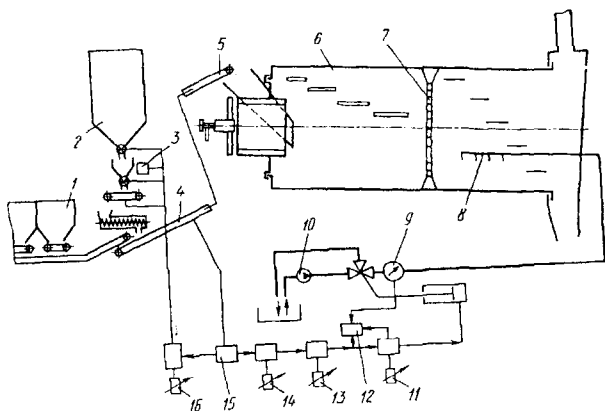


Рис. 11.30. Схема технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей в сушильно-смесительном барабане с системой дозирования битума: 1 – агрегат питания; 2 – агрегат минерального порошка; 3 – система дозирования минерального порошка; 4 – датчик расхода материала; 5 – транспортер; 6 – сушильно-смесительный барабан; 7 – диафрагма; 8 – подача битума; 9 – расходомер битума; 10 – насос битумный; 11 – корректировка подачи битума; 12 – сравнивающее устройство; 13 – задатчик процентного содержания битума; 14 – корректировка влажности; 15 – расход влажных материалов; 16 – задатчик расхода минерального порошка.

Дозирование битума основано на применении расходомеров и сблорировано с системой дозирования минеральных материалов при строгом контроле их влажности.

Для исключения прямого контакта факела горящего топлива с битумом и снижения окисления и выгорания битума фирмы США и Англии разделяют радиационную и конвективную зоны сушильно-смесительного барабана диафрагмой, фирма “Ермонт” (Франция) применяет специальную систему подъемно-сбрасывающих лопастей, создающих непроницаемый для излучения факела экран из сыпавшегося материала. Экран сыпавшегося материала обеспечивает качественное просушивание материалов в барабане.

Наличие в зоне активного пылеобразования жидкого битума способствует улавливанию им частиц пыли, но полностью исключить вынос

пыли из сушильно-смесительного барабана не удается. Температура выходящей готовой смеси составляет 120–140 °С для менее вязких битумов и 135–175 °С – для более вязких. Готовая смесь может выдаваться или непосредственно в транспортные средства, или элеватором в накопительный бункер.

Достоинства установок с сушильно-смесительными барабанами: простота оборудования, значительное снижение металлоемкости и энергоемкости и меньшее количество пыли, выносимой из сушильно-смесительного барабана, что несколько упрощает проблему очистки дымовых газов.

Основные недостатки беспыльного приготовления смеси в сушильно-смесительном барабане: необходимость строгого контроля влажности поступающих материалов; необходимость применения минерального порошка, не склонного к набуханию; высокая влажность готовой смеси (до 1–3%); высокая температура дымовых газов ($t_{д.г.} = 300–350^{\circ}\text{C}$), что ведет к повышенному расходу топлива и старению битума в тонких пленках в процессе смешивания; сложность применения “сухих” пылеулавливающих устройств; невозможность интенсификации процесса смешивания с подачей битума под высоким давлением и его тонким распыливанием из-за выноса мелких капель битума потоком дымовых газов.

Для снижения отрицательного явления повышенного старения битума в сушильно-смесительном барабане применяют короткофакельные топки с интенсивным режимом горения и очень низким коэффициентом избытка воздуха α , не превышающим 1,05.

Несмотря на отмеченные недостатки, выпуск установок с сушильно-смесительными барабанами непрерывно возрастает.

В некоторых странах доля смесей,готавливаемых в установках с сушильно-смесительными барабанами, составляет 10 % общего количестваготавливаемых асфальтобетонных смесей.

11.4. Битумохранилища

11.4.1. Назначение и классификация

Битумохранилища предназначены для долговременного или кратковременного хранения битума, нагрева его до температуры текучести и выдачи в битумонагревательные котлы или для поддержания битума при рабочей температуре и выдачи его потребителю. Битумохранилища должны предохранять битум от обводнения и загрязнения.

Битумохранилище представляет собой резервуар вместимостью 100–3000 т. Битумохранилища вместимостью свыше 500 т выполняют секци-

онными, состоящими из 2–6 отсеков, для хранения битума разных марок и снижения затрат на его разогрев. Вместимость битумохранилища определяется суточным расходом битума и периодичностью поставок.

Оборудование для нагрева битума, используемое в битумохранилищах длительного хранения, состоит из оборудования для нагрева битума до температуры текучести (50–60°C), которое устанавливают непосредственно в хранилище; оборудования для нагрева битума до температуры перекачивания насосом (90–95°C) внутри хранилища или в дополнительном отсеке; битумонагревательных котлов, обеспечивающих обезвоживание битума, нагрев его до рабочей температуры 140–160°C и выдачу потребителям (асфальтосмесительные установки, автораспределители, эмульсионные установки и пр.).

Перекачивание битума или выдача его из битумохранилища производится шестеренными насосами с обогреваемым корпусом. Трубопроводы для подачи битума и запорную арматуру выпускают с системой обогрева и теплоизоляцией.

Битумохранилища классифицируют по вместимости резервуара и назначению, по положению резервуара, наличию нагревателей, типу нагревателей битума и конструкции.

По вместимости резервуара и назначению битумохранилища с вместимостью резервуара до 100 т бывают временные, закрытые или открытые (рис. 11.31, а, б, в); вместимостью резервуара до 500 т – переходные, реже открытые (рис. 11.31, а, б, в); с вместимостью резервуара свыше 500 т – постоянные, закрытые (рис. 11.31, г); с вместимостью одной цистерны, 30–100 т (металлические цистерны с системой теплоизоляции), – переносные, которые располагают горизонтально или вертикально (рис. 11.31, д).

По положению резервуара относительно поверхности земли различают битумохранилища ямного (рис. 11.31, а), полуямного (рис. 11.31, б), наземного (рис. 11.31, в), подземного типа (капитальные) (рис. 11.31, г) и передвижные (рис. 11.31, д).

Битумохранилища ямного, полуямного и наземного типов сооружают в зависимости от уровня грунтовых вод. Стенки выполняют бетонными, железобетонными, кирпичными и деревянными.

По наличию нагревателей битумохранилища могут быть без нагрева, с местным и общим нагревом. В битумохранилищах без нагрева для забора битума применяют переносные нагреватели. Местный нагрев применяют в битумохранилищах вместимостью до 500 т, общий – в капитальных и переносных битумохранилищах.

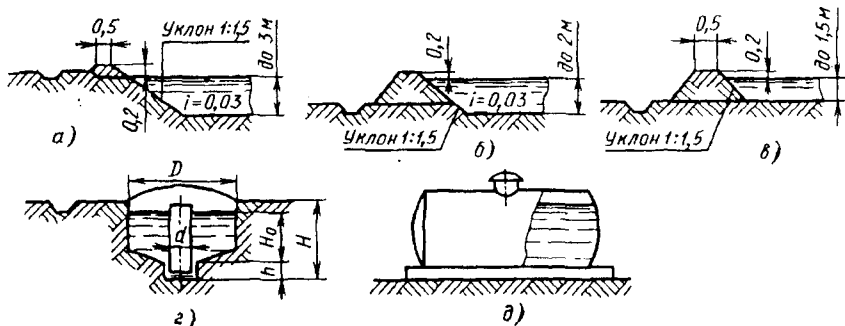


Рис. 11.31. Битумохранилище: а – ямное; б – полуямное; в – наземное; г – подземное; д – переносное инвентарное.

В основных отсеках капитального битумохранилища температура массы битума составляет 50–60°C, благодаря чему обеспечивается протекание битума в дополнительный отсек, в котором производится его нагрев до температуры 80–95°C, затем он перекачивается насосами в битумонагревательные котлы, где доводится до рабочего состояния. В переносных битумохранилищах масса битума постоянно поддерживается в рабочем состоянии.

По типу нагревателей различают битумохранилища с паровым, масляным, огневым и электрическим нагревом.

Паровой нагрев производится подачей по змеевикам и трубам пара давлением 0,6–1,2 МПа. Достоинство этого теплоносителя – мягкий режим нагрева (максимальная температура теплоносителя 270°C). Недостатки – большая площадь змеевиков, возможность обводнения битума теплоносителем при нарушении герметичности змеевиков.

При масляном (жидкостном) нагреве теплоносителем служат различные минеральные масла с высокой температурой вспышки или специальные высокотемпературные теплоносители. Первые – безвредны, но пожароопасны; вторые – менее пожароопасны, но очень токсичны. Нагрев теплоносителя производится горячим газом в котлах экранного типа и реже – электрическими нагревателями. Недостаток масляного нагрева – возможность коксования масла в теплогенераторе, пожароопасность, необходимость установки дополнительного насоса для принудительной циркуляции масла. Достоинства масляного нагрева – компактность оборудования и мягкий нагрев битума. Наибольшее распространение масляный обогрев находит в передвижных установках.

Огневой нагрев битума производится подачей газов от сжигания дизельного топлива по трубам диаметром 400–500 мм, уложенным по днищу битумохранилища. Этот способ применяют для нагрева битума в основных отсеках битумохранилищ до температуры перекачивания (95°C). Огневой способ прост и экономичен, но пожароопасен.

При электрическом нагреве тепло передается битуму от электрических нагревателей. Электрические нагреватели из материала с низкой проводимостью бывают открытые пластинчатые, закрытые (ТЭНы) и инфракрасные; из материала с высокой проводимостью – пластинчатые, коаксиальные и др. Электронагреватели просты по конструкции, имеют низкую стоимость, надежны, но имеют низкие экономические показатели и ухудшают качество битума при длительном нагреве.

Конструкцию битумохранилищ выбирают исходя из вместимости и назначения. Резервуар временных и переходных битумохранилищ должен быть облицован досками, кирпичом или другим материалом для снижения потерь и загрязнения битума. Над битумохранилищем желательно иметь навес для защиты от атмосферных осадков. Временные и переходные битумохранилища ямного, полуямного и наземного типов применяют очень редко. Основная сложность хранения битума в таких хранилищах – большое обводнение битума, загрязнение механическими примесями, значительные потери тепла.

Капитальные и постоянные битумохранилища ранее выполняли круглыми из бетона и железобетона без дслнения на секции (рис. 11.31, г). В настоящее время наибольшее распространение получили битумохранилища линейной планировки с параллельным или последовательным расположением основных и дополнительных отсеков (рис. 11.32, а, б). Выполняют их из сборных железобетонных элементов, реже – из монолитного бетона. Днище основных отсеков имеет уклон в сторону дополнительных. Перекрытие резервуара выполняют из сборных железобетонных конструкций, покрытие должно исключать попадание внутрь атмосферных осадков. Общий обогрев основных отсеков (включаемый по очереди) – паровой, реже – масляный. Для местного нагрева битума применяют паровой, огневой и электрический нагрев. При линейной планировке битумохранилищ сокращаются простои железнодорожного транспорта под разгрузкой. Капитальные битумохранилища из бетона и железобетона не исключают обводнения битума грунтовыми водами, которое может достигать 30%. В последние годы для хранения битума используют стационарные или переносные металлические цистерны (рис. 11.31, д) с теплоизоляцией. Их преимущества в полном отсутствии обводнения

битума и загрязнения механическими примесями, небольшие потери тепла, а следовательно, незначительные затраты тепла на поддержание рабочей температуры битума. Для обогрева инвентарных битумохранилищ наиболее часто применяют масляный нагрев, реже паровой и электрический.

Преимущество масляного и парового нагрева состоит в благоприятном режиме разогрева битума. Максимальная температура теплоносителя редко превышает 320°C , а чаще составляет $270\text{--}300^{\circ}\text{C}$, и битум при разогреве и хранении не теряет своих свойств, но ввиду небольшого перепада температур между теплоносителем и битумом ($200\text{--}150^{\circ}\text{C}$) площадь нагревателей (труб) должна быть $0,5\text{--}1\text{ м}^2$ на 1 м^3 битума.

Электрические нагреватели применяют только для поддержания рабочей температуры битума, поскольку при малой площади нагрева и высокой температуре нагревателей в битуме образуются смолоподобные соединения – карбены и карбоиды, отрицательно влияющие на качество битума.

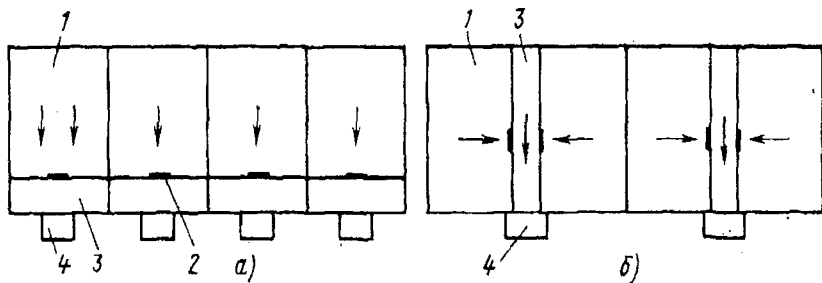


Рис. 11.32. Схема расположения битумохранилищ: а – параллельное расположение основных и дополнительных отсеков; б – последовательное расположение основных и дополнительных отсеков; 1 – основной отсек; 2 – шиберная задвижка; 3 – дополнительный отсек; 4 – насосное отделение

11.4.2. Конструкции нагревателей битума

Электронагреватели. Для разогрева битума наиболее часто применяют открытые электронагреватели (рис. 11.33), состоящие из несущего элемента – асбоцементной трубы с навитой по наружной поверхности нихромовой спиралью из ленты сечением $10 \times 0,8\text{ мм}^2$ длиной 27 м или сечением $12 \times 1\text{ мм}^2$ длиной 35 м.

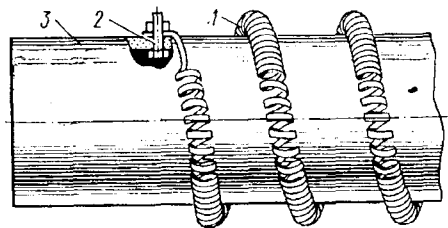


Рис. 11.33. Спиральный нагреватель низкой проводимости:
 1 – нихромовая ленточная спираль; 2 – клеммное соединение;
 3 – асбоцементная труба.

Перед работой нагреватель должен быть погружен в битум, а при работе не должен оголяться для исключения загорания битума. Расстояние от дна хранилища до спирали должно быть не менее 150–200 мм. При работе нагревателей в обводненном битуме они быстро разрушаются.

Нагреватели с высокой проводимостью из стальной проволоки диаметром 5–6 мм представляют собой спираль (рис. 11.34), вставленную в асбоцементную трубу; концы проволоки пропущены через стенку трубы и закреплены. Для улучшения термостатической циркуляции битума в стенке трубы просверливают или пробивают отверстия, а торцы ее оставляют открытыми.

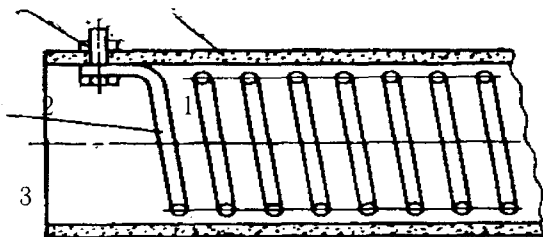


Рис. 11.34. Спиральный нагреватель высокой проводимости:
 1 – асбоцементная труба; 2 – клеммное соединение;
 3 – горячекатаная стальная проволока.

Достоинство нагревателей с высокой проводимостью заключается в доступности материала и его низкой стоимости.

Пластинчатые (пакетные) нагреватели изготавливают из листовой гофрированной жести (рис. 11.35). В стальном листе прорезают полосы, листы собирают в пакеты и изолируют деревянными рейками толщиной 40 мм и листовым асбестом. С внешней стороны пакеты закрепляют стальными уголками, через которые осуществляется растягивание полос нагревателя распорными болтами. Преимущество пластинчатых нагревателей – большая теплопередающая поверхность. Недостатки – трудоемкость изготовления, низкая температура нагрева битума (не выше 110–115°C) и длительность разогрева из-за низкой температуры нагревателей. Основные параметры нагревателя: поверхность нагрева 4 м², рабочее напряжение 50–60 В, мощность 5.5 кВт, температура на воздухе 200°C, масса 20 кг.

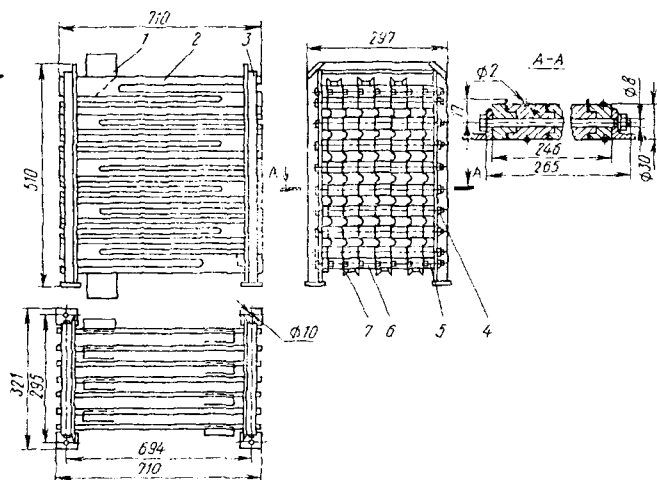


Рис. 11.35. Пластинчатый (пакетный) нагреватель: 1 – выводная клемма; 2 – нагревательный лист; 3 – рамка каркаса; 4 – стяжной болт; 5 – крайний изолятор; 6 – средний изолятор; 7 – промежуточная клемма.

Коаксиальные (соосные) пакетные нагреватели состоят из отдельных элементов (рис. 11.36), собранных в ряд по 40–50 шт. и соединенных последовательно. Каждый элемент коаксиального нагревателя состоит из центрального горячекатаного стального стержня диаметром 12–14 мм, длиной 700 мм и наружной трубы диаметром 25,4 мм, длиной 600 мм. В нижней части стержени трубы соединены сваркой, внутреннее пространство заполнено кварцевым песком с жидким стеклом.

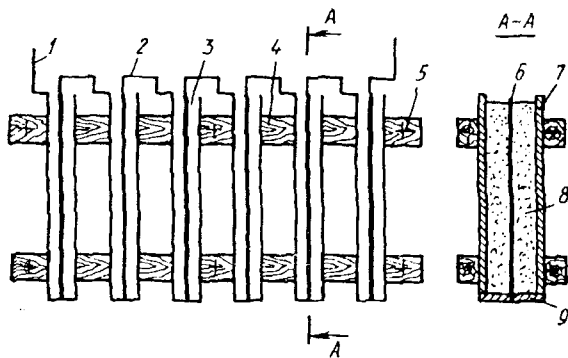


Рис. 11.36. Батарея коаксиальных нагревателей: 1 – выводная клемма; 2 – промежуточная клемма; 3 – коаксиальный нагревательный элемент; 4 – деревянная рамка; 5 – стяжной болт; 6 – стержень нагревателя; 7 – наружная труба; 8 – изоляционная засыпка; 9 – доньшко.

Питание коаксиальных нагревателей производится от сварочных трансформаторов с силой тока 400–500 А. Достоинство коаксиальных нагревателей – простота, доступность, низкая стоимость и безопасность работы.

Трубчатые электронагреватели (ТЭНы) (рис. 11.37) представляют собой трубку из мягкой стали, реже – красной меди или латуни, внутри которой находится спираль из нихрома. Пространство между спиралью и трубкой заполнено тонкомолотым электроизоляционным материалом: периклазом, кварцевым песком или электрокорундом.

Выводные концы спирали – контактные стержни имеют винтовую резьбу и помещены в фарфоровые изоляторы. При высокой надежности и долговечности ТЭНы имеют малую мощность и относительно высокую стоимость на единицу мощности. Для разогрева вязких нефтепродуктов и битума удельная мощность передачи энергии поверхностью трубки составляет 2,5–2,8 Вт/см², а предельно допустимая удельная мощность – 3,0 Вт/см².

Разогрев битума при помощи излучателей инфракрасных лучей (длина волны 0,76–750 мкм) находится еще на стадии эксперимента. Источники инфракрасных излучений разнообразны. Их разделяют на четыре типа: генерирующие тепловые лучи (нихромовые спирали или керамические стержни с металлическими рефлекторами), электрические

лампы – теплоизлучатели и лампы накаливания); генерирующие инфракрасные лучи при прохождении тока через газ или пары металла; смешанного типа (электрические дуговые лампы); генерирующие тепловые лучи при нагреве излучателя от сжигания газа.

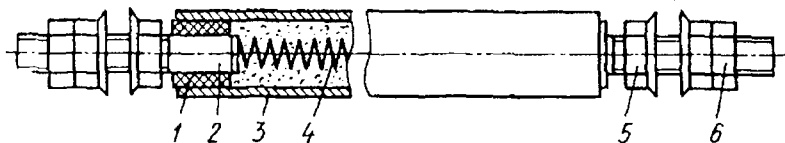


Рис. 11.37. Трубчатый электронагреватель: 1 – изолятор; 2 – выводной стержень; 3 – корпус; 4 – нихромовая спираль; 5, 6 – клеммные гайки.

Для разогрева битума применяют источники только первого типа. Наибольшей надежностью и меньшей стоимостью обладают излучатели с открытой спиралью и металлическим отражателем (рис. 11.38). Тепло инфракрасного излучателя передается битуму через металлическую поверхность теплообменника, которая должна составлять 12–15 м² на 1 т/ч производительности битуморазогревателя.

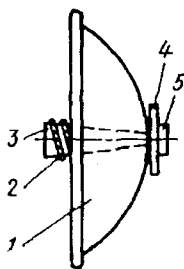


Рис. 11.38. Инфракрасный теплоизлучатель: 1 – отражатель; 2 – нихромовая спираль; 3 – огнеупорное основание; 4 – кронштейн для крепления; 5 – клеммная коробка.

Недостатки системы разогрева битума инфракрасными лучами состоят в высокой стоимости нагревателей и трудоемкости их монтажа (при большом числе маломощных излучателей), больших габаритных размерах и необходимости строгого контроля за режимом нагрева во избежание перегрева битума.

Оценивая конструкции и особенности эксплуатации электронагревателей битума, необходимо отметить их низкую экономичность. 1 кВт.ч электроэнергии при стоимости 2 коп и кпд использования энергии 0,9 дает полезной энергии $3600 \times 0,9 = 3240$ кДж, или около 1600 кДж/коп., а 1 кг мазута при стоимости менее 4 коп и кпд использования энергии даже 0,4 дает полезной энергии $45\ 000 \times 0,4 = 18\ 000$ кДж, или 4500 кДж на 1 коп. стоимости энергии.

Таким образом, затраты на энергию при электрическом нагреве битума в 2,5–4 раза больше затрат на огневой нагрев. При большой производительности затраты на электроэнергию будут очень велики. По этой причине в передвижных цистернах электронагреватели используют только для поддержания рабочей температуры битума.

Системы огневого нагрева битума. Системы огневого нагрева битума применяют в битумохранилищах для нагрева битума до температуры перекачивания, в битумонагревательных котлах для обезвоживания и нагрева битума до рабочей температуры, а также в автобитумовозах и автогудронаторах – для поддержания рабочей температуры битума. Системы огневого нагрева битума просты по конструкции, надежны в эксплуатации, имеют малый расход металла.

Для нагрева битума в битумохранилищах наиболее простой и безопасной является система с зоной горения топлива в жаровой трубе (рис. 11.39). Система состоит из горизонтальной жаровой трубы, вертикальных труб – воздухоподводящей и вытяжной, пропущенных через кровлю битумохранилища.

Топливная система состоит из бака для топлива с регулировочным краном, малого топливопровода, воронки с нижним топливопроводом. Воздухоподводящая труба должна быть выше кровли битумохранилища на 1,5–2 м, воронка должна быть расположена на 1,5–2 м ниже верхнего края воздухоподводящей трубы. Расстояние между малым топливопроводом и воронкой – 0,4–0,5 м, расстояние между нижним топливопроводом и кирпичной кладкой зоны горения – 0,5–1 м. Топливо самотеком стекает из малого топливопровода в воронку и по нижнему топливопроводу – в зону горения.

Скорость подачи топлива регулируют по числу падения капель из малого топливопровода в воронку. Для нормальной работы системы разогрева битума достаточно 60–100 капель топлива в минуту. В зоне падения капель днище жаровой трубы должно быть выполнено из кирпича. Теплопроизводительность ограничивается подачей воздуха, осуществляемой естественной тягой дымовой трубы. По способу регулирова-

ния подачи топлива систему называют капельницей. При достаточном уровне битума над жаровой трубой капельница работает надежно и безопасно. Хотя температура дымовых газов и стенок дымовой трубы очень велика, однако для исключения возгорания битума от стенок дымовой трубы ее выполняют двойной в зоне от жаровой трубы и высотой 1–1,5 м над самым верхним уровнем битума.

Достоинства систем огневого нагрева битума заключаются в простоте конструкции и обслуживания, экономичности. Недостатками – высокая опасность возгорания битума и топлива, применяемого для работы топки.

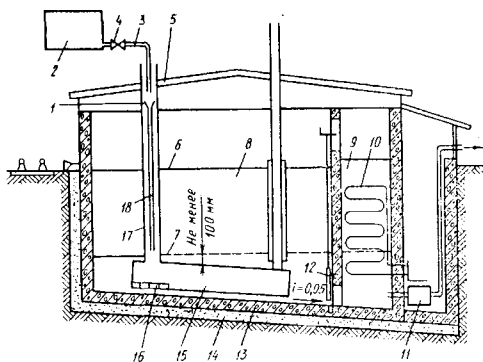


Рис. 11.39. Система огневого нагрева битума в битумохранилище:

- 1 – воронка; 2 – топливный бак; 3 – верхний топливопровод;
- 4 – топливный кран; 5 – кровля битумохранилища; 6 – верхний уровень битума; 7 – нижний рабочий уровень битума; 8 – основной отсек; 9 – дополнительный отсек; 10 – змеевик дополнительного отсека; 11 – насосная установка; 12 – заслонка шиберная;
- 13 – стенка битумохранилища; 14 – изоляционный слой;
- 15 – жаровая труба; 16 – слой кирпичей; 17 – воздухоподводящая труба; 18 – нижний топливопровод.

11.5. Битумонагревательные котлы

В битумонагревательных котлах производится обезвоживание битума (выпаривание воды) и нагрев его до рабочей температуры. Процесс нагрева битума не представляет больших сложностей, в то время как его обезвоживание сопряжено с рядом трудностей.

При нагреве обводненного битума он сильно вспенивается и может переливаться через горловину котла. Выпаривание влаги – процесс очень энергоемкий и длительный. Каждый процент влаги, содержащейся в битуме, увеличивает расход энергии и время подготовки битума на 20 %. Для предотвращения вспенивания битума при его нагреве в открытых котлах применяют механический и химический способы пеногашения. При механическом пеногашении используют принципы разрушения паровых пузырьков на поверхности битума волнами от вращающихся лопастей, распыливанием битума центробежной форсункой и ускоренным удалением паров воды из мелких капель битума. Химическое пеногашение производится введением 5–6 капель полисилоксанового каучука СКТН-1 на 10 т битума.

Нагрев битума в битумонагревательных котлах производится жаровыми трубами и котлами с экранными трубами.

Битумонагревательные агрегаты с жаровыми трубами выпускают двух типов: периодического и непрерывного действия. Битумонагревательные агрегаты периодического действия оснащены одним насосом для подачи готового битума, а непрерывного действия – дополнительным насосом для непрерывной циркуляции нагреваемого и выпариваемого битума.

Битумонагревательный агрегат непрерывного действия (рис. 11.40) представляет собой цистерну с теплоизоляцией, оснащаемую выносной топкой и жаровыми трубами. Разогретый в цистерне битум подается циркуляционным насосом в смеситель, куда поступает также битум из хранилища с температурой 90°C. Из смесителя битум поступает в цистерну через центробежный пароотделитель и далее по наклонному лотку – в противоположный конец цистерны. Стекая по лотку тонким слоем, битум дополнительно обезвоживается, кроме того, при работе циркуляционного насоса битум в нижней части цистерны движется вдоль жаровых труб, что исключает образование застойных зон непрогретого или обводненного битума.

Недостаток битумонагревательных агрегатов непрерывного действия заключается в малой производительности при подготовке обводненного битума, достоинство – в отсутствии элементов, работающих под давлением.

В трубчатом битумонагревательном агрегате (рис. 11.41) процесс нагрева битума идет непрерывно. Сырой битум насосом непрерывно перекачивается по змеевику (экранным трубам), расположенному по периферии зоны горения топлива. Конвективным и радиационным потоком тепла битум в трубах нагревается до рабочей температуры, вода в битуме переходит в парообразное состояние, а давление паробитум-

ной смеси возрастает до 0,5–0,6 МПа. Далее битум поступает в подогреваемую расходную емкость через форсунку и центробежный пароделитель (рис. 11.42). Поскольку битум и пар нагреты до 150–160°С, пар отделяется очень быстро, а температура битума при этом не снижается, в отличие от битумонагревателей с жаровыми трубами, где процесс выпаривания воды идет за счет тепла битума.

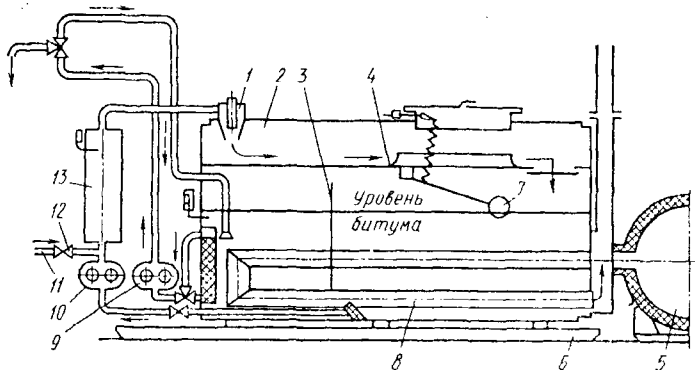


Рис. 11.40. Схема битумонагревателя непрерывного действия: 1 – пароделитель; 2 – испарительная камера; 3 – разделительная перегородка; 4 – лоток; 5 – топка; 6 – корпус битумонагревателя; 7 – указатель уровня; 8 – жаровая труба; 9 – насос выдачи готового битума; 10 – насос внутренней циркуляции; 11, 12 – патрубок и кран подачи сырого битума; 13 – смеситель.

Преимущества битумонагревателей с экранными трубами заключаются в высокой производительности и быстром получении обезвоженного битума с рабочей температурой.

Недостатки битумонагревателей с экранными трубами состоят в следующем: во-первых, система экранных труб работает под давлением; во-вторых, существует сложность выведения битумонагревателя на рабочий режим, так как перед розжигом форсунки трубы должны быть заполнены битумом при его непрерывной циркуляции и до выхода на рабочий режим циркуляция должна осуществляться с возвратом битума в битумохранилище, и в-третьих, ввиду высокой интенсивности нагрева битум в трубах нагревается в жестком режиме с образованием карбенов и карбоидов, причем даже возможно коксование битума.

Для очистки от кокса и возможных твердых осадков поворотные колена экранных труб выполняют съемными и располагают вне зоны горения топлива.

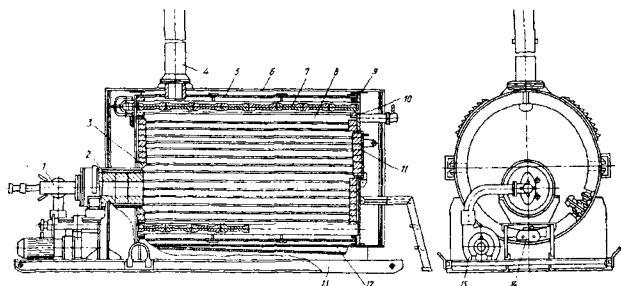


Рис. 11.41. Трубчатый битумонагреватель: 1 – форсунка; 2 – топка; 3, 10 – передняя и задняя торцовые стенки; 4 – дымовая труба; 5, 6, 12 – кожухи; 7 – вставка; 8 – трубы; 9 – кольцо; 11 – окно; 13 – рама; 14 – соединительный кран; 15 – дутьевой вентилятор.

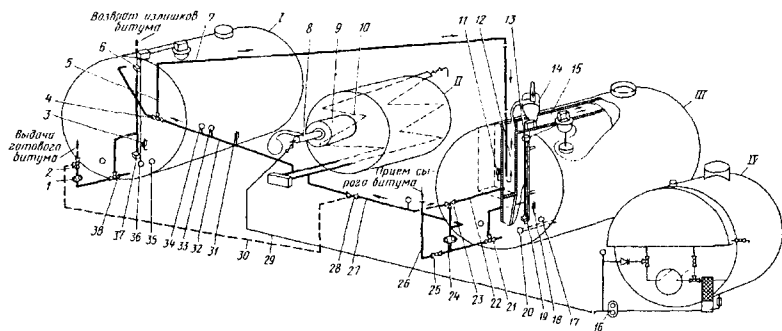


Рис. 11.42. Технологическая схема работы нагревателя битума: I – расходная емкость; II – нагреватель; III – резервуар обслуживания; IV – топливный бак; 1, 24 – битумные насосы; 2, 4, 21, 23, 25, 28, 38 – краны; 3, 11, 18, 31 – терморпары; 5, 7, 10, 22, 26, 27, 30, 32 – трубопроводы; 6, 13 – конечные выключатели верхнего уровня битума; 8 – форсунка; 9 – топка; 12 – смеситель; 14 – пароподделитель; 15 – испарительный лоток; 16 – топливный насос; 17, 33, 34, 35 – терморегуляторы; 19, 37 – конечные выключатели нижнего уровня битума; 20, 36 – электронагреватели; 29 – топливопровод.

11.6. Машины для приготовления дорожных эмульсий

Наряду с применением битумов и дегтей в чистом виде в качестве вяжущего материала при строительстве и ремонте дорожных покрытий имеет место их использование также в эмульгированном виде, т. е. раздробленными в воде. Кроме вяжущего материала и воды в состав эмульсии входит в небольшом количестве (2–5%) вещество, называемое эмульгатором, которое предохраняет капельки от слияния. В качестве эмульгаторов используются сосновая смола, сульфатное мыло, соапсток, асидол и другие продукты нефтяной и химической промышленности. При смешении минеральных материалов с эмульсиями последние распадаются, и выделенный при этом битум прилипает к поверхности минеральных частиц, а вода удаляется из смеси или испаряется. В зависимости от скорости распада эмульсии разделяются на быстрораспадающиеся – при продолжительности распада менее 5 мин; среднераспадающиеся, если продолжительность распада равна 5 мин, и медленно-распадающиеся – при продолжительности распада более 5 мин.

В отличие от битумов и дегтей, применяемых в горячем состоянии, эмульсии применяются в холодном виде. Это позволяет производить работы с эмульсиями в холодную погоду и с влажным каменным материалом и тем самым удлинить дорожно-строительный сезон и увеличить коэффициент годового использования парка машин. Применение эмульсии в ряде случаев позволяет уменьшить расход вяжущего материала до 30–35%.

При строительстве дорожных покрытий и оснований с эмульсиями применяются обычные дорожные машины. Уплотнение этих объектов катками должно закончиться до начала распада эмульсий.

Существует несколько способов эмульгирования: механический, акустический, химический, барботирование и др. При любом способе существенную роль играют физико-механические факторы, зависящие от активности и концентрации битума и эмульгатора, теплового режима, технологии работ и т. п.

При механическом способе битум в основном дробится под воздействием механических усилий: удара, скалывания, растяжения, сжатия, трения и т. п.

При акустическом способе звуковые или ультразвуковые волны пронизывают эмульгируемые жидкости и вызывают в различных точках частиц битума разные ускорения, под воздействием которых частицы разрываются на части.

При химическом способе под воздействием химических реакций (при введении в жидкости высокомолекулярных кислот) снижается межфазное поверхностное натяжение на границе раздела "битумводный раствор эмульгатора", благодаря чему дробление происходит при незначительном усилии, которое достигается простым встряхиванием или механическим и пневматическим перемешиванием (барботированием).

Для получения эмульсии применяются эмульсионные машины, называемые в технической литературе гомогенизаторами, диспергаторами, коллоидными мельницами, эмульсаторами и т. п. В дальнейшем эмульсионные машины будем называть гомогенизаторами.

Основным типом машин для механического эмульгирования является одноконусный гомогенизатор (рис. 11.43). Он состоит из чугунного корпуса с двумя боковыми крышками, внутри которого расположен на подшипниках ротор, состоящий из двух дисков. На одном из дисков имеются четыре радиальных выступа, выполняющие роль перемешивающих и нагнетающих лопастей.

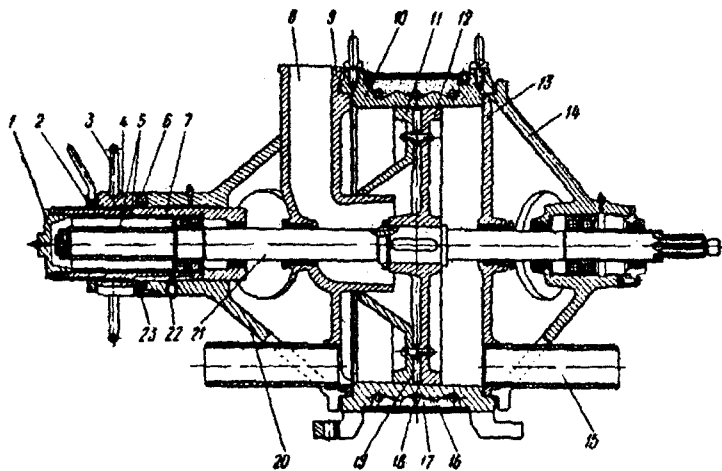


Рис. 11.43. Одноконусный гомогенизатор: 1 – крышка подшипника; 2 – стопорная гайка; 3 – штурвал; 4 – регулировочная гайка; 5 – втулки; 6 – замок; 7 – стакан; 8 – приемный канал; 9 и 13 – крышки корпуса; 10 – корпус; 11 и 12 – диски ротора; 14 и 20 – кронштейны; 15 – патрубки; 16 – кожух; 17 – теплоизоляция; 18 – электронагреватели; 19 – лопасти; 21 – вал; 22 – стопор; 23 – винт

Внутренняя поверхность корпуса выполнена конической и имеет одинаковую конусность с рабочими поверхностями дисков ротора. Конусность равна 1:15. Длина образующей одного диска 0,038 м. Регулирование зазора между коническими поверхностями дисков и корпуса осуществляется специальным механизмом. При вращении штурвала механизма происходит осевое перемещение вала с ротором, и благодаря конусности изменяется зазор между ротором и корпусом. Частота вращения ротора 2500 в минуту.

Эмульгируемые жидкости поступают по приемному каналу в левой крышке внутрь машины и под действием центробежных сил вращающегося ротора продавливаются с большой скоростью через зазор, где битум дробится на мелкие капельки и перемешивается водным раствором эмульгатора. Готовая эмульсия вытекает из каналов в нижней части крышек корпуса.

Производительность гомогенизатора 1,7 л/с. Она может быть при необходимости увеличена в несколько раз. Для этого эмульгируемые жидкости необходимо подавать в гомогенизатор под давлением в $5 \cdot 10^5$ Н/м² и более.

Разновидностью одноконусного гомогенизатора является пятиконусный (многощелевой) конструкции В. В. Назарова, у которого ротор и статор имеют пять концентрических конических поверхностей (рис.11.44).

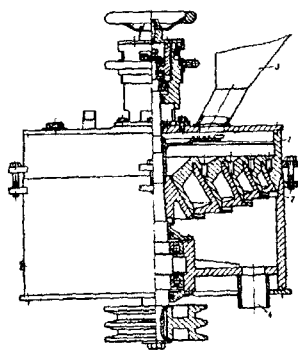


Рис. 11.44. Пятиконусный гомогенизатор: 1 – ротор; 2 – статор; 3 – приемная воронка; 4 – спускной отрубок.

В рабочем положении выступы ротора входят во впадины статора, образуя пять зазоров, в которых происходит эмульгирование.

В настоящее время промышленностью осваиваются гомогенизаторы дискового типа (рис. 11.45). На вертикальном валу укреплены гори-

горизонтальные диски, между которыми на незначительном расстоянии расположены неподвижные диски, прикрепленные к корпусу. В дисках просверлены отверстия диаметром 2–4 мм. Частота вращения дисков 1460 оборотов в минуту. Эмульгируемые жидкости подаются насосами в приемную воронку и далее продавливаются через отверстия дисков.

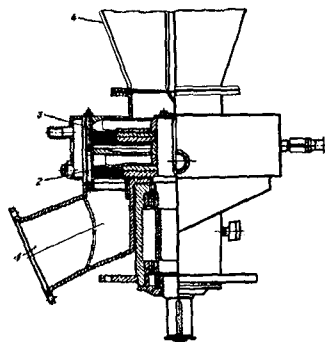


Рис. 11.45. Гомогенизатор дискового типа: 1 – сливной патрубков; 2 – подвижной диск; 3 – неподвижный диск; 4 – приемная воронка.

Кроме эмульсионной машины для производства эмульсий требуется вспомогательное оборудование. Весь комплект оборудования для производства эмульсий входит в состав эмульсионной установки (рис. 11.46).

Обезвоживание и подогрев битума осуществляются в обычных битуплавающих котлах. Для приготовления эмульгатора предусмотрены котлы с перемешивающим устройством и паровым обогревом. Для подачи в котлы вязкого эмульгатора используется шнеколопастной насос. У котлов установлены дозаторы для эмульгатора и водного раствора едкого натра. Извлечение кристаллического едкого натра из металлических бочек осуществляется при помощи пара. При этом бочка устанавливается разгрузочным отверстием над горловиной одного из резервуаров, и в отверстие через сопло подается струя пара. Резервуары служат для хранения водного раствора едкого натра.

В состав установки входят также гомогенизатор, резервуары с перемешивающим устройством для водного раствора эмульгатора, резервуары для эмульсий и оборудование для смягчения воды.

Приготовление эмульсий осуществляется следующим образом. Эмульгатор, приготовленный в котлах, разбавляется водой и перекачивается в резервуар 7, где он подогревается до температуры 70–80°C. Из этих резервуаров водный раствор эмульгатора самотеком или под дав-

лением специальным насосом подается в гомогенизатор. Сюда же, в гомогенизатор, аналогичным способом подается из битумоплавильни битум при температуре 140–150° С. Готовая эмульсия вытекает непрерывным потоком из гомогенизатора в резервуары для хранения и оттуда отпускается потребителю. Концентрация битума в эмульсии регулируется визуально изменением величины струи битума и водного раствора эмульгатора.

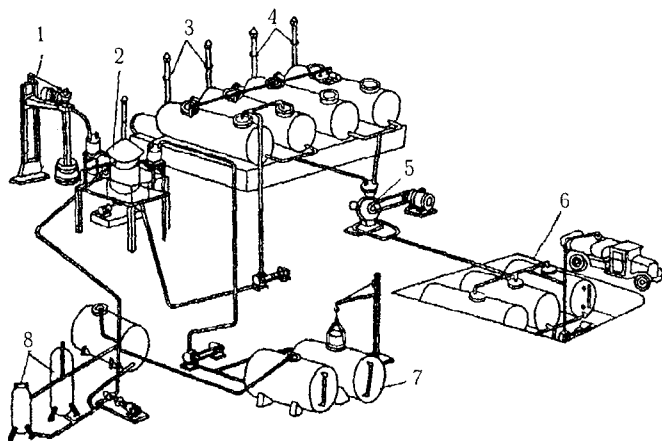


Рис. 11.46. Принциальная схема эмульсионной установки:
 1 – насос; 2 – котлы для эмульгатора; 3 – резервуары для раствора эмульгатора; 4 – битумные котлы; 5 – гомогенизатор; 6 – резервуары для эмульсий; 7 – резервуары для хранения раствора эмульгатора; 8 – водоумягчительное оборудование для смягчения воды.

При выборе угловой скорости ротора необходимо учесть ее критическое значение, при котором может произойти разрушение вала. Для определения критического значения вначале рассчитывают максимальный прогиб вала f_n по формуле:

$$f_n = \frac{4Pl}{3EI}, \quad (11.1)$$

где P – сила, изгибающая вал, включая вес ротора с валом, Н; l – длина вала, м; $E = 2 \cdot 10^{11}$ – модуль упругости, Па; $I = \pi d^4 / 64$ – экваториальный момент инерции, м⁴; d – диаметр вала, м.

Далее находят критическое значение частоты вращения (мин⁻¹) по формуле:

$$n_{кр} = 300 \sqrt{\frac{1}{f_n}}. \quad (11.2)$$

Фактическая частота вращения (мин⁻¹) вала должна быть

$$n_{ф} \leq \frac{n_{кр}}{1,3} \quad (11.3)$$

На процесс эмульгирования большое влияние оказывает характер потока эмульгируемых жидкостей, оцениваемый критерием Рейнольдса

$$Re = \frac{r^2 \omega}{\nu}, \quad (11.4)$$

где r – средний радиус ротора, м; ω – угловая скорость ротора, рад/с; ν – кинематическая вязкость смеси битума с водным раствором эмульгатора, м²/с.

Наиболее рационально дробить битум в турбулентном потоке. Критическая величина критерия Рейнольдса, при которой поток приобретает турбулентный характер при концентрации эмульсии 50% и температуре эмульгирования 50°C, равна примерно 10⁵.

Эта критическая величина применяется также для сравнительной оценки гомогенизаторов. Предпочтительнее гомогенизаторы, обладающие более развитой турбулентностью.

При проектировании однотипных гомогенизаторов разной производительности должно быть соблюдено условие:

$$Re = const. \quad (11.5)$$

Это условие устанавливает границы изменения радиуса и угловой скорости ротора.

Производительность (м³/с) гомогенизатора находится по формуле:

$$Q_g = 2,2 f_3 r^{2,5} n \sqrt{\sin \alpha}. \quad (11.6)$$

где r – радиус ротора, м; n – частота вращения ротора, мин⁻¹; α – половина угла при вершине конуса ротора, град, $0 \leq \alpha \leq 84^\circ$; $f_3 = 2\pi r \gamma$ – сечение рабочего зазора, м²; γ – ширина зазора, м.

Мощность (кВт), необходимая для гомогенизатора, определяется по формуле:

$$N = 2,2 \cdot 10^{-7} \eta_0 r^3 b n^2 \lambda^{-15} \quad (11.7)$$

где η_d — динамическая вязкость смеси битума с водным раствором эмульгатора при 50-процентной концентрации и температуре 50°C, Па·с; λ — длина образующей ротора, м.

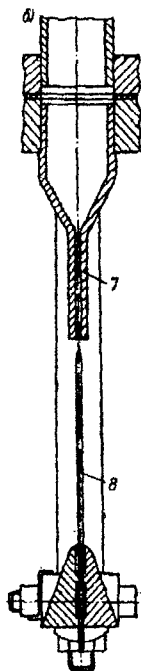
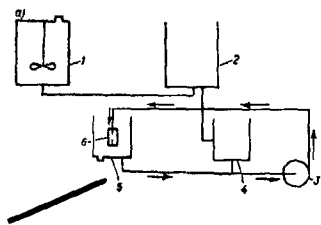
Приведенная формула не учитывает величины пусковой мощности, зависящей от массы ротора.

Расчетная производительность большого однороторного гомогенизатора при $r_1 = 0,26$ м, $n_1 = 2500$ мин⁻¹ и $\lambda = 10^3$ м равна 12 м³/ч, а мощность — 14 кВт, малого гомогенизатора при $r_2 = 0,18$ м, $n_2 = 2900$ мин⁻¹ — 2,8 м³/ч, а мощность — 6,1 кВт.

Для приготовления эмульсии в небольших объемах, используемой при ремонте дорожных черных покрытий, применяются эмульсионные установки с акустическим вибратором. Схема такой установки показана на рис. 11.47, а, б.

Рис. 11.47. Схема акустической эмульсионной установки:

- 1 — бак для приготовления раствора эмульгатора;
- 2 — расходный бак для водного раствора эмульгатора;
- 3 — вихревой насос;
- 4 — дозатор битума;
- 5 — эмульсионный бак;
- 6 — акустический вибратор;
- 7 — сопло;
- 8 — вибрирующая пластина.



Она имеет бак с мешалкой, в котором растворяется эмульгатор, расходный бак для водного раствора эмульгатора, эмульсионный бак с

дозатором битума и акустический вибратор с насосом. В качестве акустического вибратора используется гидродинамический излучатель с пластинчатым колебательным устройством. Вибрирующая пластина с заостренным краем зажата своим тупым концом между двумя стойками. Струя жидкости, выходя из сопла под давлением, ударяется в заостренный край и вызывает вибрацию пластины.

Вибрирующее устройство помещено внутри эмульсионного бака. Работает установка следующим образом. Битум и водный раствор эмульгатора в требуемой пропорции и нагретые до рабочей температуры заливают в эмульсионный бак. Уровень жидкостей в баке должен быть над соплом. Затем включается насос и жидкости из эмульсионного бака под давлением направляются через сопло на вибрирующую пластину и далее возвращаются обратно в бак.

Непрерывная циркуляция жидкостей в замкнутой системе “эмульсионный бак – вибрирующее устройство – эмульсионный бак” продолжается 5–7 мин до образования качественной эмульсии.

Малые габаритные размеры установки и небольшая ее масса позволяют транспортировать установку в кузове пятитонного автомобиля. Производительность установки 0,3 л/с.

Глава 12. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

12.1. Классификация бетоносмесителей

Современные бетоносмесители классифицируют:

- по принципу смешивания материалов – на бетоносмесители свободного (гравитационного), принудительного и комбинированного смешивания;
- по характеру протекания технологического процесса – на бетоносмесители циклического (периодического) действия и непрерывного действия;
- по степени мобильности – на стационарные, перебазируемые, передвижные и автобетоносмесители;
- по способу загрузки – на бетоносмесители со скиповым ковшом, со специальным дозатором, с загрузочной воронкой и ручной загрузкой;
- по степени автоматизации – на неавтоматизированные, полуавтоматизированные, автоматизированные с программным управлением;
- по типу управления – на бетоносмесители с ручным, электромеханическим, гидравлическим и пневматическим управлением.

Кроме перечисленных принципиальных признаков смесители классифицируются по конструктивным признакам: по типу привода, числу двигателей, форме смесительного барабана, типу перемешивающего устройства, расположению оси перемешивающего устройства в пространстве, способу разгрузки и т. п. Классификация по этим признакам приводится ниже применительно к конкретным типам бетоносмесителей.

12.2. Гравитационные бетоносмесители

Гравитационный бетоносмеситель представляет собой вращающийся барабан, к внутренним стенкам которого прикреплены под определенными углами лопасти. При вращении барабана материал силами трения, а также лопастями поднимается на некоторую высоту и затем свободно падает вниз. При этом образуются определенные радиальные и осевые потоки движения смеси, в которых различные частицы материала сталкиваются между собой и равномерно перераспределяются по объему замеса.

В гравитационных смесителях используются в основном три вида потокообразования: переменный, радиальный и перекрестный.

На рис. 12.1 показаны условные секционные развертки внутренней поверхности двухконусного барабана с горизонтальными проекциями лопастей и схемы потокообразования. При переменном потокообразовании (рис. 12.1, а) донная лопасть формирует поток смеси и направляет его в среднюю зону горловинной лопасти. На горловинной лопасти поток смеси изменяет свое направление и движется в задней части донной лопасти и т. д. Таким образом, при смешивании поток изменяет свое направление при переходе с одной лопасти на другую.

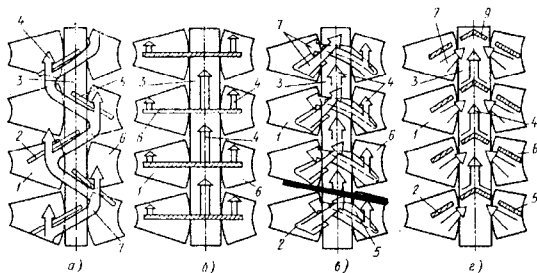


Рис. 12.1. Виды потокообразования в гравитационных бетоносмесителях, предложенные Б. И. Ушаковым: а – переменный; б – радиальный; в, г – перекрестный; 1 – секционная развертка переднего конуса барабана; 2 – горловинная лопасть; 3 – развертка цилиндрической части; 4 – радиальные потоки перемешиваемых компонентов; 5 – донная лопасть; 6 – секционная развертка переходного конуса днища; 7 – осевые потоки перемешиваемых компонентов; 8 – продольная лопасть; 9 – двухскатный плужок.

При радиальном потокообразовании (рис. 12.1, б) лопасти, установленные вдоль горизонтальной оси вращения барабана, не создают осевых потоков.

При перекрестном потокообразовании создаются перекрещивающиеся или сталкивающиеся потоки смеси. Такое движение обеспечивается соответствующей расстановкой горловинных и донных лопастей (рис. 12.1, в) или применением лопастного аппарата с двухскатным плужком (рис. 12.1, г). Лопастный аппарат циклических гравитационных бетоносмесителей с конусными барабанами (барабан содержит хотя бы один конический элемент) имеет от двух до четырех лопастных потокообразующих пар. В смесителях вместимостью до 250 л донная и горловинная лопасти объединены в единый элемент, который выполняет роль потокообразующей пары. Как правило, в барабане устанавливают три такие пары.

По форме лопасти бывают плоские, ковшовые, плоские с перегибом и комбинированные. Ковшовые и комбинированные лопасти сложны в изготовлении и термообработке. Кроме того, затруднено выполнение ремонтных работ, так как их правильное изготовление возможно лишь в заводских условиях. Поэтому при создании новых смесителей использованы плоские лопасти как наиболее простые по конструктивному исполнению.

Гравитационные бетоносмесители имеют сравнительно простую кинематику и конструктивное исполнение, отличаются малой энергоемкостью, простотой обслуживания и эксплуатации, сравнительно малым износом рабочих элементов, обеспечивают возможность работы с крупными заполнителями (до 150 мм). Оптимальное время смешивания составляет 60–90 с, а полный цикл приготовления замеса, включая возврат барабана в исходное положение, до 200 с.

Недостатком гравитационных бетоносмесителей является их неэкономичность и плохое смешивание материалов при приготовлении малоподвижных жестких бетонных смесей.

Все гравитационные циклические бетоносмесители по способу разгрузки могут быть подразделены на опрокидные, неопрокидные реверсивные и неопрокидные с разгрузочным лотком с горизонтальной и наклонной осью вращения.

Опрокидные гравитационные бетоносмесители выпускают в различных конструктивных исполнениях: как с загрузочными устройствами, так и без них, передвижными и стационарными, с грушевидными и двухконусными барабанами.

Барабаны опрокидного типа характеризуются быстротой выгрузки, однако для их опрокидывания требуются специальные устройства.

Бетоносмесители с грушевидным барабаном выпускают передвижными для приготовления бетонной смеси на строительных площадках при малых объемах работы и стационарными, используемыми преимущественно в условиях заводского приготовления бетонной смеси. В этих бетоносмесителях загрузка и выгрузка материалов производятся с одной стороны. Конструкция бетоносмесителя обеспечивает возможность вращения барабана вокруг его оси при смешивании материалов и опрокидывания при выгрузке готовой смеси.

Современные опрокидные гравитационные бетоносмесители с грушевидным барабаном выпускают с объемом готового замеса 65, 165, 330, 500, 1000 и 2000 л.

Бетоносмесители с грушевидным барабаном при объеме готового замеса 65 л (рис. 12.2) выполняют на колесном ходу. Они состоят из

смесительного барабана 1 с тремя лопастями 2, редуктора 3, поворотного штурвала с тормозом 4, фиксирующим барабан в положениях загрузки и перемешивания, рамы 5 с ходовыми колесами 7. Вращение смесительного барабана обеспечивается от двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя 6 через клиноременную передачу.

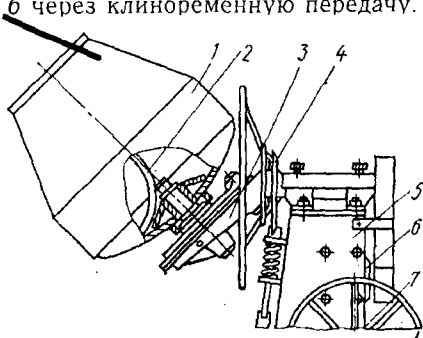


Рис. 12.2. Бетоносмеситель с грушевидным барабаном с объемом готового замеса 65 л.

Бетоносмесители с объемом готового замеса 165 и 330 л (рис. 12.3) монтируют на рамах, нижняя часть которых представляет собой ползья.

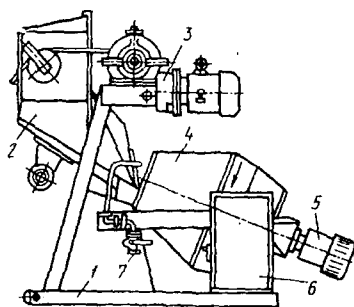


Рис. 12.3. Бетоносмеситель СБ-16Б: 1 – рама; 2 – загрузочный ковш; 3 – привод загрузочного ковша; 4 – смесительный барабан; 5 – привод смесительного барабана; 6 – электрощкаф; 7 – система дозирования.

Загрузка смесительных барабанов этих бетоносмесителей осуществляется загрузочными ковшами, а опрокидывание на разгрузку – вручную поворотным штурвалом или гидроцилиндрами, расположенными в одной из стоек рамы. Эти бетоносмесители могут быть использованы не

только как передвижные на строительных площадках, но и в качестве оборудования заводов сборного и товарного бетона.

Стационарные бетоносмесители с грушевидными барабанами не имеют загрузочного ковша. Их используют для приготовления бетонных смесей на заводах товарного бетона и на заводах ЖБИ большой мощности. Эти бетоносмесители загружаются через лотки из дозаторов.

Вращение смесительного барабана бетоносмесителей с объемом готового замеса 500 и 1000 л осуществляется через консольный выходной вал редуктора, расположенного в траверсе (рис. 12.4), а бетоносмесителя с объемом готового замеса 2000 л – через зубчатый венец, закрепленный на смесительном барабане (рис. 12.5).

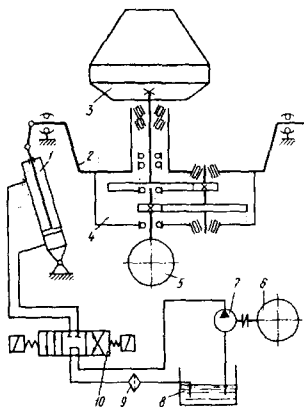


Рис. 12.4. Кинематическая схема бетоносмесителя: 1 – гидроцилиндр; 2 – траверса; 3 – смесительный барабан; 4 – редуктор; 5, 6 – двигатель; 7 – насос; 8 – бак; 9 – фильтр; 10 – распределитель.

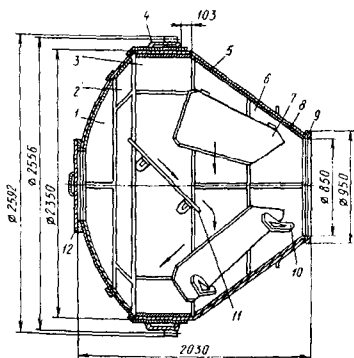


Рис. 12.5. Барабан бетоносмесителя СБ-103:

- 1, 2, 3, 5, 6 – облицовка;
- 4 – зубчатый венец;
- 7 – горловинная лопасть;
- 8 – корпус; 9 – фланец;
- 10 – кронштейн;
- 11 – донная лопасть;
- 12 – крышка.

Для предупреждения износа корпусов внутреннюю поверхность смесительных барабанов облицовывают броневыми листами. Внутри барабанов устанавливают по три донных и три горловинных смесительных лопасти.

Гравитационные опрокидывающие бетоносмесители с двухконусным барабаном выпускают с объемом готового замеса 330... 1600 л.

Эти бетоносмесители используют главным образом для оборудования заводов товарного бетона.

Двухконусный барабан *б* с закрепленными лопастями *13, 14* (рис. 12.6) представляет собой сварную конструкцию из двух полых усеченных конусов (короткого и длинного) и зубчатого венца *8*, приваренного к цилиндрической вставке *15* между конусами. Барабан *б* опирается на траверсу *12* через опорные ролики *10* и фиксируется в определенном положении тремя парами упорных роликов *11*. Траверса *12* своими цапфами укреплена в подшипниках, встроенных в стойки *2* станины *1*. На траверсе *12* закреплен привод *9*, передающий вращение на зубчатый венец смесительного барабана. Готовая смесь выгружается при наклоне барабана пневмоцилиндром *3*, шток которого закреплен на кронштейне *4* траверсы.

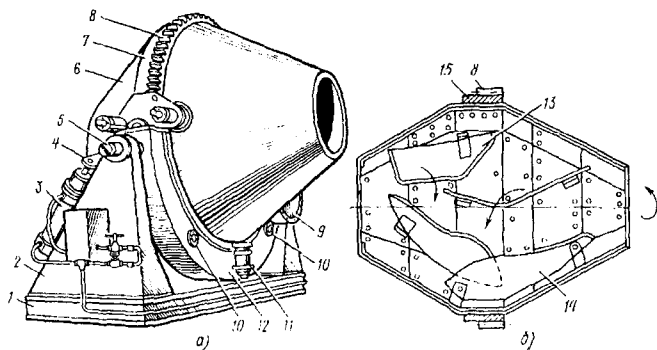


Рис. 12.6. Бетоносмеситель с двухконусным барабаном: а - общий вид; б - схема устройства смесительного барабана; 1 - станина; 2 - стойка; 3 - пневмоцилиндр; 4 - кронштейн; 5 - шип траверсы; 6 - барабан; 7 - обод; 8 - зубчатый венец; 9 - электродвигатель; 10 - опорные ролики; 11 - упорный ролик; 12 - траверса; 13, 14 - лопасти; 15 - цилиндрическая вставка.

Опрокидывание смесительных барабанов этих бетоносмесителей осуществляется гидроцилиндрами либо пневмоцилиндрами, закреплен-

ными на одной из стоек рамы; штоки цилиндров прикреплены к траверсам.

Для применения на нетиповых бетонных заводах и узлах некоторые бетоносмесители оборудованы скиповыми ковшами, вододозирующей системой, компрессором, управлением, обеспечивающим как автономное ручное управление, так и подключение бетоносмесителя к общему пульту.

Неопрокидные реверсивные бетоносмесители с горизонтальной осью (рис. 12.7, а) изготовляют большой вместимости. Их применяют при строительстве, требующем большого количества бетона. Эти бетоносмесители, как правило, входят в состав бетонных заводов и установок. Разгрузка осуществляется обратным вращением барабана, лопасти которого установлены так, что при вращении в одну сторону происходит перемешивание материала, а при обратном – его выгрузка.

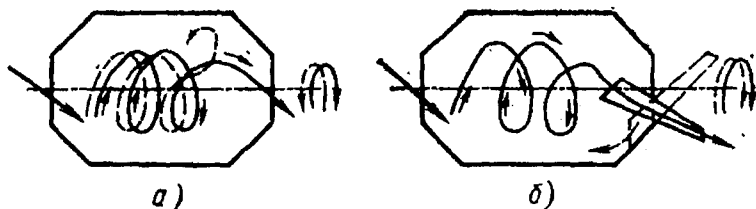


Рис. 12.7. Схемы бетоносмесителей: а – неопрокидной реверсивный; б – неопрокидной с выгрузочным лотком.

В неопрокидных смесителях с выгрузочным лотком при загрузке, перемешивании и выгрузке готовой смеси барабан вращается в одну сторону. Перед выгрузкой внутрь барабана вводится лоток (рис. 12.7, б). Поднятая лопастями смесь под действием силы тяжести падает вниз, попадает на лоток и выводится из смесителя. Процесс разгрузки осуществляется легко и при необходимости может производиться частями.

К неопрокидным реверсивным бетоносмесителям с наклонной осью вращения относятся автобетоносмесители. Они в последние годы находят все более широкое распространение и постепенно вытесняют автосамосвалы при транспортировании бетонной смеси.

Автобетоносмесители применяют как для транспортирования готовой бетонной смеси, получаемой на заводах и установках товарного бетона, так и для приготовления бетонной смеси из сухих компонентов, загружаемых в барабан. Применение автобетоносмесителей значительно увеличивает расстояния транспортирования бетонной смеси, позволяет

доставлять потребителю качественную свежеприготовленную смесь независимо от погодных условий и состояния дороги, а также снижает стоимость бетона и улучшает его качество.

Автобетоносмесители выпускают на шасси грузового автомобиля (рис. 12.8), на котором монтируют смесительный барабан с его приводом, систему подачи воды, загрузочное устройство, разгрузочное устройство и рычаги управления смесительным барабаном.

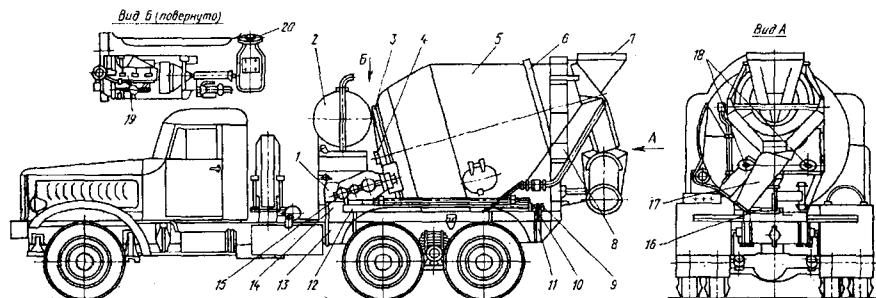


Рис. 12.8. Автобетоносмеситель: 1 – рычаг управления декомпрессором; 2 – бак для воды; 3 – ведомая звездочка; 4 – главный подшипник барабана; 5 – смесительный барабан; 6 – бандаж; 7 – загрузочное устройство; 8 – лестница; 9 – рычаг управления муфтой сцепления; 10 – рычаг управления подачей топлива; 11 – рычаг управления реверсом редуктора; 12 – рама; 13 – шасси; 14 – контрольно-измерительная аппаратура; 15 – редуктор привода барабана; 16 – устройство для поворота лотка; 17 – лоток; 18 – опорные ролики; 19 – двигатель привода барабана; 20 – ведущая звездочка.

Смесительный барабан имеет три точки опоры: в передней части он через цапфу опирается на главный опорный подшипник, а в задней через бандаж – на два опорных ролика. Две винтовые лопасти обеспечивают захват компонентов из горловины и подачу их внутрь барабана, гравитационное смешивание и выдачу готовой смеси через лоток на ленточный конвейер, или в бетононасос, или в бадью, или непосредственно к месту укладки. Разгрузка барабана автобетоносмесителя производится при обратном вращении (рис. 12.9).

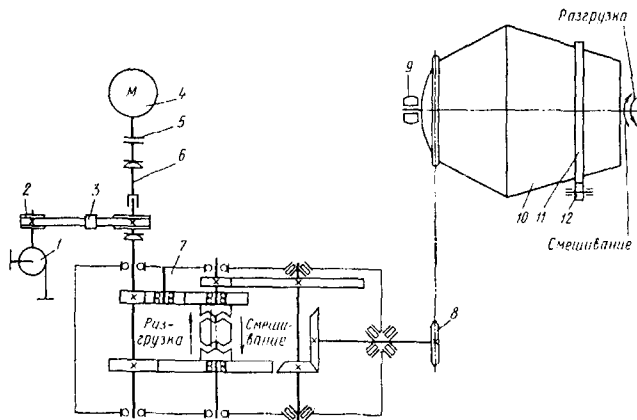


Рис. 12.9. Кинематическая схема автобетоносмесителя: 1 – насос для подачи воды; 2 – ведущий шкив; 3 – натяжной ролик; 4 – двигатель; 5 – муфта сцепления; 6 – карданный вал; 7 – редуктор; 8 – цепная передача; 9 – главный опорный подшипник; 10 – барабан; 11 – бандаж; 12 – опорный ролик.

Система подачи воды состоит из бака, насоса, дозатора и насадки, направляющего струю воды внутрь барабана. Вода в смесительный барабан подается в момент приготовления смеси; после выгрузки барабан промывается.

Установлено, что экономически выгодными являются автобетоносмесители объемом готового замеса 3–10 м³. Мощность двигателя привода барабана 6–7 кВт на 1 м³ готового замеса, частота вращения барабана 3–18 мин⁻¹.

Гравитационные бетоносмесители непрерывного действия обычно имеют цилиндрический барабан с горизонтально расположенной осью. Бетоносмесители непрерывно загружают сверху через загрузочную воронку, готовая смесь также непрерывно выгружается с противоположного конца (рис. 12.10). Производительность регулируют, изменяя производительность дозаторов. Такие бетоносмесители хорошо зарекомендовали себя при приготовлении смеси одной марки. При приготовлении бетонных смесей разных марок эти бетоносмесители по качеству перемешивания и трудоемкости переналадки на новую марку бетонной смеси уступают смесителям циклического действия.

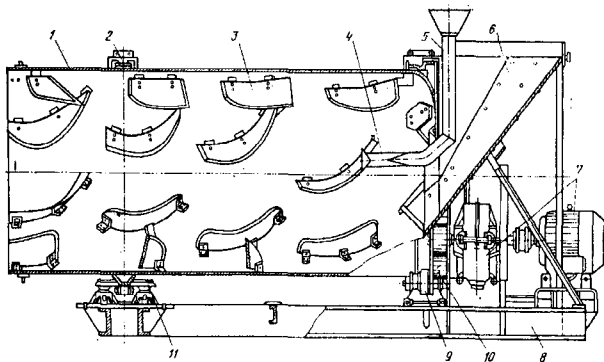


Рис. 12.10. Схема гравитационного бетоносмесителя непрерывного действия: 1 – обечайка барабана; 2 – бандаж; 3 – лопасти; 4, 5 – устройство для подачи воды; 6 – загрузочная воронка; 7 – привод барабана; 8 – рама; 9 – опорный ролик; 10 – зубчатый венец; 11 – упорный ролик

12.3. Бетоносмесители принудительного смешивания

Бетоносмесители принудительного смешивания подразделяют на чашеобразные и корытообразные. В чашеобразных корпус выполнен в виде чаши цилиндрической формы с одним или несколькими перемешивающими валами. В корытообразных корпус оснащен одним или двумя перемешивающими лопастными валами.

При сопоставлении бетоносмесителей принудительного и гравитационного смешивания установлено, что удельная энергоёмкость бетоносмесителей принудительного смешивания выше, а удельная металлоёмкость примерно одинакова, но с некоторым увеличением в бетоносмесителях принудительного смешивания. Таким образом, конструктивные технико-экономические показатели бетоносмесителей принудительного смешивания несколько хуже гравитационных. Однако бетоносмесители принудительного смешивания более производительны, они обеспечивают приготовление смесей высокой жесткости, чего нельзя достичь в гравитационных.

К числу недостатков бетоносмесителей принудительного смешивания следует отнести сложность при обслуживании и эксплуатации, связанную со сложностью их конструкции, а также быстрый износ смешивающих рабочих органов.

В принудительных чашеобразных бетоносмесителях смесь совершает вращательное движение под воздействием лопастей или корпуса или одновременно того и другого. При этом преобладающее значение приобретают горизонтальные перемещения ее частиц, а влияние сил тяжести ограничено.

По конструкции принудительные бетоносмесители с вертикальными валами подразделяют на смесители с эксцентрично и концентрично расположенными валами относительно центральной оси чаши смесителя. Это смесители циклического действия. На рис. 12.11 показаны смешивающие устройства, применяемые в чашеобразных бетоносмесителях.

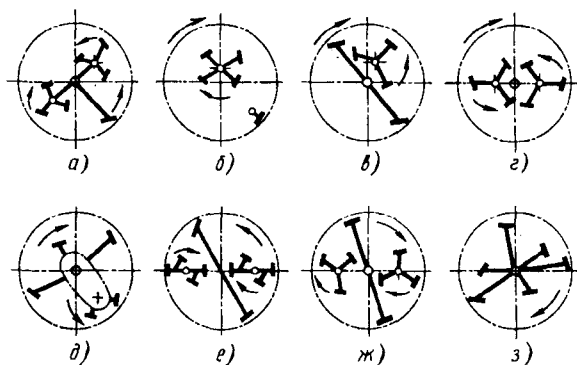


Рис. 12.11. Бетоносмесители принудительного действия (чашеобразные) с перемешивающими устройствами: а – планетарно-роторный; б – прямоточный с вращающейся чашей; в, г – противоточный с вращающейся чашей; д – планетарно-роторный с одним планетарным валом; е – планетарно-роторный с бегунами; ж – планетарно-роторный с двумя скребками; з – роторный.

Бетоносмесители с эксцентрично расположенными валами подразделяют на прямоточные и противоточные с вращающейся или неподвижной чашей (рис. 12.11, б, в, г, е). Прямоточные имеют направление вращения лопастного вала, совпадающее с направлением движения смешиваемых материалов, обеспечиваемого вращающейся чашей или лопастями, закрепленными на траверсе.

В противоточных бетоносмесителях вращающаяся чаша или траверса со скребками направляет смешиваемые материалы к лопа-

ным валам, вращение которых противоположно вращению чаши или траверсы.

Смешивающие аппараты чашеобразных бетоносмесителей выполняют планетарно-роторными и роторными.

Общий вид планетарно-роторного бетоносмесителя с неподвижной чашей показан на рис. 12.12. Чаша состоит из внешнего 17 и внутреннего 14 цилиндров и днища 16. Внутренний цилиндр предупреждает образование застойной зоны перемешиваемых материалов в центре чаши. Днище и боковые поверхности цилиндров защищены от износа сменными броневыми листами. В днище имеется затвор 13 для выгрузки смеси. Затвор управляется пневмоцилиндром 18. Смесительная чаша сверху закрыта патрубком 1 и крышками люков 10. Над чашей бетоносмесителя крепится привод ротора и смесительных лопастных валов, представляющий собой мотор-редуктор 4 вертикального типа. Вращение от привода передается через эластичную муфту 5 траверсе 3 и далее через шестерни 6, 7, 8 и 9 – к лопастным валам 11, на дисках 12 которых закреплены смесительные лопасти 2. Таким образом, смесительные лопасти вращаются одновременно вокруг центральной 15 и собственных 11 осей и совершают сложное планетарное движение в кольцевом пространстве, образованном внешним и внутренним цилиндрами чаши. На траверсе при помощи рычагов и кронштейнов прикреплены подгребающая лопасть 21 и скребки 19 и 20 для очистки внешнего и внутреннего цилиндров чаши.

Роторные чашеобразные бетоносмесители (рис. 12.13) более просты по конструкции, чем планетарно-роторные, так как не имеют вращающихся лопастных валов. Их смешивающие лопасти и очистные скребки прикреплены к ротору, вместе с которым вращаются только вокруг центральной оси чаши. Смешивающие лопасти располагаются на разных расстояниях от оси чаши таким образом, чтобы при вращении ротора они перекрывали (если смотреть сверху) всю площадь кольцевого пространства (рис. 12.14).

Чашеобразные бетоносмесители выполняют передвижными с объемом готового замеса 165 л (загрузка компонентов смеси загрузочным ковшом, управление затвором ручное) и стационарными (загрузка через лотки из вышерасположенных дозаторов, управление затвором от пневмоцилиндра).

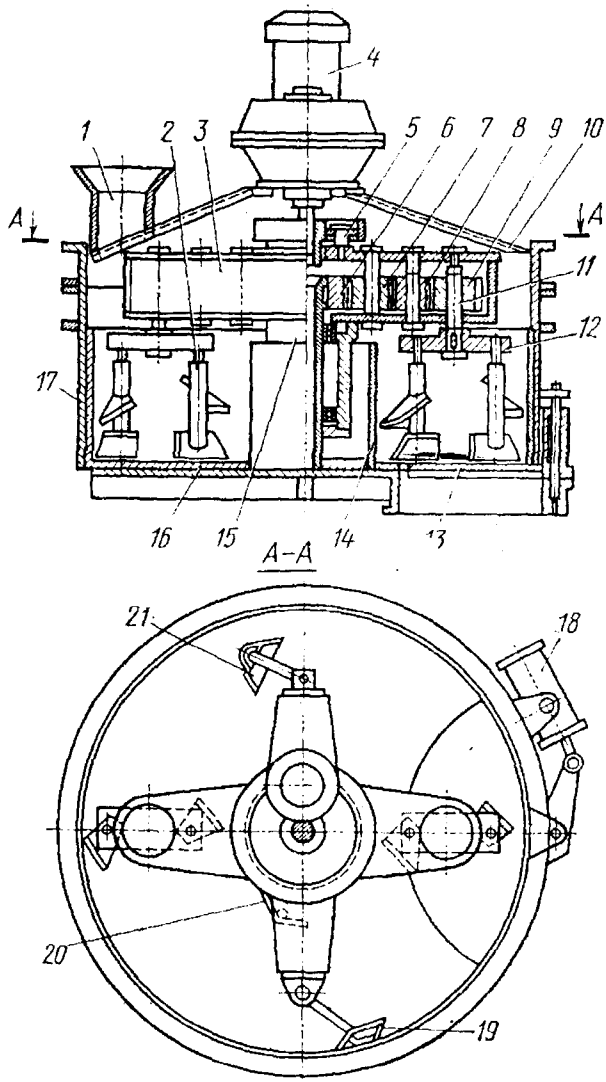


Рис. 12.12. Планетарно-роторный бетоносмеситель с неподвижной чашей.

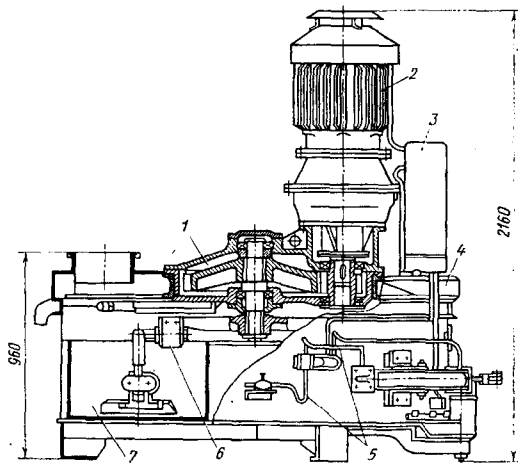


Рис. 12.13. Роторный бетономеситель: 1 – крышка корпуса редуктора; 2 – мотор-редуктор; 3 – электрооборудование; 4 – рама; 5 – пневмопривод затвора; 6 – смешивающий аппарат; 7 – корпус (чаша).

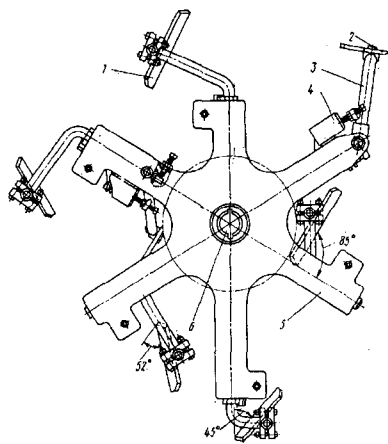


Рис. 12.14. Перемешивающий аппарат бетономесителя: 1 – перемешивающие лопасти; 2 – очистные лопасти; 3 – водило; 4 – амортизаторы; 5 – ротор; 6 – приводной вал.

Смесительные лопасти чашеобразных бетоносмесителей устанавливают под определенными углами в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Углы наклона лопастей назначают из условия создания направленного наиболее интенсивного движения компонентов смеси при приготовлении. Так, в бетоносмесителе СБ-35 три лопасти установлены в горизонтальной плоскости под углом 45° и две — под углом 52° . В вертикальной плоскости пять лопастей этого бетоносмесителя установлены с углом наклона 24° .

Бетоносмесители принудительного смешивания с корытообразным корпусом и одним горизонтальным смесительным валом (рис. 12.15, а, б) имеют цилиндрический корпус, в центре которого проходит смесительный вал с жестко закрепленными на нем лопастями. Такие смесители используют главным образом для приготовления растворов. Вместимость смесителя по готовому замесу 65–1800 л. Разгрузка осуществляется поворотом корпуса вокруг вала или через люк в боковой стенке.

Двухвальные бетоносмесители с корытообразным корпусом (рис. 12.15, в) обеспечивают более интенсивное смешивание материалов, чем одновальные и чашеобразные. Такие бетоносмесители используют на бетонных заводах и установках непрерывного действия. Различаются эти бетоносмесители между собой производительностью, размерами и формой рабочих органов.

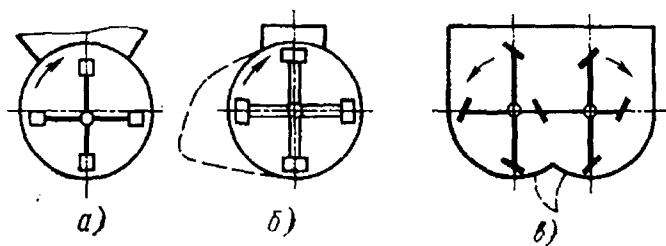


Рис. 12.15. Схемы корытообразных бетоносмесителей с горизонтально расположенными валами: а, б — с одним валом; в — с двумя валами.

Сварной корпус двухвального бетоносмесителя (рис. 12.16) футерован стальными броневыми листами для уменьшения износа. Внутри корпуса вращаются навстречу друг другу два вала, на которых по винтовым линиям расположены лопасти.

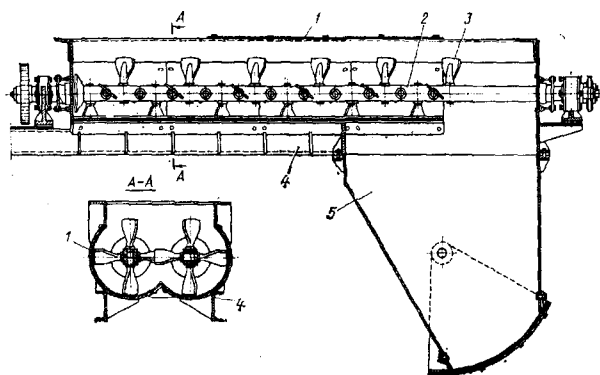


Рис. 12.16. Двухвальный бетоносмеситель с корытообразным корпусом: 1 – корпус; 2 – вал; 3 – лопасть; 4 – рама; 5 – копильник (бункер).

Отдозированные исходные сыпучие и жидкие материалы непрерывным потоком поступают сверху через загрузочное отверстие в смеситель. Благодаря винтовым линиям, образованным лопастями, материал передвигается вдоль смесителя и равномерно распределяется, образуя готовую смесь, которая выгружается через нижнюю часть торцевой стенки в стороне, противоположной загрузке. Для предупреждения пыления при работе смеситель сверху закрывают съемными крышками. Такие бетоносмесители имеют производительность (главный параметр) 5, 15, 30 и 60 м³/ч, соответственно мощность двигателя 4, 8, 22 и 40 кВт.

Турбулентные бетоносмесители хорошо зарекомендовали себя при приготовлении подвижных бетонных смесей и строительных растворов. Такой смеситель (рис. 12.17) представляет собой корпус с вертикальной осью, внутри которого со скоростью 6–8 м/с вращается ротор. Отодозированные исходные материалы загружают сверху через загрузочное окно в крышке корпуса, выгрузка готовой смеси производится снизу корпуса через специальное устройство. При работе смесителя исходные материалы в зоне ротора приходят в вихревое турбулентное движение, отбрасываются к стенкам корпуса, поднимаются по нему на некоторую высоту вверх по корпусу и затем, падая вниз, поступают снова к ротору. Тормозные перегородки, закрепленные на стенках корпуса, препятствуют вращению смеси в горизонтальной плоскости. Достоинства

ми турбулентных смесителей являются простота конструкции, быстрота приготовления смеси (время смешивания 10–30 с) и ее хорошее качество. К недостаткам можно отнести повышенный расход энергии и недостаточную долговечность сальникового уплотнения ротора.

В настоящее время выпускают турбулентные бетоносмесители с объемом готового замеса 65, 165, 500 и 800 л.

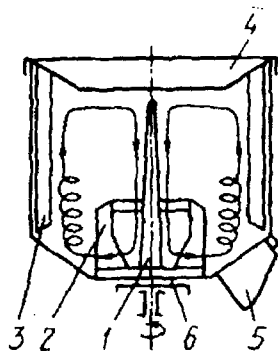


Рис. 12.17. Турбулентный смеситель: 1 – штырь; 2 – ротор; 3 – тормозные перегородки; 4 – крышка; 5 – разгрузочные устройства; 6 – отражательные шайбы.

12.4. Перспективы развития и направления совершенствования бетоносмесителей

В настоящее время ведущее положение среди бетоносмесителей занимают бетоносмесители свободного смешивания. Однако увеличивается выпуск бетоносмесителей принудительного смешивания, которые постоянно совершенствуются.

Наиболее перспективными бетоносмесителями принудительного смешивания являются роторные, а свободного смешивания – опрокидные и автобетоносмесители.

В связи с развитием производства сборного железобетона и повышением потребности в жестких бетонных смесях наблюдается тенденция увеличения вместимости роторных бетоносмесителей. Средняя вместимость передвижных бетоносмесителей свободного смешивания снижается. Вместимость барабанов автобетоносмесителей во многом определяется наличием автомобилей большой грузоподъемности и может быть

увеличена до 10 м^3 . Наряду с совершенствованием конструкций бетономесителей по установившимся схемам разрабатываются новые способы смешивания и новые смесительные машины, в частности вибросмесители. В них благодаря воздействию вибраторов, помещаемых в компоненты смеси внутри корпуса, или благодаря виброколебаниям самого корпуса осуществляется интенсивное смешивание цемента с заполнителями. При вибросмешивании гелеобразные вещества, образующиеся из цемента и воды, освобождают заземленную воду, в результате чего жесткие смеси становятся более подвижными, что облегчает процесс смешивания. Кроме того, под воздействием вибрации компоненты смеси, имеющие различные массы, перемещаются друг относительно друга и постоянно соударяются. Наиболее перспективными с точки зрения долговечности следует считать вибросмесители, в которых вибрации подвергаются внутренние их части (вал, лопасти, шнек и т. п.), а не корпус.

12.5. Заводы для приготовления бетонных смесей

Бетонные смеси в больших количествах готовят на специально организованных предприятиях – бетонных заводах. По продолжительности действия бетонные заводы разделяют на стационарные, полустационарные (инвентарные) и передвижные, называемые обычно установками.

Стационарные заводы рассчитывают на длительную, постоянную работу на одном месте. Полустационарные заводы устраивают сборно-разборными, и они работают на одном объекте обычно от одного года до трех лет. Передвижные заводы (установки) могут в течение одного сезона перемещаться несколько раз с одного объекта на другой. Их часто используют на строительствах с небольшим потреблением бетона (установки малой производительности) или на рассредоточенных объектах и при выполнении линейных работ, таких как строительство автомагистралей.

По конструктивному исполнению такие установки разделяют на передвижные и инвентарные.

В передвижных мобильных установках технологическое оборудование расположено на шасси прицепов или на салазках. Такие установки перебазируют в собранном виде. После прибытия на объект приготовление бетонной смеси может быть начато через $0,5\text{--}2,0$ ч при наличии исходных материалов. При этом, как правило, не требуется приямков, фундаментов, металлических каркасов.

Инвентарные сборно-разборные установки имеют значительную производительность (до $240 \text{ м}^3/\text{ч}$). Их изготавливают в виде отдельных блоков, перевозимых с объекта на объект на трейлерах, прицепах и авто-

мобилях. Опорную раму инвентарных бетоносмесительных установок устанавливают на фундаменте. Демонтаж, перебазировка и монтаж таких установок производятся в течение нескольких смен. Установки оборудуют складами заполнителей и цемента.

По характеру работы заводы и установки могут быть циклического и непрерывного действия.

По устройству и управлению – неавтоматизированные (с ручным управлением), частично автоматизированные и полностью автоматизированные. В последнем случае приготовление бетонной смеси осуществляется по заданной программе с соблюдением проектного рецепта дозирования материалов, времени смешивания и т. д.

Бетонные заводы могут иметь горизонтальную (партерную) и вертикальную (башенную) компоновку. В первом случае оборудование размещено на большой площади примерно на одном уровне. При проходе по технологической линии материалы поднимаются и опускаются несколько раз.

При вертикальной компоновке материалы поднимаются на определенную высоту только один раз и далее перемещаются вниз по отдельным технологическим операциям под действием сил гравитации. Такие заводы занимают небольшую площадь, но имеют значительную высоту (до 30 м). Схема размещения оборудования на заводе башенного типа циклического действия показана на рис. 12.18.

Фракции щебня и песок подаются в расходные бункера через поворотную загрузочную воронку поочередно ленточным конвейером. Цемент подается пневмотранспортной установкой. После дозирования в весовых дозаторах составляющие через загрузочное устройство направляются в один из бетоносмесителей. Готовая смесь выдается в раздаточный бункер, а затем транспортными средствами доставляется к месту ее укладки.

В схеме такого завода можно выделить четыре отделения:

- 1) надбункерное, где находятся агрегаты пневмотранспортной подачи цемента, распределительная поворотная загрузочная воронка и головная часть ленточного конвейера;
- 2) дозирочное, в котором расположены расходные бункера и дозаторы;
- 3) смесительное, где установлены бетоносмесители; здесь размещен пульт с системой автоматического управления;
- 4) раздаточное, в котором расположен раздаточный бункер.

По указанной схеме обычно сооружаются стационарные заводы большой производительности, обеспечивающие товарным бетоном крупные стройки, дорожное, аэродромное, гидротехническое, ирригационное и городское строительство, а также полигоны бетонных и железобетонных изделий.

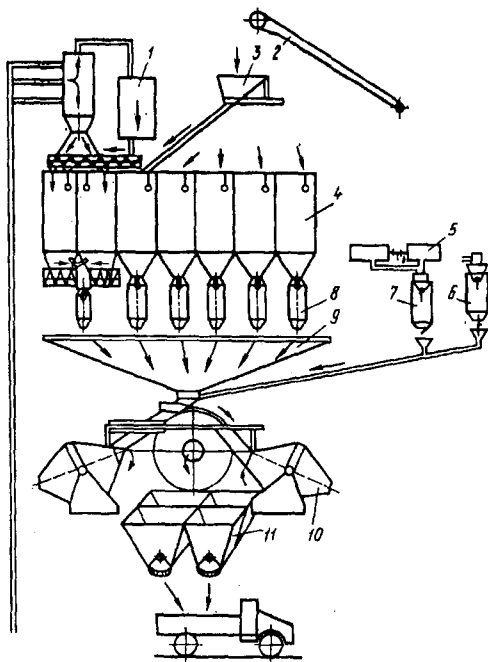


Рис. 12.18. Башенная компоновка оборудования бетонного завода: 1 – пневмотранспортная установка для цемента; 2 – ленточный конвейер; 3 – распределительное устройство; 4 – расходные бункера; 5 – баки для воды; 6 – дозатор хлористого кальция; 7 – дозатор воды; 8 – дозаторы щебня, песка и цемента; 9 – загрузочное устройство; 10 – бетономешалка; 11 – раздаточный бункер.

Складирование песка и щебня на таких заводах производится как на открытых складах, так и на складах бункерного типа. Для хранения цемента служат специальные склады силосного типа. Необходимость иметь большой запас материалов, на 10–15 дней работы, обуславливает наличие больших складов песка и щебня, под которые отводится большая площадь. На открытых складах штабеля материалов имеют линейное или секторное расположение.

Для подачи материалов со склада в расходные бункера используют ленточные конвейеры, расположенные в траншеях под штабелями материалов и в наклонных галереях.

На заводах, рассчитанных на круглогодичную работу, щебень и песок для предотвращения слеживания целесообразно хранить в обогреваемых бункерных складах. Кроме того, для нормальной работы завода при отрицательных температурах необходимо:

- производить предварительный подогрев воды до температуры 80–95°C, при необходимости – и минеральных составляющих бетона до температуры 40–60°C;

- в качестве добавок к бетону применять растворы солей (хлористого натрия или хлористого кальция);

- бетоносмесительные установки утеплять специальными щитами, а внутри башни завода устанавливать водяное или калориферное отопление;

- утеплять водопроводную и паропроводную системы завода и т. п.

Рекомендуется также производить отопление траншей, в которых размещены ленточные конвейеры. Для разделения мелких смерзшихся фракций щебня и песка их пропускают через виброгрохот.

На объектах дорожного, аэродромного, гидротехнического и некоторых других видов строительства, когда не требуется частой смены состава бетонной смеси, наиболее эффективно применение легко перебазируемых передвижных и сборно-разборных установок непрерывного действия.

Технологическая схема бетонорастворосмесительной установки СБ-61 показана на рис. 12.19. Установка работает со складами цемента СБ-33 или СБ-74 и используется для приготовления как бетонных смесей, так и строительных растворов на объектах с потреблением бетона до 5,0 м³/ч.

Установки СБ-75 и СБ-78 работают по одной технологической схеме (рис. 12.20). Они приспособлены для загрузки сухой и готовой бетонной смеси в автобетоносмесители, по конструкции аналогичные и предназначенные для работы в летних условиях на рассредоточенных объектах, в том числе в сельском хозяйстве.

Установки состоят из дозирочного и смесительного отделений, ленточного конвейера и склада цемента. Все агрегаты собраны на отдельных металлических рамах и могут быть легко смонтированы и демонтированы. Перебазировка их осуществляется при помощи трейлеров и автомобилей. Установки скомпонованы по двухступенчатой партерной схеме с двукратным подъемом и опусканием материалов; управление работой автоматизировано.

Бетоносмесительные установки СБ-109 и СБ-118, технологическая схема которых показана на рис. 12.21, предназначены для обеспечения бетонной смесью строительства дорог и аэродромов. Установки состоят из блоков, рамы которых выполнены в виде полуприцепов. Дозирочное и смесительное отделения соединены между собой наклонным транспортером.

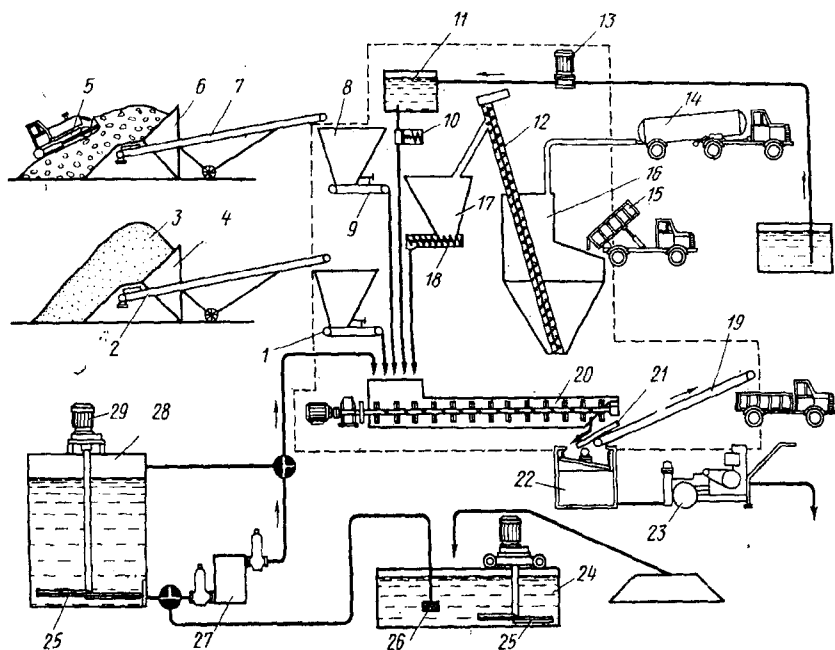


Рис. 12.19. Технологическая схема установки СБ-61: 1, 9 – ленточные дозаторы заполнителей; 2, 7, 19 – ленточные конвейеры; 3 – склад песка; 4, 6 – загрузочные устройства; 5 – бульдозер; 8, 17 – расходные бункера; 10 – пробковый кран; 11 – расходный бак воды; 12 – вертикальный винтовой конвейер; 13 – насос для воды; 14 – автоцементовоз; 15 – гравитационный цементовоз; 16 – инвентарный склад цемента; 18 – винтовой дозатор цемента; 20 – бетономеситель; 21 – перегрузочный лоток; 22 – вибратор; 23 – растворонасос; 24 – резервуар для известкового теста; 25 – винтовой побудитель; 26 – заборный фильтр; 27 – насос-дозатор; 28 – бак для известкового молока; 29 – мотор-редуктор.

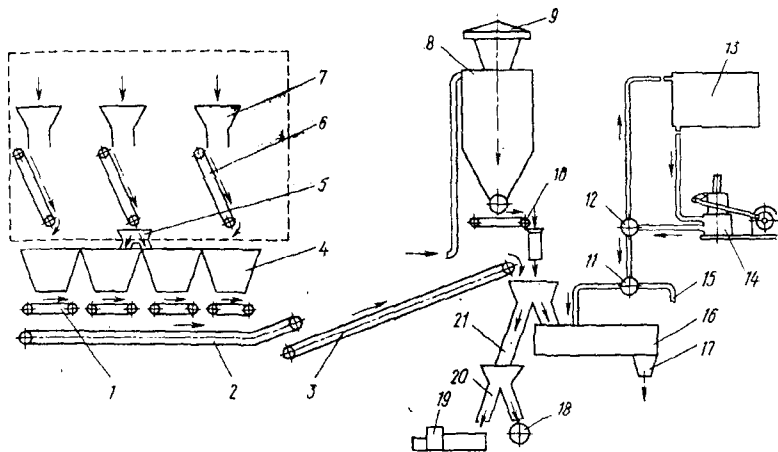


Рис. 12.20. Технологическая схема установок СБ-75 и СБ-78: 1 – маятниковые дозаторы заполнителей; 2 – сборный ленточный конвейер; 3 – наклонный ленточный конвейер; 4 – расходные бункера заполнителей; 5, 20, 21 – двухрукавные тетки; 6 – ленточные конвейеры; 7 – питатели; 8 – расходный бункер цемента; 9 – фильтр; 10 – дозатор цемента; 11, 12 – трехходовые краны; 13 – расходный бак воды; 14 – насос-дозатор; 15 – рукав для отвода воды; 16 – бетоносмеситель; 17 – копильник; 18 – циклический тарировочный весовой дозатор; 19 – автобетоносмеситель.

Заполнители со складов подаются погрузчиками в приемные бункера загрузочных конвейеров. Оттуда – подаются дозаторами непрерывного действия на сборный конвейер, которым передаются на наклонный конвейер загрузки бетоносмесителей.

В нижней части наклонного конвейера на слой заполнителей непрерывно укладывается отдозированный цемент. Бункера оборудуют пневматическими и электромагнитными сводообрушителями.

Цемент в расходный бункер подается либо непосредственно из автоцементовоза, либо пневмовинтовыми подъемниками со склада цемента. Одновременно с заполнителями и цементом в бетоносмеситель подается жидкость. Система дозирования жидкости состоит из двух линий – бака для воды с постоянным уровнем и насоса-дозатора с дистанционным регулированием подачи.

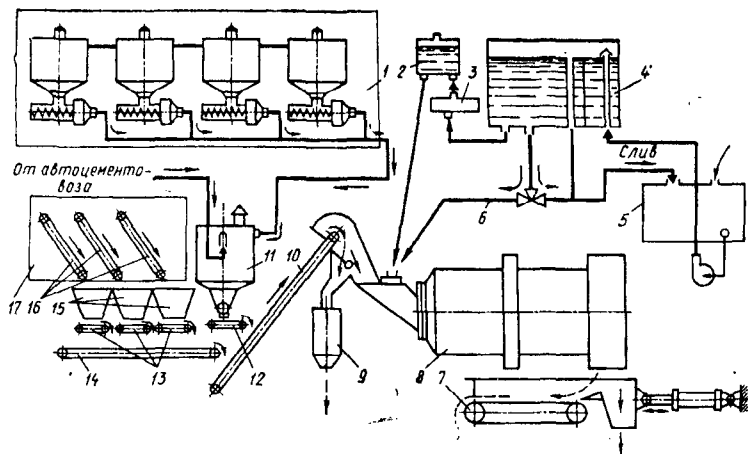


Рис. 12.21. Технологическая схема установок СБ-109 и СБ-118: 1 – склад цемента; 2 – корректирующая система подачи воды; 3 – насос-дозатор; 4 – расходный бак жидкости; 5 – емкость для жидкости; 6 – основная система подачи жидкости; 7 – раздаточный конвейер; 8 – бетоносмеситель; 9 – тарировочный дозатор; 10 – наклонный ленточный конвейер; 11 – расходный бункер цемента; 12 – дозатор цемента; 13 – ленточные дозаторы заполнителей; 14 – сборный ленточный конвейер; 15 – расходные бункера заполнителей; 16 – ленточные конвейеры; 17 – склад заполнителей.

Бак для воды обеспечивает постоянный расход, соответствующий примерно половине требуемого количества жидкости. Насосом-дозатором подается недостающая жидкость, количество которой регулируется в зависимости от рецептуры смеси.

Для питания установки водой с добавками служит блок бардоприсадки, состоящей из емкости для воды, двух емкостей для 10 %-ной сульфатно-спиртовой барды, системы трубопроводов и запорных кранов с пневмоприводом и ходовой части.

Для настройки дозаторов цемента и инертных и их весового контроля имеется весоконтрольное устройство на базе дозатора АВДН-2400. Оно настраивается контрольными грузами. Отдозированные компоненты бетонной смеси через загрузочное устройство поступают в барабан бетоносмесителя гравитационного типа. Выгрузка готовой продукции про-

исходит по двум трактам: непосредственно из бетоносмесителя в транспорт и через раздаточный конвейер, что позволяет производить непрерывную разгрузку барабана.

Электрическая схема управления предусматривает автоматический режим работы, дистанционное управление механизмами с главного пульта и управление механизмами с местных пультов при наладочных работах. Главный пульт управления, шкафы автоматики и силовой аппаратуры расположены в передвижном вагоне.

Отечественная промышленность серийно выпускает две бетоносмесительные партерные установки циклического действия: СБ-51 производительностью до $7 \text{ м}^3/\text{ч}$ и СБ-70-1 производительностью $15 \text{ м}^3/\text{ч}$. Установка СБ-70-1 (рис. 12.22) состоит из четырех объемных блоков: смесительного блока с распределительным устройством, расходного бункера цемента с барабанным питателем, портала и секторного склада заполнителя со стреловым скрепером.

Секторный распределитель имеет четыре отсека. На выходных отверстиях отсеков щебня установлены секторные затворы, а у отсека песка – ленточный питатель. Заполнители поочередно поступают в дозатор заполнителей, а затем в ковш скипового подъемника.

На портале смонтирован смесительный блок с двумя гравитационными бетоносмесителями вместимостью 500 л, дозаторы цемента и воды, лебедка скипового подъемника, кабина с пультом управления. В верхней части рамы установлен расходный бункер цемента с лопастным питателем.

Бетоносмесители установлены на подвижной раме, которая, перемещаясь при помощи гидроцилиндра, обеспечивает поочередную стыковку и расстыковку отверстий бетоносмесителей с лотками загрузочной воронки. Опрокидывание барабанов в положение разгрузки производится отдельными гидроцилиндрами при разделенном стыковании. Компоненты смеси поступают в загрузочную воронку из ковша скипового подъемника и дозатора цемента и направляются в соответствующий бетоносмеситель. Вода распределяется трехходовым краном. Поворот воронки и крана осуществляется перемещением подвижной рамы бетоносмесителей.

По окончании загрузки бетоносмеситель отходит вместе с рамой от загрузочного отверстия распределительной воронки, продолжая смешивание. После окончания смешивания барабан автоматически опрокидывается в положение разгрузки.

При отходе одного бетоносмесителя от распределительной воронки другой занимает положение для загрузки. Таким образом циклы приготовления смеси повторяются. Электрическая схема установки предус-

матривает автоматический и наладочный режимы работы. При работе в наладочном режиме продолжительность смешивания и время разгрузки устанавливает машинист. Имеется счетчик числа замесов, при выдаче заданного количества которых подается звуковой или световой сигнал. Обслуживают установку два человека.

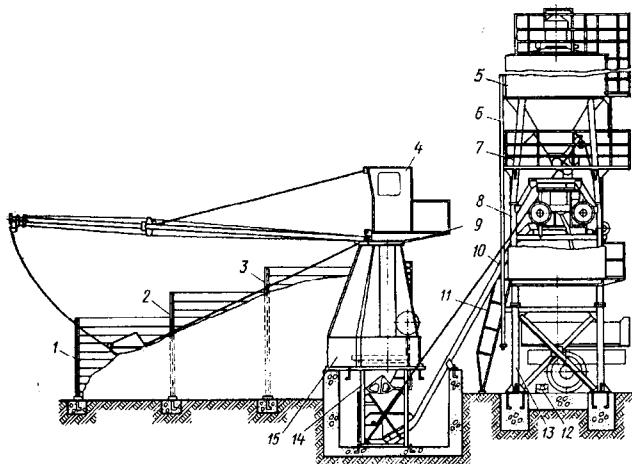


Рис. 12.22. Бетоносмесительная циклическая установка СБ-70-1:

- 1, 2, 3 – стойки; 4 – стреловой скрепер; 5 – бункер цемента; 6 – загрузочная труба; 7 – монтажная лестница; 8 – смесительный блок; 9 – опорно-поворотный механизм; 10 – направляющие; 11 – лестница; 12 – упорный брус; 13 – стойки рамы; 14 – дозатор заполнителей; 15 – секторный распределитель.

Глава 13. МАШИНЫ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКТЫ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОКРЫТИЙ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

13.1. Автоматизированные комплекты машин для строительства цементобетонных покрытий

13.1.1. Состав комплектов машин для строительства цементобетонных покрытий

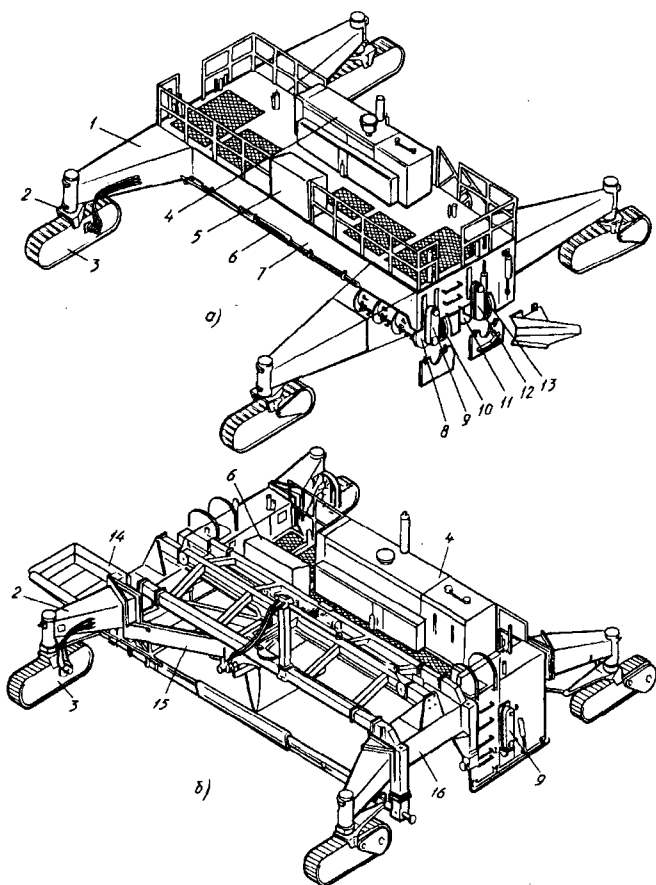
Машины для строительства цементобетонных покрытий в основном выпускают двух типов: с колесно-рельсовым ходовым устройством (для их работы необходимо наличие рельс-форм) и машины со скользящими формами с гусеничным ходовым устройством. Последние получили наибольшее распространение, и их выпускают двух размеров: большой производительности для строительства магистральных дорог и взлетно-посадочных полос и малой производительности для дорог местного значения.

Наиболее эффективно скоростное строительство цементобетонных покрытий осуществляется автоматизированными комплектами машин со скользящими формами. Комплект машин составляют группа основных машин и дополнительное технологическое оборудование. Основной группой машин комплекта являются: профилировщик основания (рис. 13.1, *а*), распределитель бетона (рис. 13.1, *б*), бетоноукладчик со скользящими формами (рис. 13.1, *в*), бетоноотделочная машина и распределитель пленкообразующих материалов. В дополнительное оборудование входят: конвейер-перегрузатель, тележка для арматурной сетки, вибропогружатель арматурной сетки, нарезчики продольных и поперечных швов, заливщик швов, трейлеры для транспортирования машин комплекта.

Профилировщики дорожных оснований предназначены для разработки корыта в целинном грунте и профилирования его дна, а также для окончательного профилирования и уплотнения песчаного основания или основания из грунта, укрепленного вяжущим материалом. Они оснащены профилирующим и уплотняющим рабочими органами.

По типу рабочего органа профилировщики бывают ножевыми и фрезерными. Ножевые профилировщики снабжены уплотняющим вибробрусом. Рабочий орган – отвал с профилирующим ножом. Он окончательно профилирует основание, срезая излишки грунта и частично его перераспределяя. Механизмом подъема и опускания регулируют высо-

ту заглабления. Фрезерный рабочий орган машины представляет собой отвал с закрепленными на нем фрезой для профилирования укрепленных грунтов или шнеком для профилирования песчаных оснований. Сменные резцы фрезы с пластинками из твердого сплава расположены по винтовой линии. Транспортер удаляет срезанный материал за пределы основания.



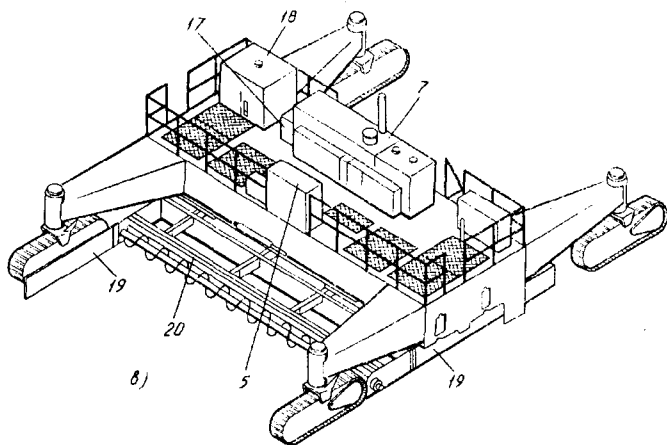


Рис. 13.1. Машины автоматизированного комплекта для скоростного строительства цементобетонных покрытий: а – профилировщик основания; б – распределитель (перегрузатель); в – бетоноукладчик; 1 – кронштейн рамы; 2 – вилка гусеничной тележки; 3 – гусеничная тележка; 4 – силовая установка; 5 – пульт управления; 6 – рулевой гидроцилиндр; 7 – основная рама; 8 – фреза-шнек; 9 – привод фрезы-шнека; 10 – отвал фрезы-шнека; 11 – шнек; 12 – привод шнека; 13 – отвал шнека; 14 – приемный бункер; 15 – рама транспортера; 16 – блок выдвигного транспортера; 17 – генератор привода глубинных вибраторов; 18 – бак для воды; 19 – скользящие формы (боковая опалубка); 20 – рама рабочих органов.

Фрезу и отвал можно настраивать на плоский и на двухскатный поперечные профили основания. Уплотнение подстилающего песчаного основания осуществляется вибробрусом.

Бетонораспределители принимают смесь из автосамосвалов или автобетоносмесителей и распределяют ее по дорожному основанию слоем заданной толщины. Распределители являются машинами непрерывного и периодического действия. Бетонораспределители непрерывного действия распределяют смесь, поступающую на основание строящейся дороги. Они имеют высокую производительность и требуют четкой организации работ по доставке смеси к месту ее укладки. Распределители периодического действия работают циклично. Новая порция бетона рас-

пределяется по основанию после распределения предыдущей порции и передвижения машины на новую позицию.

По конструкции рабочих органов все распределители бывают бункерными, шнековыми, лопастными, ковшовыми. Бункерные относятся к машинам периодического действия, остальные – к машинам непрерывного действия.

Смесь, выгруженную распределителем на дорожное основание, равномерно распределяют в поперечном направлении шнеком, лопастью или ковшом и предварительно разравнивают отвалом. Окончательное профилирование покрытия осуществляется профилирующими заслонками, которые можно устанавливать на односкатный или двухскатный поперечный профиль покрытия.

Бетоноотделочные машины осуществляют разравнивание, профилирование, уплотнение и окончательную отделку (выглаживание и затирку) поверхности покрытия. Машины данного типа следуют за бетонораспределителем. Бетоноотделочная машина имеет разравнивающий, уплотняющий и выглаживающий органы. Разравнивающий орган – это лопастный вал, шнек или вибробрус. Для уплотнения бетонной смеси применяют вибрационный или трамбуемый брус. Выравнивание и выглаживание поверхности бетонного слоя производится выглаживающей лентой или брусом, совершающим качательные движения в горизонтальной плоскости, а также выглаживающими плитами с вертикальными колебаниями. Бетоноотделочные машины имеют один рабочий орган – вибрационный или трамбуемый брус, два рабочих органа – уплотняющий и выглаживающий брус, три рабочих органа – разравнивающий, уплотняющий и выглаживающий брус, четыре рабочих органа – вибрационный, трамбуемый и разравнивающий брус, а также выглаживающую ленту. Технологическая операция выполняется сразу несколькими рабочими органами: уплотнение – вибрационным и трамбуемым брусом, а отделка поверхности – разравнивающим брусом и выглаживающей лентой. Идет переход к универсальным рабочим органам, выполняющим несколько операций.

Профилировщик основания, входящий в комплект, имеет унифицированное самоходное четырехгусеничное базовое шасси с автоматической следящей системой управления рабочими органами по заданному курсу и профилю (рис. 13.1, а). Основная рама представляет собой сварную конструкцию коробчатого сечения. Установленные соосно две фрезы предназначены для первоначального фрезерования, рыхления и распределения грунта основания по ширине обрабатываемой полосы. Шнеки удаляют

излишки грунта на обочину дороги или ленту конвейера-перегрузателя, а также распределяют материал по ширине основания. Каждая фреза и шнек имеют свой независимый и взаимозаменяемый привод.

Распределитель комплекта (рис. 13.1, б) предназначен для приема бетонной смеси с обочины из самосвалов и распределения ее по ширине основания. Снизу к основной раме прикреплены фреза-шнек и отвал. Конструкция рабочих органов позволяет регулировать положение их краев и середины с помощью трех гидроцилиндров для получения одно- и двухскатного профилей покрытия. Машина оснащена выдвижным транспортером.

Конструктивной особенностью комплекта является применение базового самоходного унифицированного четырехопорного гусеничного шасси и максимальная унификация узлов привода рабочих органов, гидро- и электрооборудования, аппаратуры автоматики (рис. 13.2) и силовых установок.

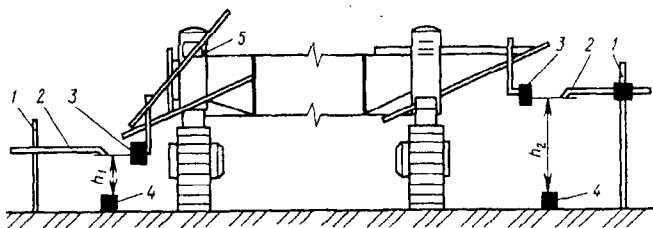


Рис. 13.2. Схема автоматического контроля положения базового шасси: 1 – стойка-стержень; 2 – поперечная штанга; 3 – датчик уровня с копиром; 4 – нивелирная рейка (репер); 5 – рама планировщика.

Бетоноукладчик комплекта (рис. 13.1, в) служит для разравнивания, профилирования, уплотнения и отделки бетонной смеси. На основной раме машины закреплены шнек, отвал шнека, глубинные вибраторы, вибробрус-дозатор, первый и второй качающиеся отделочные брусья, плавающая выглаживающая плита и боковые скользящие формы (рис. 13.3). Шнек предназначен для распределения смеси и состоит из двух независимых частей, имеющих боковой гидравлический привод. Отвал шнека имеет плоскую форму и служит для создания подпора смеси в шнеке. Глубинные вибраторы обеспечивают равномерную плотность смеси по всей толщине слоя (рис. 13.4). Вибраторы со встроенными асинхронными электродвигателя-

ми закрепляют на У-образных пружинных рычагах к состоящей из двух частей трубе, которая поворачивается вокруг оси горизонтальным гидродо- цилиндром. Частота вибрации глубинных вибраторов 180 Гц.

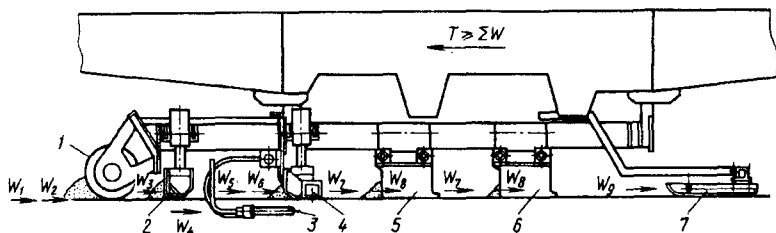


Рис. 13.3. Схема действующих сил на рабочие органы бетоноукладчика: 1 – шнек; 2 – отвал шнека; 3 – глубинный вибратор; 4 – вибробрус-дозатор; 5 – первичный качающийся брус; 6 – вторичный качающийся брус; 7 – выглаживающая плита.

Вибробрус-дозатор вторично распределяет и выравнивает смесь после ее проработки глубинными вибраторами.

Два качающихся бруса предназначены для придания покрытию требуемого профиля и отделки по поверхности. Брусья состоят из двух частей коробчатого сечения. Возвратно-поступательное движение брусьев в поперечном направлении относительно укладываемого покрытия осуществляется четырьмя гидромоторами. Окончательная отделка поверхности производится плавающей плитой, состоящей из двух частей. Боковые скользящие формы формируют боковые поверхности бетонного покрытия.

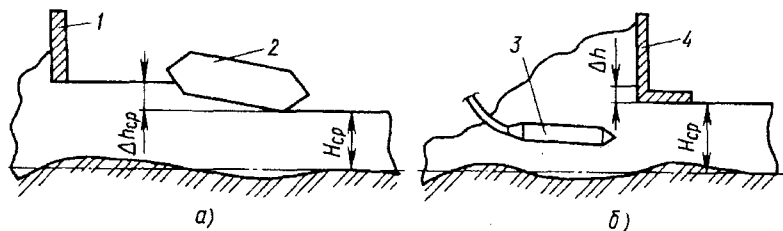


Рис. 13.4. Схема уплотняющего рабочего органа с поверхностным (а) и глубинным (б) вибратором: 1 – дозирующая заслонка; 2 – вибробрус; 3 – глубинный вибратор; 4 – профилирующая заслонка.

Бетоноотделочная машина предназначена для окончательной отделки поверхности покрытия и придания ей требуемой текстуры бетона. Машина многопроходная и смонтирована на четырехколесном базовом шасси. Снизу к раме на вертикальной поворотной и подъемной цапфе подвешены две дюралевые трубы. Над ними установлены два трубопровода с запираемыми соплами для смачивания труб. Трубы перекрывают одна другую и передают на бетон только свой вес. Сзади к раме кронштейнами прикреплен тканевая драга, которая орошается водой и передвигается по поверхности цементобетонного слоя.

Распределитель пленкообразующих материалов служит для их нанесения и создания на покрытии шероховатой поверхности. Машина выполнена однопроходной на самоходном четырехопорном колесном базовом шасси. К основной раме прикреплены две поперечные траверсы, по которым перемещается относительно покрытия щетка, создающая шероховатость поверхности покрытия. К передней части рамы подвешен барабан для пленки. Сзади к раме подвешены распределительная труба для распределения жидких пленкообразующих материалов и два выносных сопла для обработки боковых поверхностей покрытия.

13.1.2. Расчет основных параметров рабочих органов машин для строительства цементобетонных покрытий

Профилировщик с фрезерным рабочим органом преодолевает силы сопротивления: W_1 – перемещению машины; W_2 – резанию грунта фрезой; W_3 – перемещению призмы материала перед отвалом; W_4 – от преодоления сил инерции машины.

Силу сопротивления перемещению машины определяют так, как указано выше. Сила сопротивления резанию грунта фрезой (Н)

$$W_2 = k_p s b z_a , \quad (13.1)$$

где k_p – удельное сопротивление фрезерованию грунта, $k_p = 0,7 \div 2,5$ Н/м²; s – толщина срезаемой стружки, м; b – ширина лопасти, м; z_a – число лопастей, одновременно участвующих в процессе фрезерования, $z_a = z\alpha/360$ (z – число лопастей на роторе; α – угол контакта лопасти с материалом, град; $\alpha = \arctg(h/r)$; r – радиус ротора, м; h – толщина срезаемого слоя, м).

Сила сопротивления перемещению призмы (Н)

$$W_3 = m_{np} g \mu_{zp} , \quad (13.2)$$

где m_{np} – масса призмы материала перед отвалом, кг; g – ускорение свободного падения; μ_{zp} – коэффициент трения материала основания.

Силу сопротивления при преодолении сил инерции во время трогания с места определяют так же, как было рассмотрено выше.

Возможность передвижения профилировщика массой без пробуксовки следует проверить по выражению:

$$m_{n\phi} g \varphi_{cu} > W_{\Sigma}, \quad (13.3)$$

где φ_{cu} – коэффициент сцепления гусениц с основанием; $W_{\Sigma} = W_1 \pm W_{2zp} + W_3 + W_4$; W_{2zp} – горизонтальная составляющая резания грунтов, $W_{2zp} = W_2 v_n / v_o$ (здесь v_n – поступательная скорость машины, м/с; v_o – окружная скорость ротора, м/с); W_{2zp} имеет знак “плюс” при резании материала снизу вверх и знак “минус” при резании сверху вниз.

Мощность двигателя (Вт), установленного на профилировщике, расходуется на резание (N_1) и отбрасывание (N_2) материала фрезой и на преодоление сопротивления при перемещении машины в процессе работы (N_3):

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2 + N_3. \quad (13.4)$$

Мощность (Вт), расходуемая на резание материала основания лопастями фрезы:

$$N_1 = k_p bshzn, \quad (13.5)$$

где z – число лопастей на роторе; n – частота вращения фрезы, с⁻¹.

Мощность, расходуемая на отбрасывание грунта:

$$N_2 = mv_o^2 k_{omb} / 2, \quad (13.6)$$

где m – масса грунта, отбрасываемого фрезой за 1 с, кг, $m = bhv_n \rho$ (ρ – плотность материала основания, кг/м³); v_o – окружная скорость на концах резцов фрезы, м/с; k_{omb} – коэффициент отбрасывания, принимаем для узких лопастей $k_{omb} = 0,75$, для широких – $k_{omb} = 1$.

Мощность, расходуемая на перемещение профилировщика:

$$N_3 = W_{\Sigma} v_{max} / \eta, \quad (13.7)$$

где v_{max} – максимальная рабочая скорость профилировщика, м/с; η – КПД трансмиссии ходового механизма.

Производительность профилировщика (м³/ч)

$$\Pi = 3600 B k_a v_n, \quad (13.8)$$

где k_a – коэффициент использования рабочего времени; B – ширина обрабатываемой полосы за один проход профилировщика, м.

Усилие (Н), необходимое для перемещения распределительного бункера:

$$W_6 = P_1 + P_2 + P_3, \quad (13.9)$$

где P_1 – сила сопротивления перерезыванию столба бетонной смеси, Н; P_2 – сила сопротивления перемещению бункера по рельсам, Н; P_3 – сила сопротивления сил инерции при трогании с места, Н.

Сила сопротивления перерезыванию столба бетонной смеси (Н)

$$P_1 = k_{p.см} b, \quad (13.10)$$

где $k_{p.см}$ – удельная сила сопротивления перерезыванию столба смеси, зависящая от консистенции, $k_{p.см} = 6 \div 9$ кН/м.

Сила сопротивления перемещению бункера по рельсам (Н)

$$P_2 = g(m_6 + m_{см})f, \quad (13.11)$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; m_6 – масса бункера, кг; $m_{см}$ – масса смеси, находящейся в бункере, кг; f – приведенный коэффициент сопротивления перемещению бункера по рельсам, $f = 0,05$.

Сила сопротивления сил инерции при трогании бункера с места (Н)

$$P_3 = (m_6 + m_{см}) \frac{v_6}{t_p}, \quad (13.12)$$

где v_6 – скорость передвижения бункера при распределении смеси, м/с; t_p – время разгона машины, $t_p = 0,5 \div 1,5$ с.

Мощность, необходимая на перемещение бункера (Вт):

$$N_6 = \frac{W_6 v_6}{\eta_6}, \quad (13.13)$$

где η_6 – кпд механизма привода перемещения бункера.

Силы сопротивления при перемещении самого распределителя складываются из сил сопротивления передвижению всей машины с преодолением уклона и сил сопротивления сил инерции при трогании машины с места. Определяют их так, как указано выше.

По суммарной силе сопротивления определяют мощность, необходимую для перемещения распределителя.

Мощность двигателя распределителя выбирают из условия одновременного выполнения рабочих операций по перемешиванию распределительного бункера и подъема загрузочного ковша.

Производительность бункерных распределителей с непосредственной загрузкой бункера (м³/ч)

$$П = 3600V / (t_1 + t_2 + t_3), \quad (13.14)$$

где V – полезная вместимость бункера, м^3 ; t_1 – время загрузки бункера, с; t_2 – время распределения бетонной смеси и возврат бункера под загрузку, с; t_3 – время, затрачиваемое на переход распределителя на следующую рабочую позицию, с.

Производительность распределителя с загрузочным ковшем ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$П = 3600V / (t_1 + t_2 + t_3 + t_4), \quad (13.15)$$

где t_4 – время на перегрузку смеси из загрузочного ковша в распределительный бункер, с.

Сила сопротивления (Н) при передвижении шнекового распределителя складывается из силы сопротивления передвижению машины W_1 и силы сопротивления перемещению призмы бетонной смеси перед профилирующими заслонками F_1 .

$$W_{ш} = W_1 + F_1, \quad (13.16)$$

где $F_1 = m_{сп} g \mu_{см}$; $\mu_{см}$ – коэффициент внутреннего трения бетонной смеси, $\mu_{см} = 0,5 \div 0,6$.

Мощность двигателя, необходимую для перемещения машины, определяют так, как описано выше.

Мощность (Вт), необходимая для обеспечения работы распределительных шнеков:

$$N_{ш} = \alpha П В \omega / \eta_{ш}, \quad (13.17)$$

где α – коэффициент, учитывающий долю смеси, перемещаемую непосредственно шнеком, $\alpha < 1$; $П$ – производительность шнека, $\text{кг}/\text{с}$; $В$ – ширина полосы распределителя, м ; ω – коэффициент, характеризующий сопротивление движению материалов, для бетонной смеси или липких абразивных материалов $\omega = 4$, для гравия, песка, цемента $\omega = 3,2$, для асфальтобетона $\omega = 5$; $\eta_{ш}$ – КПД трансмиссии привода лопастного распределителя.

Сила сопротивления поперечному перемещению бетонной смеси перед распределительной лопастью (Н)

$$F_2 = g \rho V \eta_{см}, \quad (13.18)$$

где V – объем смеси перед лопастью или ковшем, м^3 ; ρ – плотность смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Сила сопротивления передвижению каретки с рабочим органом (Н)

$$F_3 = (G + F_2) \left(\frac{2k}{D} + f \frac{d}{D} \right) \beta, \quad (13.19)$$

где G – сила тяжести каретки с рабочим органом, Н; k – коэффициент трения качения катков каретки по направляющим, $k = (6+8) \cdot 10^{-4}$ м; D – диаметр ходовых колес каретки, м; f – приведенный коэффициент трения подшипников катков, $f = 0,05$; d – диаметр цапф ходовых катков каретки, м; β – коэффициент, учитывающий внецентренное по отношению к опорным каткам приложение внешних сил G и F_2 , а также перекосы, загрязнения и защемление в направляющих $\beta = 1,8+2,5$.

Силу сопротивления передвижению распределителя определяют по формулам, рассмотренным выше.

Производительность распределителей непрерывного действия ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$P = hBv_p k_s, \quad (13.20)$$

где h – толщина укладываемого слоя, м; B – ширина слоя, м; v_p – рабочая скорость, м/ч; k_s – коэффициент использования рабочего времени машины.

Бетоноотделочная машина преодолевает следующие силы сопротивления: передвижению машины, перемещению призмы бетонной смеси и трению рабочих органов по бетонной смеси, инерционное сопротивление.

Сила сопротивления (Н) перемещению призмы бетонной смеси, образующейся перед рабочим органом (лопастным валом, уплотняющим и выглаживающим брусьями):

$$F_4 = (V_p + V_y + V_s) g \rho \mu_{см}, \quad (13.21)$$

где V_p , V_y , V_s – объемы призм волочения перед разравнивающим, уплотняющим и выглаживающим рабочими органами, м^3 ; ρ – плотность бетонной смеси, $\rho = (1,8+2) \cdot 10^3$ кг/м³; $\mu_{см}$ – коэффициент внутреннего трения бетонной смеси.

Сила сопротивления (Н) трения рабочих органов при их перемещении по бетонной смеси

$$F_5 = (m_p + m_y + m_s) g, \quad (13.22)$$

где m_p , m_y , m_s – массы рабочих органов машины, кг; $\mu_{p,o}$ – коэффициент трения рабочего органа по бетонной смеси; $\mu_{p,o} = 0,5$.

Сила инерционного сопротивления (Н), возникающего при трогании машины с места:

$$F_6 = m v_p / t_p, \quad (13.23)$$

где v_p – рабочая скорость перемещения машины, м/с; t_p – время разгона машины, $t_p = 1,5+2,0$ с.

Общее сопротивление

$$F_{\Sigma} = W_1 + F_4 + F_5 + F_6. \quad (13.24)$$

Тяговое усилие необходимо проверить на возможность его реализации по условиям сцепления.

Мощность двигателя бетоноотделочной машины складывается из мощности, расходуемой на передвижение машины, привод рабочих органов и вспомогательных механизмов.

Мощность N_1 , расходуемая на передвижение машины, определяют, как указано выше.

Мощность (Вт) на привод вибробруса определяют по эмпирической формуле

$$N_{np.б} = kF, \quad (13.25)$$

где k – удельный расход энергии, Вт/м², $k = (1,0 \div 1,3) 10^3$; F – площадь вибробруса, м².

Мощность (Вт) привода трамбующего бруса расходуется на подъем бруса и преодоление сил сопротивлений трения в цапфах привода:

$$N_{np.б} = (m_{бр}ga + \pi Pd) \frac{n}{\eta_б}, \quad (13.26)$$

где $m_{бр}$ – масса бруса, кг; a – амплитуда колебаний бруса, м; f – коэффициент трения опор вибротала, $f = 0,005 \div 0,01$; P – возмущающая сила возбудителя бруса, Н; d – диаметр цапф возбудителя, м; n – частота колебаний бруса, об/с; $\eta_б$ – КПД привода бруса.

Суммарная сила сопротивления поперечным колебаниям

$$F_7 = (F_4 + m_аg) \mu_{p.o.} \quad (13.27)$$

Мощность (Вт), необходимая для работы бруса с поперечными колебаниями:

$$N_{6,n} = 4aF_7 n_{кол} k4 / \eta_б, \quad (13.28)$$

где a – амплитуда поперечных колебаний, м, $a = 0,4 \div 0,7$; $n_{кол}$ – число поперечных колебаний, 1/с; $\eta_б$ – КПД привода бруса.

Общая мощность (Вт) двигателя бетоноотделочной машины с учетом мощности привода вспомогательных механизмов системы управления

$$N_{\Sigma} = \sum N + N_а + N_n, \quad (13.29)$$

где $\sum N = N_1 + N_{np.а} + N_{6,n}$; $N_а$ – мощность привода вспомогательных механизмов, $N_а = (3 \div 5) 10^3$ Вт; N_n – мощность привода гидросистемы управления, $N_n = (5 \div 7) 10^3$ Вт.

Производительность (м/ч) бетоноотделочной машины зависит от числа проходов, необходимых для отделки покрытия:

$$P = \frac{3600 \text{ } l k_n}{l_o / v_1 + n l_1 / v_2 + n l_o / v_{mp}}, \quad (13.30)$$

где l – длина обрабатываемого участка, м; l_o – длина пути одного хода, м, $l_o = l + l_n + l_p$ (l_n – длина перекрытия участка, $l_n = 1$ м; l_p – расстояние между первым и последним рабочими органами); v_1 – скорость машины при первом проходе, м/с; n – число повторных проходов; v_2 – скорость машины при последующих проходах, м/с; v_{mp} – транспортная скорость заднего хода, м/с.

Минимальная ширина бруса из условия равномерного уплотнения слоя по всей глубине должна быть больше или равна толщине слоя h , т. е. – $b_{\min} \geq h$.

Длина основания вибробруса определяется шириной укладываемой полосы. Поступательную скорость машины выбирают исходя из условия обеспечения минимально необходимого времени вибрирования:

$$v = b / t_{\min}, \quad (13.31)$$

где b – выбранная ширина вибробруса, м; t_{\min} – минимально необходимое время вибрирования смеси, с.

Для уплотнения пластичных бетонов время вибрирования должно быть не менее 15 с, жестких бетонных смесей – 15–30. При вибрации от нескольких вибрэлементов синхронность их работы обеспечивают применением жесткой кинематической связи между отдельными вибрэлементами.

13.2. Машины для постройки асфальтобетонных покрытий

13.2.1. Конструкции машин для постройки асфальтобетонных покрытий

Распределение, укладка и частичное или полное уплотнение асфальтобетонных смесей осуществляются асфальтоукладчиками. Укладчики разделяют по производительности, конструкции ходового устройства и рабочих органов (рис. 13.5). По производительности асфальтоукладчики бывают тяжелого и легкого типов. Тяжелые асфальтоукладчики производительностью 100–400 т/ч и более имеют массу 10–30 т. Они предназначены для выполнения больших объемов работ при ширине полосы до 15 м. Вместимость приемного бункера тяжелых асфальтоукладчиков может

достигать 10 м^3 . Они работают с автосамосвалами грузоподъемностью 25 т. Легкие асфальтоукладчики, производительностью 50–100 т/ч и массой 2,5–8 т предназначены для выполнения небольших объемов работ.

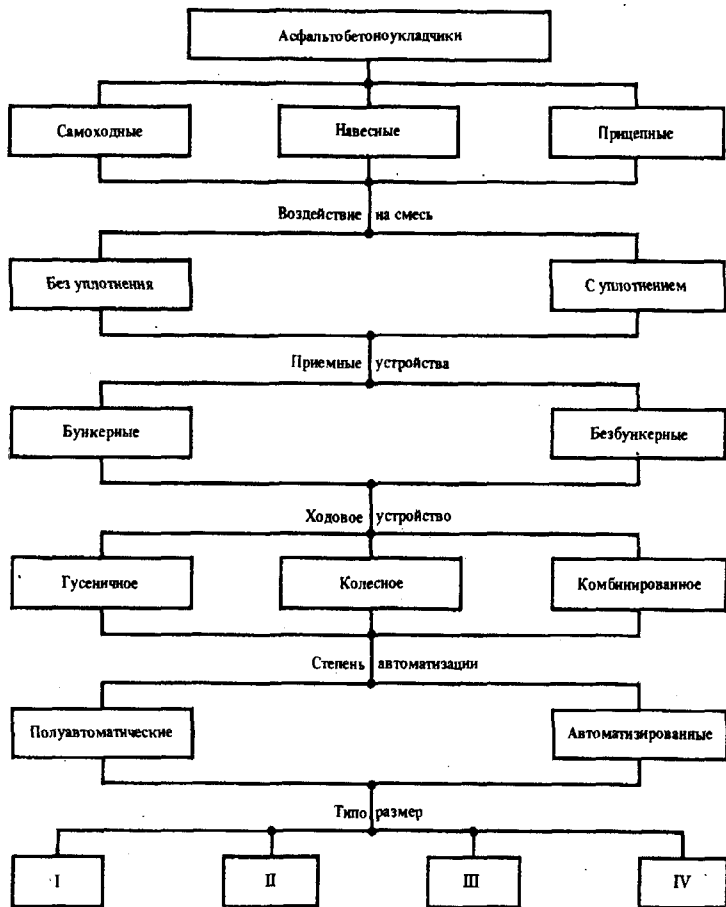


Рис. 13.5. Классификация машин для укладки асфальтобетонных смесей. Ширина \times толщина укладки (по типоразмерам):
 I – $3000 \times 100 \text{ мм}$; II – $6000 \times 200 \text{ мм}$; III – $8000 \times 300 \text{ мм}$;
 IV – $12000 \times 300 \text{ мм}$ и более.

Для строительства дорог местного значения, городских улиц и площадей созданы автоматизированные гусеничные асфальтоукладчики с переменной шириной укладки.

Асфальтоукладчики выполняют следующие операции: прием асфальтобетонной смеси в бункер из автосамосвалов на ходу, без остановки машины, транспортирование смеси к уплотняющим органам, дозирование, распределение смеси по ширине укладываемого покрытия и предварительное или окончательное уплотнение смеси.

Современные асфальтоукладчики имеют в качестве силовых установок дизельные двигатели. Ходовое устройство (рис. 13.6) включает в себя задний мост с одной парой ведущих пневматических колес и передний мост на управляемых колесах.

Колеса имеют постоянный контакт с грунтом благодаря качающейся оси впереди и равномерному распределению нагрузки на ось. Хорошему сцеплению с основанием способствует заполнение ведущих колес водой. При плохом состоянии основания и малом сцеплении включается блокировка дифференциала. Траки укладчиков с гусеничным ходовым устройством покрыты резиновыми плитами, обеспечивающими хорошее сцепление с грунтом. Машина может передвигаться по свежееужоженному дорожному покрытию.

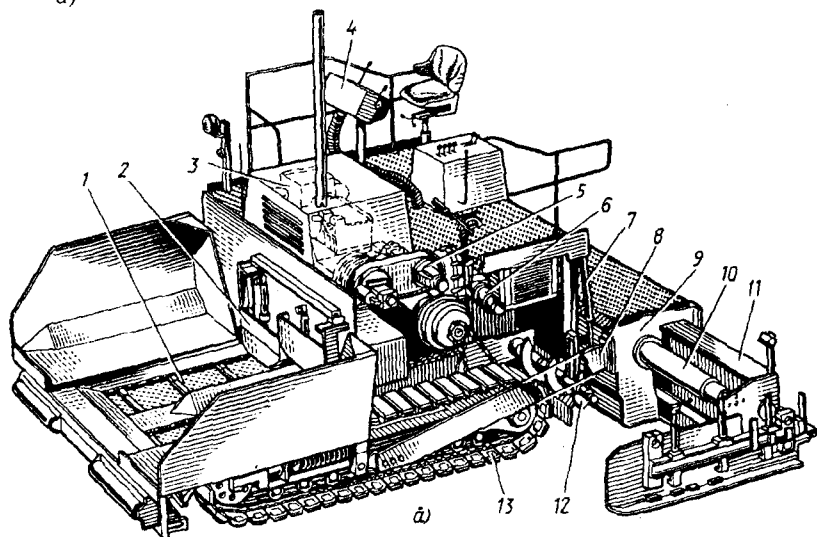
Гидравлическая система служит для привода вибраторов уплотняющих рабочих органов, управления гидромуфтами и включения гидроцилиндров подъема боковых стенок бункера и рабочих органов, а также для управления гидроцилиндрами автоматики. Рабочие органы состоят из обогреваемой виброплиты и трамбуемого бруса с отражательным щитом. Они имеют плавающую подвеску и с помощью тяговых брусьев шарнирно прикреплены к раме асфальтоукладчика. Контроль за количеством смеси в шнековой камере производится двумя датчиками, установленными у концов распределительных шнеков. По сигналам датчиков с помощью гидроцилиндров, работающих в автоматическом режиме, осуществляется подъем-опускание шиберных заслонок, соответственно увеличивающих или уменьшающих подачу питателей. Такое регулирование позволяет исключить переполнение шнековой камеры смесью и уменьшить налипание материала на элементы конструкции.

Автоматическая следящая система “Стабилослой” для обеспечения ровности покрытия работает по сигналам датчиков продольного и поперечного профиля. Асфальтоукладчиками управляет оператор с одного из двух постов, расположенных с левой и правой стороны машины. Они имеют дублированное ручное управление с гидромеханическими переда-

чами и поворотный пульт с кнопками включения исполнительных органов асфальтоукладчиков. Укладчики имеют высокую эксплуатационную готовность благодаря быстрому и простому уходу. Они имеют встроенное оборудование для централизованного автоматического смазывания всех подшипников, входящих в контакт с горячим материалом. Гусеничное ходовое устройство имеет элементы соединения с бессменным смазочным материалом. Уровень масла в коробке передач контролируется с рабочего места оператора. Все быстро изнашивающиеся детали: выглаживающие листы, листы конвейера и лопасти – закреплены винтами, что обеспечивает их быструю замену. В конструкциях укладчиков применено большое количество унифицированных, стандартизированных узлов и деталей.

Асфальтобетонная масса, доставляемая автосамосвалами, выгружается в приемный бункер укладчика, затем питателями подается к шнеку, распределяющему массу равномерно по всей ширине. После этого смесь частично или полностью уплотняется трамбующим брусом и выравнивается выглаживающей плитой. При необходимости окончательное уплотнение осуществляется моторными катками.

а)



б)

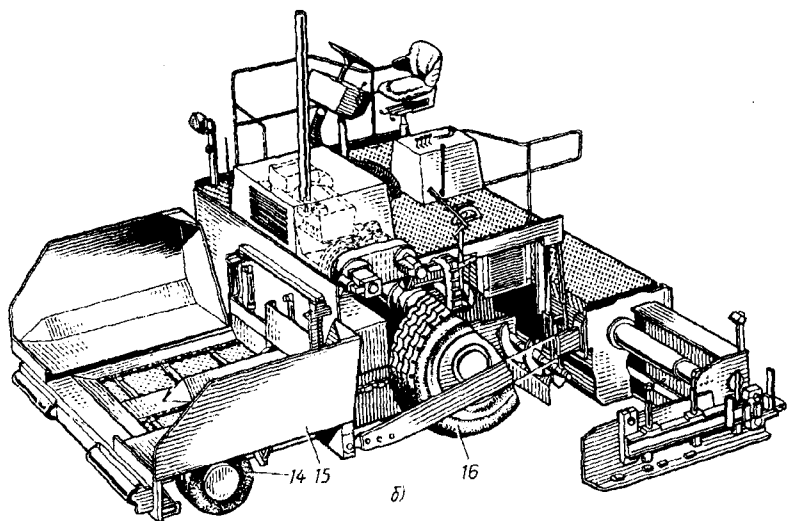


Рис. 13.6. Основные схемы асфальтоукладчиков с различными ходовыми устройствами: (а – гусеничным; б – колесным): 1 – два скребковых транспортера с гидроприводом и независимым управлением; 2 – шибберные заслонки с гидравлическим независимым управлением; 3 – двигатель с шумопоглощающим капотом; 4 – пульт управления; 5 – коробка передач с дифференциалом и тормозом; 6 – устройство для централизованного смазывания подшипников; 7 – гидроцилиндры подъема и опускания бруса; 8 – тяговый брус; 9 – основной вибротрамбующий брус с резонансными вибраторами и электронагревом выглаживающей плиты; 10 – телескопический гидроцилиндр выдвигания бруса; 11 – выдвигной брус; 12 – два шнековых распределителя с независимым гидроприводом; 13 – гусеничное ходовое устройство с резиновыми грунтозацепами и долговечной смазкой; 14 – передние управляемые колеса с плавающей осью; 15 – управляемые стенки бункера; 16 – ведущие колеса с пневматическими шинами, заполняемыми водой.

В качестве рабочего органа на самоходных асфальтоукладчиках применяют системы “брус – плита” двух типов – для предварительного и высокого уплотнения (рис. 13.7). В первом случае система состоит из трамбуемого бруса и выглаживающей плиты, во втором – включает в себя несколько уплотняющих элементов различного типа. По характеру колебаний различают системы с качающимся брусом, который колеблется в горизонтальной плоскости в направлении, перпендикулярном направлению движения асфальтоукладчика, и с трамбуемым брусом, который колеблется в вертикальной плоскости. Последний получил наибольшее распространение. Эксцентриковый вал трамбуемого бруса имеет гидропривод, обеспечивающий бесступенчатое регулирование частоты колебаний. Это позволяет подобрать наилучший режим при изменении условий работы (вида укладываемого материала, толщины слоя или скорости движения асфальтоукладчика). Асфальтоукладчики могут иметь распределительную и уплотняющую системы переменной ширины. Механизм изменения ширины гидравлический.

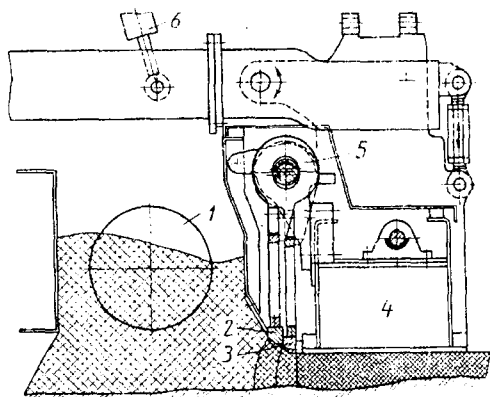


Рис. 13.7. Уплотняюще-выглаживающий рабочий орган высокого уплотнения асфальтоукладчика: 1 – распределительный шнек; 2 – трамбуемый брус предварительного уплотнения; 3 – основной трамбуемый брус; 4 – виброплита с синфазными вибраторами; 5 – привод трамбуемых брусьев; 6 – гидроцилиндр подъема и опускания бруса.

Машина для устройства асфальтобетонного покрытия, входящая в состав автоматизированного комплекта для скоростного строительства

дорог, предназначена для приема из автосамосвалов асфальтобетонных смесей, распределения по ширине и уплотнения с одновременной отделкой поверхности покрытия. Рабочее оборудование навесное к профилировщику на типовом четырехпорном гусеничном шасси.

Многоцелевые укладчики с оборудованием высокого уплотнения строительных смесей обеспечивают качественную укладку и высокое уплотнение уложенных как цементно-, так и асфальтобетонных смесей без существенной перестройки рабочих органов. Машины имеют объемный гидропривод. Это позволяет применять в различных вариантах: с обычным стандартным брусом, обеспечивающим только предварительное уплотнение, с гидравлически регулируемым выдвижным брусом и с брусом, обеспечивающим высокое уплотнение (рис. 13.8, а, б, в, г). Последний обеспечивает хорошую укладку и уплотнение как толстых, так и тонких слоев с цементным и с битумным вяжущим материалом, эффективно уплотняет жесткий, трудноперерабатываемый материал. Благодаря сокращению времени на уплотнение такой брус позволяет уплотнять тонкие асфальтобетонные слои в холодное время года.

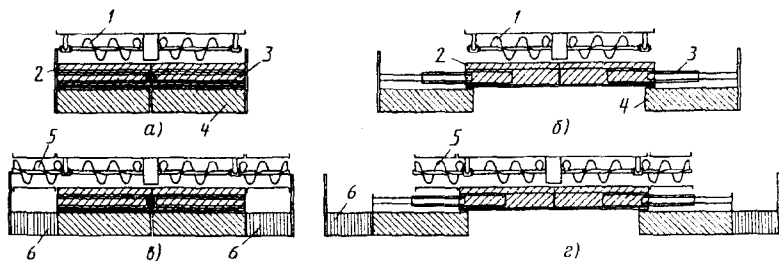


Рис. 13.8. Схема изменения ширины укладки при помощи гидравлической системы выдвижения брусьев: 1 – основные распределительные шнеки; 2 – основной вибротрамбующий брус; 3 – телескопические гидравлические цилиндры выдвижения секций; 4 – выдвижные вибротрамбующие секции; 5 – съемные участки шнеков; 6 – вибротрамбующие съемные части.

Для укладки цементобетонных смесей на асфальтоукладчике устанавливается скользящая опалубка. Кроме того, обязательна установка систем автоматического выдерживания заданных профилей покрытия. Дозирующие шибберные заслонки пластинчатого питателя

имеют независимое и бесступенчатое регулирование по высоте посредством гидроцилиндров.

Система выдвижения бруса состоит из двухступенчатой выдвижной телескопической трубы с устройством для фиксации от поворота. Нагрев уплотняющих элементов трамбуемого и вибрационного брусом в ряде случаев осуществляется электрическими нагревателями. Преимущество электронагрева заключается в равномерном распределении теплоты и исключении перегрева отдельных участков.

Брус высокого уплотнения является перспективным оборудованием. Он состоит из двух агрегатов для предварительного и дополнительного уплотнения. Агрегат предварительного уплотнения состоит из трамбовки и виброплиты. Планка трамбовки движется вниз и вверх посредством эксцентрикового привода. Длина хода трамбовки не зависит от степени плотности укладываемого материала, она постоянна и составляет 4 или 8 мм. В нижнем положении трамбовки нижние кромки ее планки и плоскость основания последующей вибрационного бруса находятся на одинаковом уровне. Частота ударов трамбовки регулируется бесступенчато до 1800 ударов в минуту. Вибрацию возбуждает импульсный гидравлический привод, бездействующий на упруго подвешенную массу внутри бруса. Под действием синфазных вибровозбудителей вертикального действия брус колеблется с частотой 68 Гц. Амплитуда колебаний массы возбуждения регулируется бесступенчато от 0 до 5 мм. Ширина выглаживающей плиты 300 мм.

Агрегаты дополнительного уплотнения следуют за агрегатом предварительного уплотнения и представляют собой расположенные друг за другом прессующие планки, обеспечивающие максимальное уплотнение, и второй вибрационный брус. Прессующие планки прижимаются поршнями цилиндров к покрытию. Они постоянно остаются в контакте с покрытием. Давление прессования планок не зависит от длины хода, как в трамбовках с эксцентриковым приводом, а определяется их опорными поверхностями и действующей силой. Нажимающие вниз поршни цилиндров передают силу в виде импульсов давления на прессующую планку. Импульсы давления генерируются посредством поворотного золотника. Частоту импульсов можно изменять от 35 до 70 Гц посредством изменения частоты вращения вала гидромотора, который связан с поворотным золотником. Сила их прижатия, воздействующая на две прессующие планки, больше собственного веса бруса.

Первая прессующая планка имеет малую опорную поверхность и тем самым высокое давление на покрытие. Следующая за ней вторая

прессующая планка имеет большую опорную поверхность, она стабилизирует достигнутый результат уплотнения. Давление регулируется независимо для обеих планок, от 5 до 15 МПа. При одинаковом давлении первая планка обеспечивает более высокое усилие прессования ввиду меньшей опорной поверхности. Две прессующие планки нагреваются электрическими стержнями так же, как и планки трамбовки.

Для выглаживания поверхности покрытия вслед за прессующими планками установлен второй вибрационный брус. Он отличается от первого более узкой выглаживающей поверхностью и имеет меньший вес. Уплотняющая сила бруса повышается синфазными вибровозбудителями вертикального действия. Второй брус свободно движется по высоте, он плавает на уплотненном покрытии. Согласованная работа каждого из элементов обеспечивает оптимальное уплотнение всех укладываемых слоев. Изменение толщины укладываемого слоя осуществляется изменением угла наклона к горизонту трамбовки и первого бруса с помощью гидроцилиндров. Ширина выглаживающей плиты бруса – 200 мм, нагрев плиты – электрический, через внутренние нагревательные стержни.

Асфальтоукладчики с многоцелевыми брусьями высокого уплотнения обеспечивают существенную экономию трудовых, энергетических и материальных ресурсов. Из технологического процесса в ряде случаев могут быть исключены уплотняющие катки. При уплотнении с помощью бруса высокого уплотнения исключено боковое вытеснение материала, происходящее обычно при укатке катками. Это экономит 4–6 % материала.

Многоцелевой брус обладает высокой чувствительностью к нарушению рецептуры уплотняемого материала. Это приводит к необходимости предъявлять высокие требования к точности дозирования и качеству смеси. Необходимо также обеспечить брус надежным механизмом для регулирования и настройки режимов работы каждого из уплотняющих элементов в зависимости от изменения свойств уплотняемого материала. Целесообразно обеспечить такую перестройку автоматически в процессе работы без остановки машины.

13.2.2. Расчет основных параметров рабочих органов машины для строительства асфальтобетонных покрытий.

Исходными параметрами для расчета являются: ширина и толщина укладываемого слоя покрытия, необходимый темп производства работ, параметры, характеризующие свойства укладываемого материала. Расчет предусматривает: определение технической производительности и

параметров отдельных рабочих органов, выполнение тягового расчета в рабочем и транспортных режимах, определение кинематических параметров гидросистемы и мощности. Затем выполняют расчет на прочность и надежность.

Производительность (т/ч) пластинчатого питателя

$$P = Fv\rho_0k_1k_y, \quad (13.32)$$

где F – площадь сечения материала, ограниченная высотой подъема заслонки, м²; v – скорость движения скребковой цепи питателя, $v = 0,5 \div 0,6$ м/с; ρ_0 – насыпная плотность укладываемой смеси, $\rho_0 = 1,8$ т/м³; k_1 – скоростной коэффициент производительности, $k_1 = 0,8$; k_y – коэффициент уплотнения смеси, $k_y = 1,05$.

Площадь (м²) сечения материала определяют исходя из заданной производительности:

$$F = P / (v\rho_0k_1k_y). \quad (13.33)$$

При заданной ширине питателя определяют высоту поднятия заслонки (м):

$$h_s = F / B_n, \quad (13.34)$$

где B_n – ширина питателя.

Производительность (т/ч) распределяющего шнека

$$P_{ш} = 3600D_{ш}^2t_{ш}n\rho_0k_nk_s, \quad (13.35)$$

где $D_{ш}$ – диаметр шнека, $D_{ш} = 0,2 \div 0,4$ м; $t_{ш}$ – шаг шнека, $t_{ш} \approx D_{ш}$; n – частота вращения шнека, $n = 70 \div 80$ с⁻¹; k_n – коэффициент снижения производительности вследствие проскальзывания и прессования материала, $k_n = 0,9$; k_s – коэффициент заполнения сечения, $k_s = 0,7$.

Производительность (т/ч) укладчика непрерывного действия

$$P_y = B_c h_c v_y \rho_x k_s, \quad (13.36)$$

где B_c – ширина слоя, м; h_c – толщина укладываемого слоя, м; v_y – рабочая скорость укладчика, м/ч; ρ_x – насыпная плотность уплотненного материала, т/м³; k_s – коэффициент использования рабочего времени, $k_s = 0,8$.

Возможную ширину укладки (м) определяют, задаваясь рабочей скоростью и толщиной укладки:

$$B_c = P_y / (h_c v_y \rho_x k_s). \quad (13.37)$$

Тяговый расчет выполняют для установления развиваемого приводом асфальтоукладчика тягового усилия, необходимого и достаточного для преодоления сил сопротивлений, возникающих при работе машины:

$$T > \Sigma W_c, \text{ где } \Sigma W_c = W_1 + W_2 + W_3 + W_4. \quad (13.38)$$

Суммарная сила сопротивления передвижению складывается из сил сопротивлений: передвижению самого асфальтоукладчика W_1 ; трению рабочих органов по укладываемой смеси W_2 ; перемещению перед рабочими органами асфальтоукладчика призмы смеси W_3 и перемещению от толкания самосвала W_4 .

Сила сопротивления передвижению асфальтоукладчика в рабочем режиме определена выше.

Сила сопротивления трению рабочих органов по укладываемой смеси

$$W_2 = G_{p.o} f_p, \quad (13.39)$$

где $G_{p.o}$ – сила тяжести рабочих органов и механизмов, воспринимаемая покрытием через выглаживающую плиту, Н; f_p – коэффициент трения скольжения рабочих органов по укладываемой смеси.

Сила сопротивления перемещению призмы смеси перед рабочими органами укладчика

$$W_3 = G_{np} \mu_{np}, \quad (13.40)$$

где G_{np} – вес призмы смеси, Н; μ_{np} – коэффициент внутреннего трения укладываемой смеси, $\mu_{np} = 0,8$.

Вес призмы (кН)

$$G_{np} = \frac{1}{3} B_c H_{np}^2 \rho_0 g, \quad (13.41)$$

где H_{np} – высота призмы, м.

Сила сопротивления передвижению при толкании самосвала

$$W_4 = (G_a + G_{аб})(f_k \pm i), \quad (13.42)$$

где G_a – вес заправленного самосвала, Н; $G_{аб}$ – вес смеси в кузове в момент начала выгрузки, Н; f_k – коэффициент сопротивления перекатыванию колес самосвала, $f_k = 0,02 \div 0,03$.

Так как коэффициент сопротивления перекатыванию колес с жесткими шинами по щебеночному основанию может быть выше и действительный вес самосвала может превысить конструктивный, принимают $f_k = 0,06$. Принимают также, что максимальный угол продольного уклона

дороги при работе на рабочих режимах равен 6° , при транспортных переездах — 10° . Коэффициент сопротивления перекачиванию колес машины в этом случае $f_k = 0,03$.

Суммарное тяговое усилие по сцеплению

$$\Sigma W_{c\kappa} \leq P_{c\kappa} \varphi_{c\kappa}, \quad (13.43)$$

где $P_{c\kappa}$ — нагрузка, приходящаяся на ведущий мост в рабочем режиме на различных уклонах, Н; $\varphi_{c\kappa}$ — коэффициент сцепления ведущих колес с основанием, для щебеночного или асфальтобетонного основания $\varphi_{c\kappa} = 0,3 \div 0,5$.

Общая мощность складывается из мощности, необходимой на привод питателей N_1 , шнека N_2 , трамбующих брусьев N_3 , вибрационных плит N_4 .

$$\Sigma N_i = n_1 N_1 + n_2 N_2 + n_3 N_3 + n_4 N_4, \quad (13.44)$$

где n_1, n_2, n_3, n_4 — число соответственно питателей, шнеков, трамбующих брусьев, вибрационных плит.

Мощность привода питателей (кВт)

$$N_1 = W v k_d / 1000, \quad (13.45)$$

где W — сила сопротивления перемещению смеси и цепей со скребками, Н; v — скорость движения цепи, м/с, $v = 0,5 \div 0,6$ м/с; k_d — коэффициент динамичности, принимают $k_d = 1,2 \div 1,3$.

Сила сопротивления перемещению

$$W = b h_3 L \omega \rho_0 g, \quad (13.46)$$

где b — ширина питателей, м; h_3 — высота щели под заслонкой, м; L — длина питателя, м; ω — коэффициент сопротивления транспортированию, принимают $\omega = 0,2 \div 0,3$.

Мощность привода распределяющих шнеков (кВт)

$$N_2 = \alpha \Pi L \omega_1 g K_3 / 1000, \quad (13.47)$$

где α — коэффициент, учитывающий расход смеси, $\alpha = 0,6$; Π — производительность шнеков, кг/с; L — максимальный путь перемещения смеси, м; ω_1 — коэффициент, характеризующий свойства смеси, $\omega_1 = 5$; в формулу введен коэффициент запаса $K_3 = 1,5$, учитывающий возможный подпор смеси под действием питателя.

Мощность привода трамбующего бруса расходуется на преодоление сил трения об асфальтобетонную смесь и выглаживающую плиту, а так-

же на преодоление сил сопротивления среды при ее уплотнении подшоной трамбуемого бруса.

Сила трения (Н) трамбуемого бруса об асфальтобетонную смесь при его возвратно-поступательном движении

$$F_{\text{трамб}} = W_{\text{пр}} f_1, \quad (13.48)$$

где $W_{\text{пр}}$ – сила сопротивления перемещению призмы смеси перед брусом без учета влияния части смеси, увлекаемой отражательным щитом, Н; f_1 – коэффициент трения бруса по смеси, $f_1 = 0,5 \div 0,6$.

Сила сопротивления перемещению призмы смеси (Н)

$$W_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} \mu_{\text{пр}}, \quad (13.49)$$

где $G_{\text{пр}}$ – вес призмы смеси, Н; $\mu_{\text{пр}}$ – коэффициент внутреннего трения укладываемой смеси, $\mu_{\text{пр}} = 0,7 \div 0,8$.

Вес смеси, находящейся перед брусом (кН):

$$G_{\text{пр}} = bh_{\text{пр}} L_{\text{пр}} \rho_0 n \quad (13.50)$$

где $h_{\text{пр}}$ – высота призмы, м; $L_{\text{пр}}$ – длина призмы, м.

Сила трения о выглаживающую плиту (Н)

$$F_{\text{пр}} = (S_{\text{пр}} + W_{\text{пр}}) f_{\text{бр}}, \quad (13.51)$$

где $S_{\text{пр}}$ – усилие поджатия пружины, Н; $f_{\text{бр}}$ – коэффициент трения трамбуемого бруса о плиту, $f_{\text{бр}} = 0,2 \div 0,3$.

Суммарное сопротивление трению (Н)

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{трамб}} + F_{\text{пл}}. \quad (13.52)$$

Работа суммарной силы трения за один оборот вала привода

$$A = 4eF_{\text{тр}}, \quad (13.53)$$

где e – эксцентриситет вала привода трамбуемого бруса, $e = 0,005 \div 0,007$ м.

Удельное сопротивление смеси при движении бруса вниз при малой его ширине принимают постоянным, что равно давлению под кромкой выглаживающей плиты $p = 0,01$ МПа. Суммарная сила воздействия бруса на смесь при его движении вниз (Н)

$$P = p_f F_{\text{бр}}, \quad (13.54)$$

где $F_{\text{бр}}$ – площадь контакта трамбуемого бруса со смесью, м^2 , $F_{\text{бр}} = bd$ (d – ширина кромки борта бруса, $d = 0,015$ м).

Смесь частично уплотняется скосом плиты, поэтому ширину рабочей кромки принимают равной толщине ножа $d = t$.

Работа уплотнения смеси (Нм) за один оборот вала привода

$$A_{yn} = 4eP. \quad (13.55)$$

Суммарная работа (Нм)

$$A = A_{mp} + A_{yn}. \quad (13.56)$$

Мощность, расходуемая на работу трамбующего бруса (кВт):

$$N_3 = \beta n_{бр} / 1000, \quad (13.57)$$

где β — коэффициент, учитывающий неравномерность нагрузки за счет инерции бруса, $\beta = 1,3 \div 1,4$; $n_{бр}$ — частота вращения вала привода бруса, $n_{бр} = 25 \div 35$ об/с.

Мощность привода виброплиты и вибробруса (кВт) определяют по эмпирической формуле

$$N_4 = k_{y\partial} F_{в.пл}. \quad (13.58)$$

где $k_{y\partial}$ — эмпирический коэффициент, $k_{y\partial} = 1,2 \div 1,6$ кВт/м²; $F_{в.пл}$ — площадь контакта виброплиты с асфальтобетоном, $F_{в.пл} = l_{пл} b_{пл}$ ($l_{пл}$ — длина плиты, м; $b_{пл}$ — ширина плиты, м).

Глава 14. МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ

14.1. Общие сведения об уплотнении дорожно-строительных материалов

К числу материалов, которые подлежат уплотнению при устройстве дорожных оснований, относятся пески, песчано-гравийные смеси и щебень. Все эти материалы являются несвязными, состоящими из отдельных частиц, крупность которых находится в пределах от 0,05 до 2 мм у песков и от 2 до 60–80 мм у гравийных смесей и щебня. При уплотнении происходит сближение частиц и их взаимная заклинка. Уплотнению препятствуют развивающиеся на контактах частиц силы трения, а также наличие сцепления на этих контактах. Благодаря тому что таких контактов множество и силы сопротивления взаимному смещению частиц различны, при действии нагрузки такие смещения не происходят во всех местах одновременно, а устанавливается какая-то их очередность. При этом в первую очередь смещения происходят там, где сопротивления минимальны. После возрастания нагрузки смещения появляются в новых местах. Такой характер деформации создает впечатление наличия между частицами вязких связей, хотя на самом деле они отсутствуют. Поэтому уплотнения слоев этих материалов не происходит за однократное приложение циклической нагрузки. Для завершения процесса нагрузка должна прикладываться многократно.

Для дорожных покрытий применяются асфальтобетонные смеси, битумоминеральные смеси и цементобетон. Наличие такого вяжущего материала, как битум, коренным образом изменяет свойства щебня и гравия, являющихся в составе асфальтобетона и битумоминеральных смесей тем скелетом, который воспринимает нагрузки.

Наличие битума приводит к образованию между частицами минерального материала достаточно прочных и вместе с тем вязких связей. Поэтому эти материалы относятся к упруго-вязко-пластичным и для своего уплотнения требуют многократного приложения циклических нагрузок. Свойства асфальтобетонных и битумоминеральных смесей в сильной степени зависят от температуры. Обычно укладка и уплотнение горячих смесей происходит при температуре 60°–110°. Укладка теплых смесей, приготовленных на менее вязких и жидких битумах, производится при более низких температурах. По мере уплотнения ввиду падения температуры смесей вязкость повышается на

несколько порядков, и поэтому особенно важно еще до более значительного охлаждения смеси успеть уплотнить ее до требуемой плотности. В противном случае уплотнение вообще становится невозможным. При выборе параметров машин, служащих для уплотнения этих материалов, особенно важно иметь в виду быстрое возрастание сопротивлений смесей внешним нагрузкам, которое происходит не только ввиду сближения отдельных частиц и образования более плотной структуры, но и из-за непрерывного охлаждения смеси.

Применяемые при устройстве дорожных покрытий цементобетоны могут иметь разную жесткость. Следовательно, связи между частицами будут разной прочности. Однако все цементобетоны при встряхивании или вибрации обладают ярко выраженными тиксотропными свойствами. В результате таких воздействий связи между частицами этих бетонов полностью разрушаются и сами бетоны по своим свойствам приближаются к тяжелой жидкости. Поэтому для уплотнения цементобетонов вибрационный метод становится не только пригодным, но и единственным технически целесообразным и экономически выгодным.

В настоящее время ввиду высоких скоростей движения автотранспорта предъявляются повышенные требования к ровности поверхности дорожных покрытий. Эта ровность в значительной мере зависит от качества уплотнения покрытия. Следовательно, машины для уплотнения должны отвечать определенным требованиям. Они в первую очередь касаются интенсивности воздействия рабочих органов машин на слой уплотняемого материала. При излишне высоких удельных давлениях на поверхностях контактов рабочих органов с материалом будет иметь место его пластическое течение (выдавливание) из-под рабочих органов, что при укатке влечет за собой еще и волнообразование, значительно ухудшающее ровность поверхности. Следует отметить, что все дорожностроительные материалы укладываются и уплотняются слоями, толщины которых иногда весьма незначительны. Поэтому развивающиеся под рабочими органами напряжения не локализируются внутри слоя, а передаются на его основание, которое может быть слабым. В этих случаях излишне интенсивные воздействия повлекут за собой неровности уже не только поверхности уплотняемого слоя, но и его основания, что значительно ухудшит качество работы. Вместе с тем при незначительных удельных давлениях не будет достигнута требуемая плотность уплотняемого слоя. Отсюда можно сделать вывод, что при уплотнении дорожных оснований и покрытий давления под рабочими органами машин должны быть оптимальными. Ввиду того что сопротивляемость материалов в процессе их

уплотнения возрастает, должны также возрастать и удельные давления. Поэтому еще даже в большей степени, чем в случае грунтов, становится актуальным предварительное уплотнение материалов более легкими средствами.

Уплотнение дорожных оснований и покрытий может осуществляться укаткой и вибрационными методами. Применяемые для этого средства механизации могут быть разделены на катки и вибрационные машины. Катки устраивают только самоходными. Они могут быть с гладкими вальцами и на пневматических шинах. На некоторых гладких катках один из вальцов при помощи специального механизма вводится в состояние колебательных движений. Такие катки называются *вибрационными* в отличие от обычных, называемых *катками статического действия*. Последнее название условно, так как при работе этих катков на поверхности уплотняемых материалов развиваются циклические нагрузки с высокой скоростью изменения напряженного состояния. Поэтому, строго говоря, эти катки никак нельзя назвать статическими.

Вибрационные машины применяются главным образом для уплотнения покрытий, устраиваемых из цементобетонных смесей. Часто вибрационными агрегатами снабжают машины, которые служат не только для уплотнения, но и для выравнивания бетонной поверхности, а иногда и для распределения бетона.

Катки на пневматических шинах для уплотнения асфальтобетонных и черных смесей стали применять недавно. В отличие от катков с гладкими вальцами эти катки не дробят щебень и поэтому могут уплотнять смеси, составленные из слабых каменных материалов. Кроме того, при движении пневмокотков уплотняемый материал получает более равномерное обжатие, поэтому склонность его к волнообразованию меньше, чем при катках с гладкими вальцами, что допускает более высокие скорости движения. Особенно эффективны эти катки при уплотнении асфальтобетонных смесей с высоким содержанием щебня.

Катки на пневматических шинах с успехом применяют также при уплотнении щебеночных и гравийных дорожных оснований. Песчаные основания могут быть уплотнены этими катками при пониженных давлениях в шинах.

При движении катков поверхность уплотняемого материала подвергается воздействию циклических нагрузок. Асфальтобетонные смеси укладываются тонким слоем (4–8 см), поэтому при перекачивании валец катка деформирует не только сам слой, но и его основание. Значит при расчете развивающихся на поверхности контакта напряжений сле-

дует принимать какой-то эквивалентный модуль деформации, который меньше модуля основания и несколько больше модуля горячего асфальтобетона. Эквивалентный модуль деформации в начале уплотнения равен 20–25 МПа, а в конце – 50–80 МПа.

Выше отмечалось, что для получения ровного и плотного дорожного покрытия удельные давления на поверхности не должны превышать допускаемых пределов. Эти пределы для катков с гладкими жесткими вальцами даны в табл. 14.1.

Таблица 14.1.
Допустимые значения удельных давлений в МПа
при укатке слоев различных материалов

Вид уплотняемого материала	В начале уплотнения	В конце уплотнения
Щебеночное основание	0,6–0,7	3,0–4,5
Гравийное основание	0,4–0,6	2,5–3,0
Асфальтобетон горячий	0,4–0,5	3,0–3,5
Грунт, укрепленный цементом	0,3–0,5	4,0–5,0
Грунт, укрепленный битумом	0,3–0,4	1,0–1,5

При уплотнении дорожных оснований и покрытий катками на пневматических шинах давление в них в начале укатки устанавливается равным 0,2–0,3 МПа, а в конце – 0,55–0,6 МПа.

По мере уплотнения слоя материала его сопротивляемость внешней нагрузке постепенно повышается, а следовательно, снижается с каждым проходом глубина погружения вальца катка. Это, с одной стороны, ведет к непрерывному повышению развивающегося на поверхности контакта максимального напряжения, а с другой – снижает глубину активной зоны. Последняя определяется минимальным поперечным размером поверхности контакта вальца с уплотняемым материалом. Таким минимальным размером является полухорда, стягивающая ту часть окружности вальца, которая погружена в материал. Величина этой полухорды уменьшается по мере уплотнения. Оптимальную толщину уплотняемого слоя следует выбирать по глубине активной зоны. Здесь в связи с большой жесткостью уплотняемых материалов оптимальные толщины слоев меньше, чем при уплотнении грунтов. В зависимости от удельного линейного давления они могут ориентировочно определяться по табл. 14.2.

Оптимальные толщины укатываемых слоев в см

Удельное линейное давление $H/см$	Щебень и гравий	Битумощебеночные и битумогравийные смеси	Асфальтобетон
200–400	8–12	6–7	4–5
410–600	12–15	8–10	5–6
610–800	15–20	10–21	6–8

14.2. Катки с жесткими вальцами и пневмокатки

По величине удельного линейного давления катки разделяются на:

- легкие – с удельным давлением менее $400 H/см$, массой $5 т$ и двигателем мощностью до $20 кВт$;
- средние – с удельным линейным давлением $400–600 H/см$, массой $6–10 т$ и двигателем мощностью $20–30 кВт$;
- тяжелые – с удельным линейным давлением свыше $600 H/см$, массой более $10 т$ и двигателем мощностью свыше $30 кВт$.

Легкие катки применяются для предварительной подкатки оснований и покрытий, а также для уплотнения тонкослойного песчаного асфальтобетона на тротуарах, велосипедных дорожках и т. п. Средние служат для промежуточного уплотнения оснований и покрытий, а также для окончательного уплотнения усовершенствованных покрытий облегченного типа. Тяжелые – для окончательного уплотнения гравийных и щебеночных оснований и асфальтобетонных покрытий.

По числу и расположению вальцов катки разделяются на: одновальцовые (рис. 14.1, а), одновальцовые с поддерживающими вальцами (рис. 14.1, б) или колесами (рис. 14.1, в); двухвальцовые с одним (рис. 14.1, г) или двумя ведущими вальцами; трехвальцовые двухосные (рис. 14.1, д); трехвальцовые двухосные с дополнительным вальцом малого диаметра (рис. 14.1, е); трехвальцовые трехосные с одним (рис. 14.1, ж) или тремя (рис. 14.1, з) ведущими вальцами.

Одновальцовые катки относятся к легкому типу. При отсутствии поддерживающих вальцов или колес двигатель и трансмиссия расположены внутри вальца, а рычаги управления вынесены на рукоятку дышла, при помощи которого вручную производятся повороты катка. Поддерживающие вальцы или колеса делают управляемыми; при их помощи и производятся повороты катка.

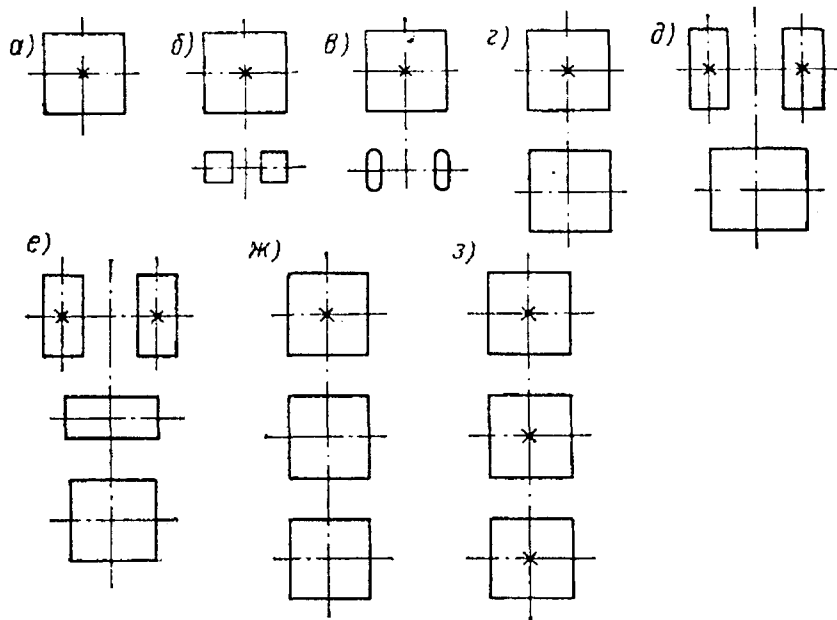


Рис. 14.1. Схемы расположения валцов катков в плане.

Двухвалцовые катки (тандем) имеют валцы одинаковой ширины и бывают легкого, среднего и тяжелого типов. Наиболее совершенным является каток с двумя ведущими валцами. В этом случае ведущие валцы иногда выполняются несколько большего диаметра, чем ведомый. Один из валцов при помощи специального механизма может поворачиваться вокруг вертикальной оси, чем достигаются повороты катка. В связи с поворотами ширина валцов не может быть выбрана излишне большой иначе на поверхности покрытия появятся дефекты, и обычно ограничивается 1300 мм. Катки этого типа удобны в эксплуатации и поэтому получили большое распространение.

Трехвалцовые двухосные катки выполняются среднего и тяжелого типов. Задние ведущие валцы имеют диаметр примерно в 1,5 раза больший, чем передний, и через них передается $2/3$ всса катка. Поэтому удельное линейное давление здесь в 2 раза большее, чем под передним валцом. Уплотнение материала производится в основном задними валцами, а воздействие переднего, который является направляющим, в рас-

чет не принимается. Задняя ось снабжена дифференциалом, что позволяет легко проходить по кривым малого радиуса без повреждения уплотняемого покрытия. Ширина переднего вальца делается такой, чтобы при движении катка его след перекрывался задними. Каток имеет хорошую поперечную устойчивость, и кроме того, такое расположение вальцов способствует удачной компоновке отдельных агрегатов, благодаря чему доступ к ним облегчается. Недостатком катков этого типа является большая сложность в организации работы. Здесь при максимальном количестве проходов весьма трудно обеспечить необходимую и одинаковую плотность слоя по всей ширине дорожного основания или покрытия; обычно количество проходов здесь больше, чем при катках типа тандем. Поэтому эти катки постепенно вытесняются катками типа тандем.

Кроме того, существуют катки с дополнительным вальцом малого диаметра для повышения ровности поверхности дорожного покрытия. При наезде этого вальца на неровность она заглаживается ввиду передачи через валец значительной части веса катка. В случае необходимости этот валец может быть поднят и выключен из работы. По соображениям компоновки он не может быть выбран достаточно большого диаметра, вследствие чего постановка его часто не достигает цели. Поэтому этот тип катка не нашел распространения.

Трехвальцовые трехосные катки имеют вальцы одинаковой ширины и выполняются тяжелого и, реже, среднего типов. Наиболее совершенным является каток со всеми ведущими вальцами. Здесь качество работы является наиболее высоким, и поэтому они находят все большее применение.

Катки относятся к числу самых старых и вместе с тем широко распространенных дорожно-строительных машин. Многолетний опыт их эксплуатации позволил выработать технико-эксплуатационные требования к их конструкции:

- 1) они должны обеспечивать получение необходимой плотности и ровности поверхности;
- 2) должны быть приспособлены к перевозке на трейлерах;
- 3) необходимо иметь возможность регулировать вес катка;
- 4) оператор должен иметь хороший обзор при движении как вперед, так и назад;
- 5) частота вращения двигателя должна регулироваться во всех режимах работы, а сам двигатель должен быть приспособлен к работе при большой запыленности воздуха и температуре до $+50^{\circ}\text{C}$;

6) необходимо предусмотреть одинаковое количество скоростей движения катка как вперед, так и назад;

7) необходимо иметь возможность торможения катка с выключенным двигателем на уклоне $i = 0,25$;

8) каток должен быть поворотлив; трогание с места, остановка и реверсирование движения должны быть плавными;

9) усилие на рычагах управления не должно быть более 60 Н.

Поверхность вальцов катков, предназначенных для уплотнения асфальтобетона, должна быть высокого качества и во избежание налипания на них асфальтобетонной массы смазываться смесью мазута с керосином или с нефтью. Конусность вальцов и разность в их диаметрах допускается не более 3 мм.

Общая конструктивная схема катка и примерная компоновка его агрегатов видны из рис. 14.2. Передний направляющий валец 1 обычно делают сдвоенным, что облегчает его поворот в горизонтальной плоскости. На задние вальцы 6 обычно приходится несколько большая нагрузка, чем на передний, поэтому они имеют больший диаметр. Для очистки вальцов от налипшего материала служат скребки 2 и 5. Вальцы могут быть литыми из стали либо чугуна либо сварными. По своей конструкции они могут быть цельными или разборными. Для повышения веса катка к дискам разборных вальцов обычно прибалчивают литые чугунные секторы. Передний валец обычно имеет возможность наклоняться в вертикальной плоскости на угол до $30-35^\circ$, что достигается введением в конструкцию крепления вальца к раме катка 12 охватывающей вилки, которую шарнирно (при помощи пальца) соединяют со шкворнем 3. Это позволяет наезжать одной стороной вальца на неровности покрытия.

В качестве двигателя 4 обычно служит дизель, ось которого перпендикулярна или параллельна оси катка. Поперечное расположение двигателя характерно для двухосных двухвальцовых катков.

Трансмиссии катков выполняются механическими или гидромеханическими. Последние могут быть гидростатическими и с турботрансформаторами. Наличие турботрансформатора обеспечивает плавное реверсирование движения, что способствует получению ровной поверхности и постоянству режима работы двигателя. Кроме того, здесь облегчается управление и сокращается число ступеней в коробке передач 8.

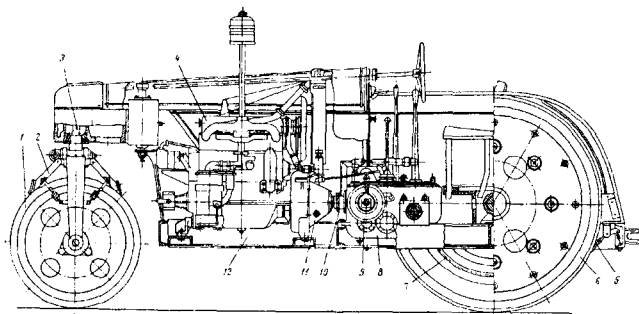


Рис. 14.2. Трехвальцовый двухосный каток.

Двигатель обычно снабжают муфтой сцепления 11, что облегчает его запуск, особенно при холодной погоде. Все катки имеют коробку передач 8, реверсивный механизм 9 и бортовые передачи 7. На катках, где двигатель имеет муфту сцепления, реверсивный механизм может устанавливаться как перед коробкой передач, так и за ней. При отсутствии муфты сцепления реверсивный механизм устанавливается перед коробкой. Вообще реверсивный механизм предпочтительнее размещать за коробкой передач, так как в этом случае трансмиссия лучше защищена от перегрузок.

Реверсивный механизм обычно снабжается двумя фрикционными дисковыми муфтами и состоит из конических или цилиндрических шестерен. Управление происходит одним рычагом, причем имеются три положения: нейтральное и включение правой или левой муфты.

Бортовая передача предназначена для передачи крутящего момента на ведущие вальцы катка. Наибольшее распространение получили передачи с цилиндрическими шестернями. Крутящий момент от двигателя к коробке передач передается муфтой 10.

Рулевое управление служит для поворотов катка. Для осуществления поворота приводится во вращение шкворень. В результате связанный с этим шкворнем валец поворачивается в горизонтальной плоскости. Привод рулевого управления может быть ручным, механизированным и гидравлическим. При ручном и механизированном передача вращательного движения шкворню от штурвала или привода осуществляется через червячную пару. Иногда в кинематическую цепь дополнительно включается еще коническая пара. При гидравлическом приводе шкво-

рень через пасаженный на него рычаг соединяется со штоком гидравлического цилиндра. Выбор привода рулевого механизма зависит от сил, развивающихся при повороте переднего вальца. Если эти силы настолько велики, что, несмотря на постановку механизма с большим передаточным отношением, необходимое усилие на штурвале все же превышает допустимый предел (50–80 Н), то рулевое управление требуется механизировать.

Силы, действующие на ведомый и ведущий вальцы катка, показаны на рис. 14.3. Воздействие на уплотняемый материал ведомого и ведущего вальцов различно.

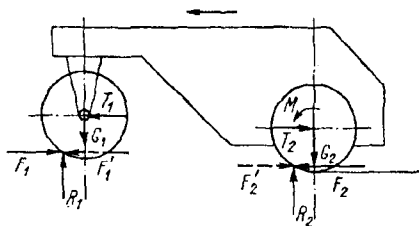


Рис. 14.3. Силы, действующие на ведомый и ведущий вальцы катка.

На поверхность материала со стороны ведомого вальца действуют вертикальная нагрузка и вес вальца G_1 , а также передаваемое рамой толкающее усилие T_1 . Эти силы вызывают реакцию грунта, которая может быть разложена на вертикальную R_1 и горизонтальную F_1 составляющие. Очевидно, что

$$G_1 = R_1 \text{ и } T_1 = F_1. \quad (14.1)$$

Реактивная сила F_1 действует на валец со стороны материала. Следовательно, со стороны вальца будет действовать какая-то равная ей и направленная в противоположную сторону сила F_1' , которая будет сдвигать материал, т. е. способствовать волнообразованию. Поэтому ведомый валец не может обеспечить хорошую ровность поверхности.

На ведущий валец действует вертикальная нагрузка и вес вальца G_2 , крутящий момент M , а также реакция со стороны рамы катка T_2 . Здесь, как и в предыдущих случаях, реакция грунта может быть разложена на вертикальную R_2 и горизонтальную F_2 составляющие. Причем

$$G_2 = R_2 \text{ и } T_2 = F_2. \quad (14.2)$$

Уплотнение материала происходит под воздействием вертикальных сил G_1 и G_2 . Ведущий валец отличается от ведомого тем, что здесь

горизонтальная составляющая силы, действующей со стороны вальца на уплотняемый материал (F_2), направлена в сторону, обратную движению катка, т. е. воздействует на уже хорошо сопротивляющийся сдвигу уплотненный материал. Поэтому волнообразование перед ведущим вальцом практически отсутствует. Таким образом, высокая ровность поверхности будет соответствовать ведущему вальцу катка, а не ведомому. Ввиду этого в настоящее время стремятся к исключению из конструкции катков ведомых вальцов. Практика применения катков без ведомых вальцов показывает, что им соответствует высокая ровность поверхности, в несколько раз превышающая ту, которая имеет место при укатке катками с ведомыми вальцами.

На ровность поверхности оказывает также влияние число вальцов катка, расстояние между ними, их диаметр, а также распределение веса между вальцами. Самая высокая ровность поверхности соответствует трехвальцовым каткам типа тандем, т. е. каткам с последовательным расположением вальцов, особенно если все они являются ведущими. Такие катки обычно называют катками безволновой укатки. Если в конструкции имеются ведомые вальцы, то для повышения ровности покрытия нагрузка на них должна быть меньше, чем на ведущие. Ровность повышается при росте базы катка, т. е. при увеличении расстояния между осями вальцов, однако при чрезмерно большой базе ввиду повышения радиуса поворота ухудшается маневренность катка.

На рис. 14.4 показано процентное перераспределение веса между вальцами трехвальцового катка при наезде на неровности. Как видно из приведенной схемы, при наезде на неровность нагрузка на валец повышается, что особенно относится к среднему вальцу. Повышение давления способствует устранению этой неровности.

Выше, при рассмотрении процессов укатки грунта, было показано, что вальцы должны выбираться возможно большего диаметра. Это правило относится также и к укатке дорожных покрытий. Чем больше диаметр вальцов, тем большей может быть выбрана толщина уплотняемого слоя материала и тем меньше глубина колеи, что уменьшает сопротивление движению, а следовательно, и волнообразование. Это правило должно особенно распространяться на катки, предназначенные для уплотнения щебеночных и гравийных материалов, где толщина уплотняемого слоя — значительна. Верхний предел диаметра вальца ограничен конструктивными соображениями.

Во избежание волнообразования первые проходы по еще рыхлому материалу должны производиться на малой скорости (2,0–2,5 км/ч), а

последующие (для повышения производительности) – на более высокой (4–12 км/ч). Такой скоростной режим особенно должен выдерживаться при уплотнении асфальтобетона.

При перемене направления движения образуется неровность, поэтому к устройству реверсов катков, предназначенных для уплотнения асфальтобетона, предъявляются повышенные требования. Реверсивные механизмы должны обеспечивать быстрое, но плавное изменение направления движения катка. Для улучшения ровности поверхности повышают скорости укатки до 8–12 км/ч. Это позволяет удлинить одновременно обрабатываемые участки и тем самым снизить число реверсирований.

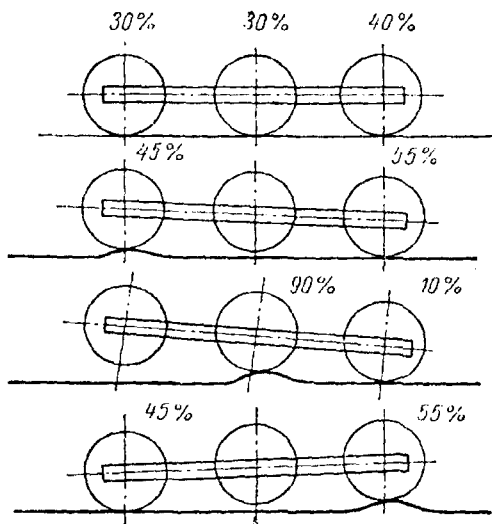


Рис. 14.4. Схема перераспределения веса трехвальцового катка при наезде на неровности.

Обычно коробкой передач предусматриваются 3 скорости движения катков. При этом по рекомендации В.Н. Анисимова для более полного использования мощности двигателя скорость движения на первой передаче должна составлять 25–35% от скорости на последней передаче.

Катки, кроме предназначенных только для уплотнения асфальтобетона, должны быть рассчитаны на укатку того материала, который требует затраты наибольшего тягового усилия. Таким материалом является

рыхлый щебень. При этом общее сопротивление движению может быть найдено как

$$W = -W_1 + W_2 + W_3, \quad (14.3)$$

где W_1 – сопротивление передвижению катка как тележки с учетом преодоления уклонов,

$$W_1 = G_m (f+i), \quad (14.4)$$

где G_m – вес машины;

f – коэффициент сопротивления;

i – уклон дороги;

W_2 – сопротивление от преодоления сил инерции при трогании с места,

$$W_2 = \frac{G_m}{g} \cdot \frac{dV}{dt}, \quad (14.5)$$

где dV – изменение скорости за время dt ;

W_3 – дополнительное сопротивление, развиваемое при движении катка на криволинейных участках.

Величина W_3 находится по формуле:

$$W_3 = k_1 G_1, \quad (14.6)$$

где G_1 – вес катка, приходящийся на направляющие вальцы, в κH ; k_1 – опытный коэффициент сопротивления, в случае рыхлого щебня $k_1 = 0,3$; для плотной поверхности $k_1 = 0,2$.

В некоторых случаях на катке устанавливается кирковщик, который служит для рыхления старого щебеночного либо гравийного основания или покрытия. Здесь возникает добавочное сопротивление

$$W_4 = n F k_o, \quad (14.7)$$

где n – число кирок; F – лобовая площадь одной кирки; k_o – удельное сопротивление киркованию; $k_o = 15-25 \text{ Н/см}^2$.

Необходимая сила тяги катка должна быть

$$T \geq W. \quad (14.8)$$

Необходимо проверить возможность ее реализации по условиям сцепления:

$$T > G_{сц} \varphi_{сц}, \quad (14.9)$$

где $G_{сц}$ – сцепной вес катка, равный весу, приходящемуся на ведущие вальцы; $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления, $\varphi_{сц} = 0,5-0,6$.

При уплотнении слоя любого материала коэффициент сопротивления движению катка от прохода к проходу непрерывно снижается, а затем стабилизируется. Стабилизация коэффициента указывает на то, что деформация слоя материала стала постоянной. Следовательно, стабилизация указывает на бесполезность дальнейшего процесса укатки. На этом принципе основаны приборы для определения момента окончания укатки. Такой прибор показывает, когда дальнейшая укатка становится неэффективной, но он никак не определяет достаточности уплотнения. Она может быть установлена лишь непосредственным определением плотности материала и сравнением ее с требуемой величиной. Если плотность окажется недостаточной, то окончательное уплотнение материала следует произвести уже более тяжелым катком.

Производительность самоходных катков может быть найдена по формуле:

$$n = \frac{1000(B-a)v_{ср}}{n}, \quad (14.10)$$

где B – ширина укатываемой полосы в м; a – величина перекрытия следа предыдущего прохода, $a = 0,20-0,25$ м; $V_{ср}$ – средняя скорость движения катка в км/ч; n – необходимое число проходов катка; при уплотнении асфальтобетона $n = 25-30$, а при уплотнении щебеночных оснований и покрытий $n = 40-60$.

Средняя скорость должна определяться с учетом реверсирования, на которое затрачивается 1–2 с.

Рабочими органами катков на пневматических шинах являются колеса, оборудованные шинами с гладким протектором. Для уплотнения оснований и покрытий применяются только самоходные катки, которые обычно устраиваются двухосными. Каждая ось катка несет на себе от 4 до 7 колес. Зазоры между колесами должны быть минимальными и не превышать $0,5B$, где B – ширина профиля колеса. Общая масса таких катков обычно находится в пределах от 15 до 35 т. Вес может меняться в зависимости от балласта катка.

Скорости движения катков обычно изменяются в пределах от 3 до 25 км/ч. Расположение колес на осях принимается таким, чтобы при одном проходе катка без пропусков перекрыть всю укатываемую полосу. Для этого продольные оси колес передней и задней оси в плане несколько сдвинуты относительно друг друга, так что колеса второй оси

движутся по полосам, которые оказываются в промежутках между колесами первой.

Современные катки позволяют на ходу изменять давление в шинах. Для этого они оборудованы системой централизованной подкачки шин, управление которой производится из кабины оператора. Давление в шинах меняется в пределах от 0,25–0,3 до 0,55–0,6 МПа. Возможность изменения давления в шинах делает каток универсальным в смысле использования его на уплотнении различных материалов и, главное, позволяет в процессе уплотнения постепенно повышать удельное давление на поверхности, тем самым создавая условия для получения плотного, прочного и ровного дорожного покрытия.

Передняя ось катка обычно устраивается управляемой, а задняя несет на себе ведущие колеса. Часто ведущими являются не все колеса задней оси, а всего лишь два. Большое значение имеет подвеска колес. Если колеса закреплены на осях так, что их смещения друг относительно друга оказываются невозможными, то при наезде одного колеса даже на незначительное препятствие колесо будет перегружено. В этих случаях шины обычно не выдерживают такой перегрузки и выходят из строя. Поэтому подвеска отдельных колес должна быть независимой. Это требование осуществляется различными способами. Заслуживает внимания применение гидравлической системы подвески, которая обеспечивает постоянный контакт всех колес катка с поверхностью.

14.3. Вибрационные машины для уплотнения дорожных покрытий

Для уплотнения дорожных покрытий в последнее время широко применяются находят вибрационные машины. К ним относятся виброкатки, поверхностные вибромашины, бетоноотделочные машины и глубинные вибраторы. Эти машины применяются при уплотнении цементобетонных и асфальтобетонных покрытий, щебеночных и гравийных оснований дорог, а также слоев грунта, укрепленного цементом.

Вибромашины могут быть самоходными, прицепными, навесными и переставляемыми. Прицепные и самоходные вибрационные катки применяются при уплотнении как асфальтобетонных покрытий, так и различного рода оснований дорог. Поверхностные вибромашины служат для уплотнения грунтов, щебеночных и гравийных оснований и покрытий дорог. Для уплотнения цементобетонных покрытий применяются специальные бетоноотделочные машины (финишеры). При толщине покры-

тий свыше 25 см для уплотнения бетонной смеси используются глубинные вибраторы.

Привод вибрационной машины осуществляется как от двигателей внутреннего сгорания, так и от электродвигателей. В настоящее время находит применение также комбинированный привод: дизель-электрический, дизель-гидравлический и электропневматический.

Для придания рабочему органу машины колебательных движений устанавливается специальный возбудитель колебаний – вибратор. Колебания от вибратора через рабочую плиту, валец или корпус передаются уплотняемой среде.

По принципу действия различают центробежные, инерционные и вибраторы ударного действия. В центробежных возмущающая сила создается за счет вращения неуравновешенных масс. Возмущающая сила инерционных вибраторов развивается в результате возвратно-поступательного движения масс. В вибраторах ударного типа возмущающая сила возникает при соударении подвижных масс.

Все механические вибраторы можно разделить на регулируемые и нерегулируемые, одночастотные и поличастотные, направленного и ненаправленного действия.

Основные принципиальные схемы дебалансов вибраторов показаны на рис. 14.5. Сечение неуравновешенных частей – дебалансов – чаще всего имеет форму кольцевого сектора, круга или прямоугольника. Оптимальная форма и размеры дебалансов выбираются из условия минимума веса дебаланса и его момента инерции при заданной величине возмущающей силы.

Возмущающая сила виброэлемента в каждый момент времени равна проекции на вертикальную ось той центробежной силы, которая развивается при вращении дебаланса, а амплитудное значение возмущающей силы P равно центробежной силе, т. е.

$$m = mzw^2 = \frac{G_d}{g} zw^2, \quad (14.11)$$

где G_d – вес дебаланса в κH , ω – угловая скорость вращения в c^{-1} , z – эксцентриситет, т. е. радиус вращения центра тяжести дебаланса, в $см$.

Для удобства расчетов из уравнения обычно выделяют величину

$$M_k = G_d z, \quad \kappa H / см, \quad (14.12)$$

которую условно называют кинетическим моментом дебаланса.

Кинетический момент секторного дебаланса (рис. 14.5, а) равен

$$M_k = \frac{2}{3} \delta b (R_2^3 - R_1^3) \sin \frac{\alpha}{2} g, \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (14.13)$$

где b – толщина дебаланса в см; R_2 – наружный радиус дебаланса в см; R_1 – внутренний радиус дебаланса в см; α – центральный угол сектора; δ – плотность материала дебаланса в кг/м³.

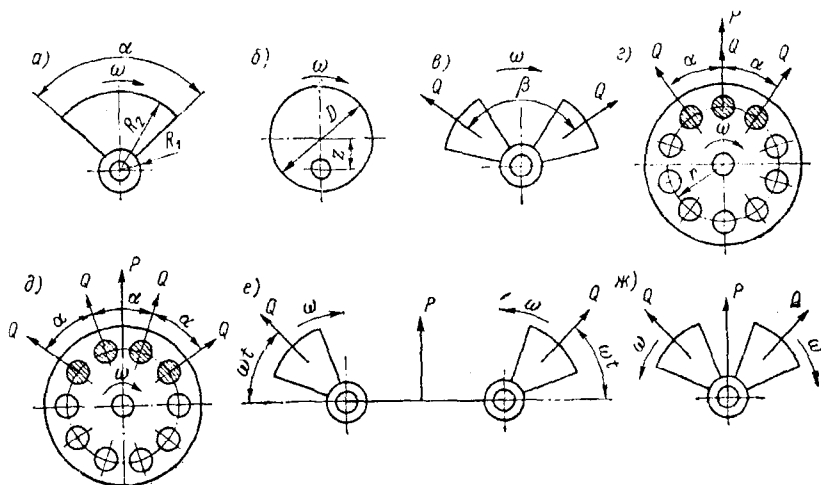


Рис. 14.5. Основные принципиальные схемы дебалансов вибраторов: а – секторный дебаланс; б – дебаланс в виде эксцентричного диска; в – виброэлемент с раздвижными дебалансами; г и д – регулируемые стержневые виброэлементы; е – схема двухвального вибратора направленного действия; ж – схема одновального вибратора направленного действия.

Для дебаланса, выполненного в виде эксцентрично установленного диска (рис. 14.5, б), кинетический момент равен:

$$M_k = \frac{\pi D^2}{4} \delta b z \cdot g, \text{ кН} \cdot \text{см}, \quad (14.14)$$

где D – диаметр диска в см; z – эксцентриситет ц. т. диска в см.

Кинетический момент вибратора, выполненного в виде уравновешенного диска с дебалансными массами, установленными с постоянным шагом (рис. 14.5, г и д), и равен геометрической сумме кинетических моментов отдельных дебалансных масс.

В вибраторах ненаправленного действия вектор центробежной силы Q вращается с угловой скоростью ω , тогда проекции этого вектора на оси координат x и y найдутся как

$$\begin{aligned} P_x &= Q \sin \omega t, \\ P_y &= Q \cos \omega t \end{aligned} \quad (14.15)$$

В регулируемых вибраторах величина центробежной силы при постоянной частоте вращения вала вибратора может регулироваться изменением эксцентриситета или веса дебаланса.

Для раздвижных дебалансов (рис. 14.5, в) суммарная возмущающая сила равна:

$$P = 2Q \cos \frac{\beta}{2} \quad (14.16)$$

где β – угол между осями дебалансов.

Различают регулируемые вибраторы с плавным и ступенчатым изменением центробежной силы. Наиболее совершенными являются регулируемые вибраторы с плавным изменением, осуществляемым на ходу машины.

В вибраторах направленного действия возмущающая сила имеет определенное направление и изменяет только свою величину. Направленные колебания можно получить установкой двух дебалансных валов, вращающихся в противоположные стороны с равной частотой вращения. При этом горизонтальные составляющие центробежных сил взаимно уравниваются (рис. 14.5, е). Вертикальные составляющие создают суммарную возмущающую силу, изменяющуюся по закону

$$P = 2Q \sin \omega t. \quad (14.17)$$

Одновальный вибратор направленного действия показан на рис. 14.5, ж. Здесь два дебаланса вращаются в противоположные стороны с одинаковой угловой скоростью. Суммарная возмущающая сила равна геометрической сумме вертикальных составляющих центробежных сил. По сравнению с двухвальными такие вибраторы более компактны и имеют меньшие габариты, однако они более сложны по конструкции.

В дебалансных вибраторах центробежная сила дебалансов полностью передается на подшипники вала. С целью разгрузки подшипников предложена конструкция бегункового вибратора (рис. 14.6, а). Здесь дебаланс 1, выполненный в виде цилиндрического ролика, катится по внутренней поверхности беговой дорожки 2. Движение к ролику от водила 3 передается через специальный поводок 4. Центробежная сила, возникаю-

шая при вращении водила, передается непосредственно на корпус вибр-элемента. Подшипники ролика нагружены только тем усилием, которое необходимо для преодоления сопротивления перекатыванию его по беговой дорожке.

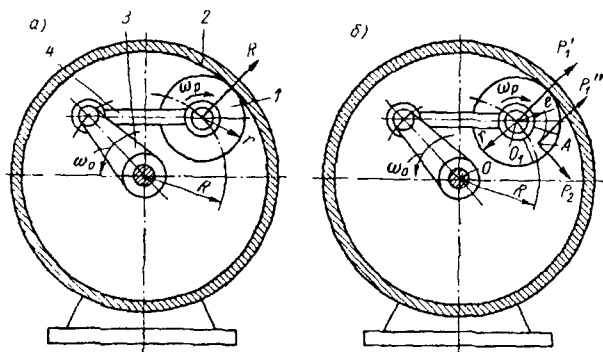


Рис. 14.6. Схемы бегунковых (поводковых) вибраторов: а – одночастотного; б – поличастотного.

В случае применения дебалансных роликов (рис. 14.6, б) возникают две центробежные силы различной частоты. Одна возмущающая сила развивается вследствие вращения ц. т. ролика относительно оси O , а вторая – ввиду вращения ролика относительно своей оси O_1 . Движение ролика в этом случае можно представить состоящим из поступательного вместе с центром ролика и вращательного относительно этого центра.

При поступательном движении центробежная сила P_1 изменяется с частотой вращения водила ω_0 . Ее амплитудное значение определяется из выражения

$$P_1 = P'_1 + P''_1 = (M + m) R \omega_0^2, \quad (14.18)$$

где P'_1 – составляющая центробежной силы от массы M , сосредоточенная в точке O_1 ; P''_1 – составляющая центробежной силы от массы m , приложенная в ц. т. дебаланса (в точке A); M – масса уравновешенной части ролика в кг, m – масса дебаланса ролика в кг; R – радиус центра ролика.

Вторая сила, изменяющаяся с частотой ω_p , возникает вследствие вращения неуравновешенного ролика вокруг своей оси:

$$P_2 = m e \omega_p^2, \quad (14.19)$$

где e – эксцентриситет дебалансной части ролика, ω_p – абсолютная угловая скорость вращения ролика в c^{-1} ,

$$\omega_p = \frac{R}{r} \omega_0, \quad (14.20)$$

При установке нескольких дебалансных роликов различного диаметра результирующая возмущающая сила равна геометрической сумме составляющих возмущающих сил. Большое значение при этом имеют начальные углы установки дебалансных роликов.

В существующих конструкциях поличастотных бегунковых (поводковых) вибраторов дебалансные ролики свободно перекатываются по беговой дорожке только за счет сил трения. Уменьшение сил трения при вибрации, чему способствует наличие масла в корпусе вибратора, силы инерции при пуске, а также противодействующий момент дебалансной части создают условия для проскальзывания ролика относительно беговой дорожки. Это вызывает уменьшение частоты вращения ролика и в некоторых случаях – его остановку. Наличие скольжения изменяет характер результирующей возмущающей силы, делает ее переменной и не позволяет иметь стабильный режим вибрации. Параметры бегунковых поличастотных вибраторов необходимо выбирать с учетом отсутствия отрыва и скольжения ролика. При заданных параметрах необходимо создавать условия, при которых коэффициент трения ролика по беговой дорожке корпуса вибратора будет больше минимального.

В ряде вибромашин широко распространено применение выдвигаемых дебалансов. Последние рекомендуются для вибромашин, подвергающихся частому включению, особенно тех, где приводом служит двигатель внутреннего сгорания. При этом выдвигаемые дебалансы значительно уменьшают пусковой момент двигателя. Принципиальная схема их устройства приведена на рис. 14.7.

Для возбуждения колебаний вибромашин применяются также планетарные бесподшипниковые одночастотные и поличастотные вибраторы. Принципиальные схемы их изображены на рис. 14.8. Различают вибраторы с наружной и внутренней обкаткой. В виброэлементе с наружной обкаткой (рис. 14.8, а) дебаланс, приводимый во вращение двигателем, обкатывается своей наружной поверхностью внутри втулки, закрепленной в корпусе вибратора. В вибраторах с внутренней обкаткой (рис. 14.8, б) пустотелый ролик обкатывается своей внутренней поверхностью вокруг стержня, укрепленного в корпусе виброэлемента.

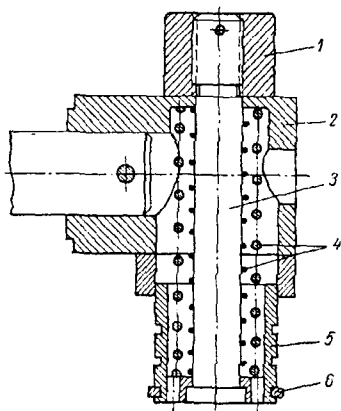


Рис. 14.7. Конструкция вибратора с выдвигным дебалансом:
 1 – выдвигной дебаланс; 2 – обойма; 3 – стержень, 4 – пружины;
 5 – втулка; 6 – регулировочное кольцо.

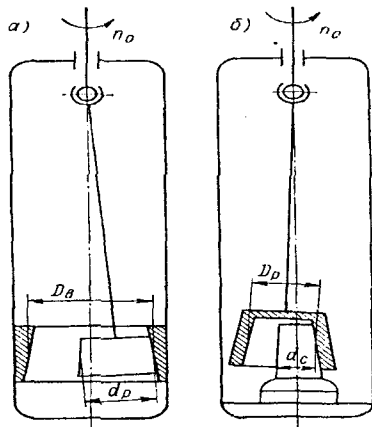


Рис. 14.8. Принципиальные схемы вибраторов планетарного типа:
 а – с наружной обкаткой; б – с внутренней обкаткой.

Наличие дебалансного ролика позволяет получить поличастотный режим вибрации. Низкая частота равна частоте вращения вала привода, высокая – частоте обкатываний бегунка. При заданной частоте вращения приводной штанги n_0 число обкатываний бегунка с внешней обкаткой равно:

$$n_1 = \frac{d_p}{D_{\%} - d_c} n_0, \quad (14.21)$$

– а при обкатке ролика вокруг центрального стержня (внутренняя обкатка)

$$n_2 = \frac{D_p}{D_p - d_c} n_0, \quad (14.22)$$

где d_p – наружный диаметр ролика в см, D_g – внутренний диаметр втулки в см, D_p – диаметр внутренней поверхности ролика в см, d_c – наружный диаметр стержня в см.

При малой разнице диаметров обкатываемых поверхностей высокая частота стремится к бесконечности. Сейчас уже достигнуты частоты до 300–350 Гц.

В некоторых вибрационных машинах находят применение виброударные механизмы. Во время работы вибромашины подвижная часть сообщает плите вибрационные колебания (через опорные пружины) и ударные импульсы (через шабот). Таким образом, виброударный механизм оказывает одновременно как ударное, так и вибрационное воздействие. Устойчивый режим работы имеет место в тех случаях, когда отношение числа оборотов виброэлемента к числу ударов представляет собой целое число. Устойчивость работы ударного механизма зависит от соотношения масс подвижной части и плиты, жесткости опорных пружин и начального зазора.

Ударный режим работы оказывает более интенсивное воздействие на уплотняемую среду и значительно повышает эффективность уплотнения дорожно-строительных материалов по сравнению с обычным вибрационным. Виброударные механизмы применяются в машинах для изготовления железобетонных изделий, в вибромолотах для погружения свай и шпунта, а также в ручном инструменте.

Кроме механических нашли распространение гидравлические, пневматические, электромагнитные и электродинамические вибраторы.

Все уплотняемые материалы представляют собой упруго-вязко-пластичные системы, свойства которых в настоящее время недостаточно изучены. Нет также и обоснованной теории деформирования таких сред.

Поэтому при выборе мощности двигателя, определении амплитуд колебаний и т. п. лучше всего руководствоваться опытными данными. Вместе с тем в настоящее время разработаны методы расчета, основанные на предположении, что уплотняемый материал обладает только упругим или только вязким сопротивлением, а иногда учитываются как упругие, так и вязкие свойства. Однако во всех случаях исходные зависимости упрощаются, так как иначе задача становится неразрешимой. Результатами решения таких задач можно пользоваться главным образом для относительного сопоставления различных вариантов при проектировании вибрационных машин.

Предполагая колебания гармоническими, а уплотняемую среду — абсолютно упругой и имеющей вязкое сопротивление, находят ту мощность двигателя, которая необходима для работы вибратора. Эта мощность расходуется на сообщение колебательного движения уплотняемой среде, а также на преодоление трения в подшипниках виброэлементов.

Мощность, необходимая для сообщения уплотняемому материалу колебательных движений при наличии вязкого сопротивления и направленных колебаний вибратора, в общем виде может быть определена по следующей формуле:

$$N_1 = \frac{a^2 \omega^2}{2 \cdot 10^2} = \frac{Pa\omega}{2 \cdot 10^2} \sin \varphi, \text{ кВт}, \quad (14.23)$$

где a — амплитуда колебаний вибромашины, ω — круговая частота колебаний, c — коэффициент вязкого сопротивления уплотняемой среды, P — амплитудное значение возмущающей силы вибратора, φ — угол сдвига фаз, который может быть определен из выражения:

$$\text{tg} \varphi = \frac{c\omega}{k - m\omega^2}, \quad (14.24)$$

где k — условная жесткость уплотняемого материала, m — масса вибромашины.

Коэффициент вязкого сопротивления зависит от площади рабочей плиты вибромашины.

Удельное сопротивление c_0 , т. е. сопротивление плиты, площадь которой равна 1 м^2 , по данным М. П. Зубанова равна: для асфальтобетонной смеси — 800 кН с/м^3 , для жесткой цементобетонной смеси — $400\text{--}600 \text{ кН с/м}^3$. Если площадь плиты равна F , то коэффициент вязкого сопротивления

$$c = c_0 F. \quad (14.25)$$

Для вибромашины с ненаправленными колебаниями, например для глубинного вибратора, необходимо суммировать мощность, расходуемую на колебания во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Мощность, расходуемая на преодоление сил трения в опорах, определится как

$$N_2 = \pi f P d n, \quad (14.26)$$

где d – диаметр вала подшипника, n – частота вращения вала, f – условный (приведенный к валу) коэффициент трения подшипников. При расчетах можно принять для всех типов подшипников качения $f = 0,005-0,010$.

Общая мощность привода виброэлемента

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (14.27)$$

где η – КПД трансмиссии привода.

При уплотнении гравийных, щебеночных и асфальтобетонных покрытий широкое применение нашли самоходные вибрационные катки. Виброкатки имеют меньшую металлоемкость и энергоемкость, большую маневренность и транспортабельность по сравнению с невибрационными катками и в то же время обеспечивают требуемую степень уплотнения и необходимую ровность покрытия.

Асфальтобетон, уплотненный виброкатками, при правильном подборе параметров катка и режимов вибрации имеет большую плотность и механическую прочность, а следовательно, меньшую водонасыщаемость, чем при уплотнении обычными катками. Важным является и то, что при виброуплотнении не происходит дробления скелетного материала, что позволяет использовать местные слабые горные породы.

Однако при уплотнении виброкатками верхнего слоя асфальтобетонного покрытия происходит выдавливание битума на поверхность, что недопустимо при устройстве шероховатых покрытий. Для самоходных катков наблюдается явление потери тяговой способности или управляемости, что налагает определенные ограничения на выбор параметров. Значительный шум, возникающий при работе катка, и передача вибраций окружающим сооружениям и коммуникациям ограничивают применение вибрационных катков в городских условиях и на промышленных площадках. Важную роль играет также амортизация механизмов катка и рабочего места оператора. Все эти причины ограничивают использование вибрационных катков.

Виброкатки для уплотнения дорожных покрытий выполняются самоходными одновальцовыми, двухвальцовыми и трехвальцовыми. В послед-

нем случае третий валец является дополнительным (прицепным или навесным). Наибольшее распространение получили двухвальные самоходные вибрационные катки. Вибрационным может быть как ведущий, так и управляемый валец. При наличии вибрации резко уменьшаются условные коэффициенты трения и сцепления вальца с уплотняемой смесью, что резко снижает определяемую по сцеплению силу тяги катка в тех случаях, когда вибровалец является ведущим. Если вибровалец ведомый, то это явление приводит к потере управления. Для ликвидации этих недостатков в некоторых случаях в качестве вибрационного применяется третий (навесной или прицепной) валец.

Самоходный вибрационный каток показан на рис. 14.9. Вибрационный каток отличается от обычного моторного наличием дебалансного вибратора ненаправленного действия, установленного в заднем приводе вальца, упругой подвески вибровальца и механизма привода вибратора, выполняемого обычно в виде клиноременной передачи.

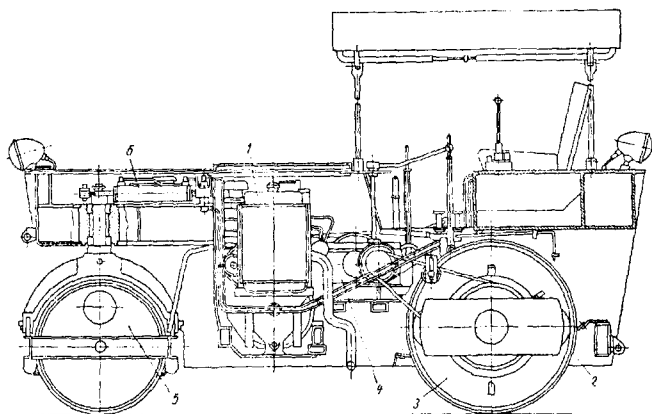


Рис. 14.9. Принципиальная схема вибрационного двухвального самоходного катка: 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – рама катка; 3 – вибровалец; 4 – механизм привода; 5 – управляемый валец; 6 – механизм управления.

В настоящее время теория уплотнения дорожных покрытий виброкатками еще не разработана, поэтому выбор основных параметров следует производить, исходя из опытных данных.

При проектировании катков следует обеспечивать возможность регулирования частоты колебаний и величины возмущающей силы в более или менее широких пределах. Это позволит применять каток для уплотнения различных материалов и каждый раз выбирать наиболее выгодный режим работы.

За последнее время имеет место тенденция к повышению частот колебаний. Для самоходных виброкатков рекомендуется частота 50–70 гц. Дальнейшее увеличение частоты ограничивается техническими возможностями создания надежной и долговечной конструкции вибратора катка.

Характер колебаний не оказывает существенного влияния на степень уплотнения. Поэтому в виброкатках, за редким исключением, используются вибраторы с круговыми колебаниями. Возмущающая сила выбирается в пределах

$$P = (4-6)G \quad (14.28)$$

где G – вес колеблющихся частей катка.

При таком соотношении между P и G амплитуда колебаний вальца самоходного катка находится в пределах 0,3–0,7 мм. Следует заметить, что при $a = 0,3-0,4$ мм вибровалец работает практически без отрыва от уплотняемой среды, а при большей амплитуде наблюдается отрыв катка и переход в режим вибротрамбования. При излишне больших амплитудах колебаний наблюдается потеря тяговой способности и боковой устойчивости.

Рекомендуемые рабочие скорости перемещения находятся в пределах 1,2–2,2 км/ч. В некоторых случаях рабочая скорость движения катка достигает 6 км/ч. При этом необходимое число проходов по одной полосе несколько повышается. Предварительная подкатка уплотняемого материала производится обычным катком или виброкатком с выключенным вибратором.

Выбор геометрических параметров, тяговый и прочностные расчеты, определение мощности и т. д. производятся теми же методами, что и для обычных прицепных и самоходных катков.

Глубинные вибраторы применяются для уплотнения бетонных смесей при строительстве дорожных и аэродромных покрытий повышенной толщины, а также при изготовлении железобетонных изделий и массивных бетонных строительных конструкций.

По частоте различают вибраторы нормальной (50 Гц) и повышенной (150–300 Гц) частоты.

В качестве привода используются асинхронные двигатели нормальной и повышенной частоты, портативные двигатели внутреннего сгора-

ния, пневматические и гидравлические двигатели. По передаче мощности от двигателя к вибромеханизму различают вибраторы со встроенным двигателем и вибраторы с гибким валом. По характеру перемещения глубинные вибраторы можно разделить на ручные и перемещаемые в пакетах с помощью кранов или других транспортных средств.

В странах СНГ производятся электромеханические и пневматические вибраторы. Конструкция электромеханического вибратора представлена на рис. 14.10, а. Внутри круглого корпуса на подшипниках качения установлен дебалансный вал. Привод вала осуществляется от асинхронного двигателя, вмонтированного в тот же самый корпус. Мощные подвесные глубинные вибраторы со встроенным двигателем имеют планетарный бесподшипниковый вибромеханизм с внутренней обкаткой.

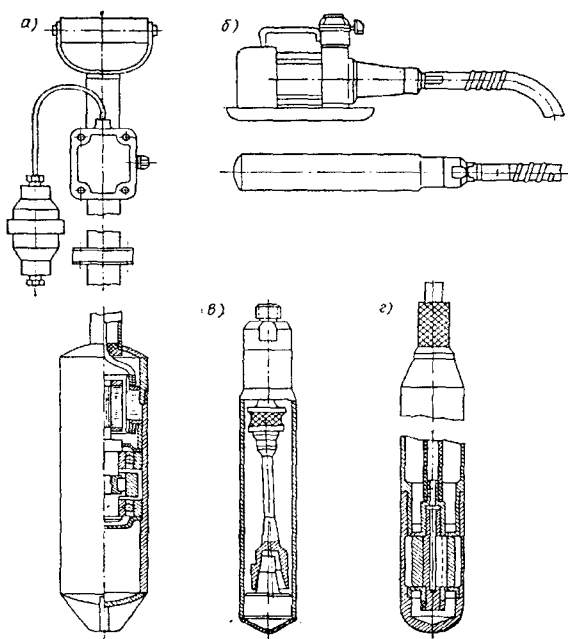


Рис. 14.10. Основные типы глубинных ручных вибраторов:
 а – электромеханический вибратор со встроенным двигателем;
 б – внешний вид вибратора с гибким валом; в – рабочий наконечник вибратора с гибким валом; г – пневматический планетарный вибратор с внутренней обкаткой.

Вибраторы с гибким валом (рис. 14.10, б) применяются при уплотнении бетонной смеси в густоармированных конструкциях. В этих вибраторах двигатель соединяется с вибромеханизмом гибким валом длиной около 3,6 м. В качестве возбудителя колебаний используются дебалансные и планетарные вибромеханизмы с внешней и внутренней обкаткой. Конструкция рабочей части (наконечника) с внутренней обкаткой приведена на рис. 14.10, в.

Планетарный пневматический вибратор показан на рис. 14.10, г. Он состоит из цилиндрического наконечника, внутри которого смонтирован планетарный возбудитель с внутренней обкаткой. Сжатый воздух поступает к двигателю по внутреннему шлангу. Изменением давления воздуха производится регулирование частоты колебаний. Применение дебалансного бегунка позволяет получать поличастотный режим вибрирования с частотой до 350 Гц.

Производительность глубинного вибратора можно определить по формуле:

$$n = \pi R^2 H \frac{3600}{t_1 + t_2} k_n k_g \quad (14.29)$$

где R – радиус действия вибратора; H – глубина уплотняемого слоя, равная высоте активной части корпуса вибратора; t_1 – время вибрирования на одном месте, $t_1 = 60-120$ с; t_2 – время перестановки вибратора; $t_2 = 5-10$ с; k_n – коэффициент перекрытия уплотняемой зоны, при перестановке вибратора в шахматном порядке $k_n = 0,82$; k_g – коэффициент использования вибратора по времени.

Радиус действия вибратора определяется опытным путем или на основе закона распространения кольцевых волн в среде с вязким сопротивлением.

При проектировании ручных глубинных вибраторов следует обратить внимание на размещение вибромеханизма в корпусе вибратора. Оно должно быть таким, чтобы обеспечивать равномерную амплитуду колебаний по длине виброэлемента. Вместе с тем рукоять вибратора не должна подвергаться колебательным движениям.

Глава 15. МАШИНЫ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

15.1. Машины для летнего содержания автомобильных дорог и покрытий аэродромов

15.1.1. Поливочно-мочечные машины

Поливочно-мочечные машины предназначены для поливки и мойки дорожных покрытий, поливки зеленых насаждений, тушения пожаров, подвоза воды и других специальных видов работ. В зимнее время поливочно-мочечные машины используют в качестве базовых для навески плужно-щеточного оборудования снегоочистителей.

По назначению поливочно-мочечные машины разделяют (рис. 15.1) на специализированные поливочные и мочечные и наиболее распространенные универсальные поливочно-мочечные. Поливочно-мочечные машины базируются на автомобильных шасси, а также на грузовых полуприцепах и прицепах. По типу насосной установки поливочно-мочечные машины можно разделить на машины с низким (до 1,0 МПа) и с высоким давлением воды (более 1,0 МПа). Повышенное давление воды при мойке дорожных покрытий позволяет уменьшить ее расход на единицу площади покрытия вследствие более высокой кинетической энергии водяных струй, однако требует дополнительных конструктивных мер, предупреждающих преждевременное дробление этих струй и их аэродинамическое торможение.

Поливочно-мочечные машины оборудованы сменными рабочими органами в виде щелевых поливочных и мочечных насадок. Поливочные насадки обычно устанавливают симметрично относительно продольной оси машины, повернутыми вверх под углом 15–20° и более к горизонту и разворачивают в стороны на угол 10°.

Мочечные насадки обычно устанавливают повернутыми вниз под углом 10–12° к горизонту (рис. 15.2) и несимметрично повернутыми вправо относительно продольной оси машины для перемещения смываемых загрязнений с проезжей части дороги в сторону дорожного лотка, откуда загрязнения удаляются с помощью подметально-уборочных машин. Поливочно-мочечные машины снабжают двумя передними или двумя передними и одной боковой мочечными насадками; последний вариант позволяет значительно увеличить ширину мойки дорожного покрытия.

Кроме того, к основным видам рабочих органов относится водяная мочечная рампа в виде горизонтальной трубы с форсунками, установленной под углом в плане, равным 70–80°, к продольной оси машины.

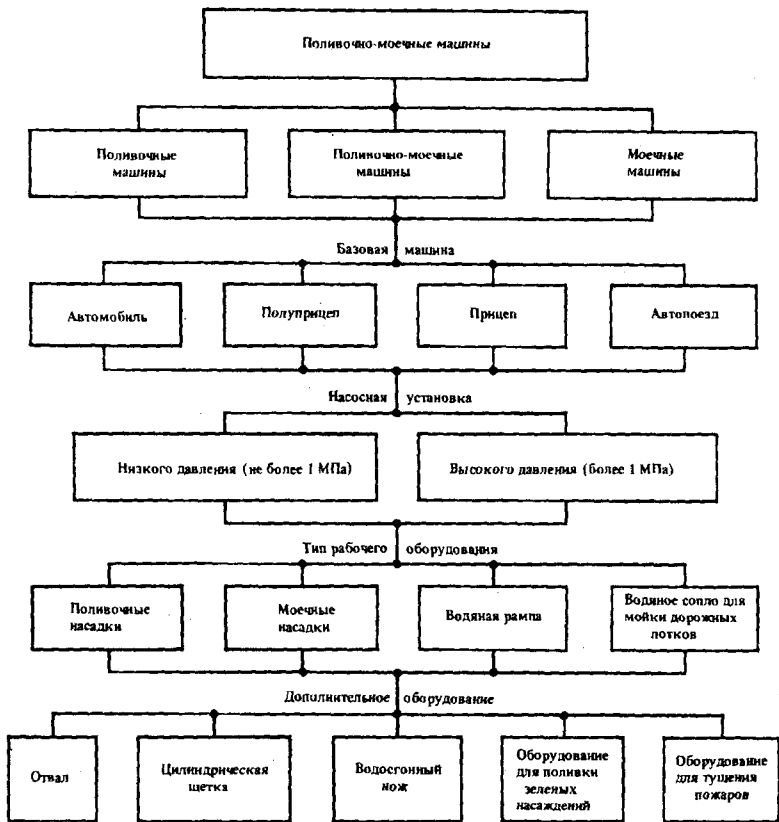


Рис. 15.1. Классификация поливочно-моечных машин.

Угол установки форсунок водяной раampa относительно горизонтального дорожного покрытия существенно больше, чем у моечных насадок, а длина моющих секторов меньше, что обеспечивает более высокую скорость водяных струй на линии встречи с дорожным покрытием и соответственно меньший расход воды на единицу площади его. Главный недостаток водяной раampa заключается в том, что ширина мойки обычно не превышает габаритной ширины машины, тогда как при использовании моечных насадок ширина мойки в 1,5–2,5 раза больше габаритной ширины машины и достигает 6–8 м.

В последнее время на поливочно-моечных машинах применяют принципиально новый вид рабочего органа – водяное сопло для мойки дорожных лотков. Оно позволяет создать при движении машины вдоль лотка перемещающийся водяной вал. Накапливающийся избыток воды с мусором периодически уходит в сточные колодцы ливневой канализации.

Дополнительное оборудование поливочно-моечных машин включает передний косоустановленный отвал снегоочистителя, цилиндрическую подметальную щетку со стальным или синтетическим ворсом. Некоторые зарубежные модели поливочно-моечных машин оборудованы водосгонным косоустановленным ножом, что улучшает качество очистки сильно загрязненных поверхностей и позволяет уменьшить удельный расход воды. Дополнительным также является оборудование для поливки зеленых насаждений и тушения пожаров. Рабочее оборудование поливочно-моечной машины содержит сварную цистерну с верхней горловиной и нижним центральным клапаном с механическим, гидравлическим и электрогидравлическим управлением из кабины водителя для перекрытия подачи воды к насосу. Центральный клапан оборудован сетчатым фильтром. Центробежный водяной насос с приводом от коробки отбора мощности устанавливают на раме автомобиля. Сечение трубопроводов должно обеспечивать скорость воды не менее 0,2–0,3 м/с при минимальных местных сопротивлениях. Поливочные и моечные насадки имеют шарнирное или конусное крепление для установки под необходимыми углами во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Расчет поливочно-моечной машины включает определение рациональных параметров процесса поливки и мойки дорожного покрытия и баланса мощности, расчеты водяной системы и гидрооборудования, цистерны, нагрузок на оси, тягово-динамические, устойчивости и управляемости машины, производительности и др. Главным параметром поливочно-моечной машины является вместимость цистерны.

При определении параметров процесса мойки дорожного покрытия необходимо, задаваясь параметрами насосной установки и водяной системы машины, найти эффективную ширину мойки B_m (рис. 15.2) или решить обратную задачу. Взаимодействие моющих секторов с дорожным покрытием происходит по прямой (реже ломаной) линии C_1D_2 , участок C_2D_1 , которой определяет необходимое минимальное перекрытие моющих секторов. Центральный угол каждого моющего сектора $\varphi = 50\text{--}60^\circ$ определяется рациональной конструкцией моющих насадок. Вдоль линии встречи C_1D_2 образуется водяной вал, который движется поступательно со скоростью, равной скорости машины, и одновременно смещается вдоль этой линии встречи

со скоростью $v = v_m \sin \beta$, где β – угол между линией встречи и перпендикуляром к направлению движения машины. Свободно лежащие на дороге загрязнения захватываются и уносятся водяным валом.

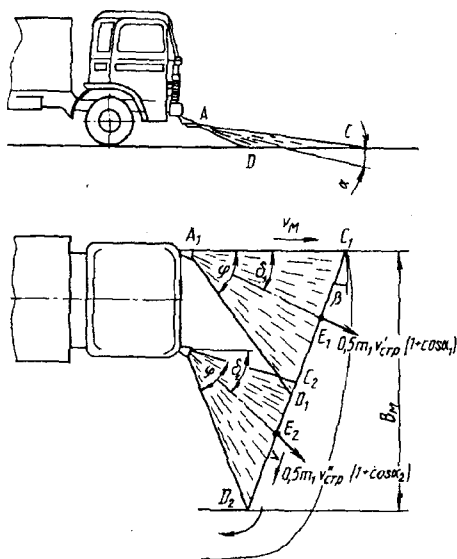


Рис. 15.2. Схема взаимодействия моечного оборудования с дорожным покрытием.

В установившемся режиме мойки равновесие линии встречи C_1D_2 определяется равенством количества движения насыщенного загрязнениями водяного вала в направлении векторов v_m и $v_m \sin \beta$ и проекций на эти направления результирующих количества движения моющих секторов, которые в наиболее простом случае направлены вдоль биссектрисы AE каждого моющего сектора и равны $0,5 m v_{cpr} (1 + \cos \alpha)$, где m – масса расходуемой воды через соответствующую насадку в течение промежутка времени t , $m = Qt$; α – угол наклона биссектрисы AE к горизонтали; v_{cpr} – скорость элементарной водяной струи моющего сектора в точке E .

Необходимо учитывать, что скорость v_{cpr} значительно меньше начальной скорости струи, м/с, в критическом сечении насадки:

$$v_0 = 100 \mu \sqrt{\frac{20 p g}{\rho_w}} \quad (15.1)$$

где μ – гидравлический коэффициент расхода, $\mu = 0,8-0,95$; p – давление воды на входе в насадок, МПа; g – ускорение свободного падения; ρ_w – плотность воды, $\rho_w = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Снижение скорости v_{cmp} обусловлено увеличением площади моющего сектора, перпендикулярной его биссектрисе AE , пропорционально удлинению этой биссектрисы. В направлении движения машины скорость v_{cmp} геометрически суммируется со скоростью $v_m = 3-6 \text{ м/с}$. Условие равновесия количества движения воды по линии встречи C_1D_2 , позволяет определить оптимальный угол поворота этой линии:

$$\beta = \arctg \frac{\sin \delta}{\cos \delta + v_m / v_{cmp}} \quad (15.2)$$

где δ – угол поворота биссектрисы моющего сектора относительно направления движения машины.

Зная угол β , можно определить ширину B_m мойки, а также объемный расход воды $q_{s,o}$ на единицу площади мойки, зависящий от удельной массовой загрязненности дорожного покрытия. При использовании моющих насадок, давлении $p = 0,3-0,4 \text{ МПа}$ и $q_c = 0,1 \text{ кг/м}^2$ обычно принимают $q_{s,o} \rho_s = 1 \text{ кг/м}^2$. Уменьшение количества движения моющих секторов по сравнению с оптимальным, равновесным значением, например, вследствие падения расхода Q или давления p , приводит к прорыву загрязненной воды из водяного вала под моющие секторы и резкому ухудшению качества мойки дорожного покрытия; увеличение данного количества движения обеспечивает рост объема водяного вала и переход системы в новое равновесное состояние с увеличенной шириной B_m мойки. Ограничениями в последнем случае являются устойчивость водяных струй при повышении давления p .

Гидравлический расчет водяной системы поливочно-моечной машины базируется на уравнении Бернулли:

$$p_w = p + \frac{10^{-5} \rho_w}{2g} \left[v^2 - v_w^2 + \sum_{i=1}^n v_i^2 \left(\xi_i + \lambda_i \frac{l_i}{d_i} \right) \right], \quad (15.3)$$

где p_w, p – давления воды соответственно на выходе из насоса и на входе в моечные или поливочные насадки, МПа; ρ_w – плотность воды, $\rho_w = 1000 \text{ кг/м}^3$; v_w, v – скорость водяного потока соответственно на выходе из насоса и в критическом сечении насадки, м/с; v_i – скорость водяно-

го потока в отдельном i -м участке трубопровода; ξ_i, λ_i – коэффициенты соответственно местных сопротивлений и скоростных потерь i -го участка; l_i, d_i – длина и диаметр i -го участка трубопровода.

Уравнение тягово-динамического баланса поливочно-моечной машины:

$$W \leq G_M K_p K_j \varphi_{сц} \leq \frac{97,4 N_{дв} \eta_{мпм}}{n_{дв} r_k}, \quad (15.4)$$

где W – сопротивление движению машины, Н; G_M – вес машины с полной цистерной, Н; K_p – коэффициент распределения веса машины с полной цистерной на ведущую ось, определяется на основании расчета координат центра масс машины; K_j – коэффициент перераспределения веса машины на ведущую ось вследствие действия инерционных сил при разгоне, $K_j = 1,1-1,3$ (большее значение принимают при движении на низших передачах); $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления, при движении в рабочем режиме по влажной поверхности дороги $\varphi_{сц} = 0,4-0,6$, в транспортном режиме по сухой поверхности $\varphi_{сц} = 0,7-0,8$; $N_{дв}$ – номинальная мощность двигателя, кВт; i и $\eta_{мп}$ – передаточное отношение и КПД трансмиссии машины при движении на соответствующей передаче; $n_{дв}$ – частота вращения вала двигателя при номинальной мощности, мин^{-1} ; r_k – динамический радиус качения ведущего колеса, м.

Сопротивление движению W (Н) определяют отдельно для рабочего $W_{раб}$ и транспортного $W_{мп}$ режимов:

$$W_{раб} = G_M (f + i_d + \delta_{сп} j / g); \quad (15.5)$$

$$W_{мп} = G_M (f + i_d + \delta'_{сп} j' / g) + (v_{мп} + v_s)^2, \quad (15.6)$$

где f – коэффициент сопротивления качению колес машины, $f = 0,02$; i_d – уклон дороги, $i_d = 0,07-0,09$; $\delta_{сп}$ и $\delta'_{сп}$ – коэффициенты учета вращающихся масс при движении соответственно с рабочей и транспортной скоростями машины с полной цистерной, $\delta_{сп} = 1 + 0,05(1 + i^2) G_M / G_\phi$ (G_ϕ – вес машины с фактической загрузкой цистерны); g – ускорение свободного падения; j и j' – ускорение машины при движении соответственно на низших и высших передачах, $j = 1,7-2 \text{ м/с}^2$ и $j' = 0,15-0,3 \text{ м/с}^2$; $v_{мп}$ – транспортная скорость машины; v_s – скорость встречного ветра, $v_s = 3-5 \text{ м/с}$; F_a – коэффициент аэродинамического торможения машины; $F_a = 1,8-3,6 \text{ Н с}^2/\text{м}^2$.

Уравнение мощностного баланса поливочно-моечной машины составляют для рабочего и транспортного режимов с учетом потерь мощности на пробуксовывание колес:

$$N_{\text{дв.раб}} \geq \frac{10^{-3} W_{\text{раб}} v_m}{(1-\delta) \eta_{\text{мп}}} + \frac{10^3 Q p_n}{\rho_n \eta_{\text{нр}} \eta_n}; \quad N_{\text{дв.мп}} \geq \frac{10^{-3} W_{\text{мп}} v_{\text{мп}}}{(1-\delta) \eta'_{\text{мп}}}, \quad (15.7)$$

где Q – массовая подача водяного насоса, кг/с; ρ – плотность воды, $\rho_n = 1000$ кг/м³; p_n – давление, создаваемое насосом, МПа; $\eta_{\text{нр}}$ и $\eta'_{\text{мп}}$ – кпд трансмиссии при движении машины соответственно с рабочей v_m и транспортной $v_{\text{мп}}$ скоростями; $\eta_{\text{нр}}$ – кпд привода водяного насоса; η_n – объемный кпд насоса, $\eta_n = 0,6-0,75$; δ – коэффициент буксования, $\delta = 0,15-0,2$.

Техническая производительность поливочно-моечной машины (м²/ч)

$$P_{\text{мех}} = 3600(B - B_{\text{пер}})v_m, \quad (15.8)$$

где B – ширина поливки или мойки дорожного покрытия, м; $B_{\text{пер}}$ – ширина перекрытия проходов машины, $B_{\text{пер}} = 0,1-0,2$ м; v_m – рабочая скорость, $v_m = 3-6$ м/с.

Эксплуатационная производительность

$$P_{\text{экс}} = 3600VK_n \rho_n K_g / (q_n T), \quad (15.9)$$

где V – полезная вместимость цистерны, м³; K_n – коэффициент наполнения цистерны, $K_n = 0,9-0,95$; K_g – коэффициент использования машины по времени, $K_g = 0,85$; q_n – норма расхода воды, при мойке $q_n = 1$ кг/м², при поливке $q_n = 0,25$ кг/м²; T – цикл разлива цистерны, с, $T = t_1 + t_2 + 2t_3 + t_4$, t_1 – время разлива, $t_1 = VK_n K_t / Bq_n v_m$ (K_t – коэффициент, характеризующий неравномерность движения машины вследствие маневрирования, $K_t = 1,2$, при работе в ночное время $K_t = 1$; t_2 – время наполнения цистерны; t_3 – время пробега машины к месту заполнения цистерны; t_4 – вспомогательное время)].

Коэффициент, характеризующий эффективность очистки дорожного покрытия поливочно-моечными и подметально-уборочными машинами:

$$K_{\text{эф}} = 1 - q_{\text{ост}} / q_n \geq 0,8-0,85,$$

где q_n и $q_{\text{ост}}$ – соответственно начальное и остаточное количества загрязнений на единицу площади дорожного покрытия, кг/м², при расчетах обычно принимается $q_n = 0,1$ кг/м².

15.1.2. Подметально-уборочные машины

Подметально-уборочные машины предназначены для удаления загрязнений с твердых дорожных и аэродромных покрытий, очистки городских территорий, сбора и транспортирования смета. Загрязнения на до-

рожном покрытии увеличивают проскальзывание колес автомобильного транспорта, особенно в сырую погоду. Качественная очистка дорожных покрытий может повысить коэффициент сцепления колес с дорогой на 12–15% и среднюю скорость движения транспорта, снизить непроизводительные потери энергии на пробуксовывание колес. В загрязнении на поверхности дороги 10–40% составляют мелкодисперсные пылеватые частицы, которые при движении транспорта взвешиваются в воздухе, преимущественно на высоте до 1,5–2 м. Скорость осаждения частиц диаметром 0,1 мм составляет 0,3 м/с, а диаметром 10^{-3} мм уменьшается до $3\text{--}10^{-5}$ м/с. Запыленность воздуха над дорогой существенно снижает долговечность автомобильных двигателей и ухудшает санитарно-гигиенические дорожные условия. Современные подметально-уборочные машины должны обеспечивать также обеспыливание воздушной среды в полосе дороги.

Классификация подметально-уборочных машин показана на рис.15.3. Подметальные машины отделяют и перемещают смет без его подборки косоустановленной цилиндрической щеткой в сторону от направления движения машины. Поэтому их используют преимущественно для подметания загородных дорог, внутриворонных территорий и для уборки снега в зимний период.

Более высокое качество очистки обеспечивают вакуумно-уборочные машины, оснащенные вакуумным подборщиком и пневматической системой транспортирования смета в бункер-накопитель, и вакуумно-подметальные машины, на которых вакуумный подборщик используют в комбинации с подметальными щетками. По качеству очистки вакуумно-подметальные машины имеют преимущество, так как щетки эффективно подают смет в вакуумный подборщик. Однако вакуумно-уборочные машины могут работать на более высоких скоростях с большей производительностью, поскольку скорость их движения не ограничена максимальной скоростью взаимодействия ворса щеток с дорогой. Мощные вакуумно-уборочные машины применяют для летней очистки аэродромов наряду со струйными уборочными машинами, оснащенными газоструйным соплом и аналогичным по конструкции газоструйным снегоочистителем. Общим недостатком машин с вакуумным подборщиком или газоструйным соплом является высокая энергоемкость рабочего процесса.

Рабочими органами подметально-уборочных машин бывают цилиндрические, конические (лотковые) и ленточные щетки. Цилиндрические щетки диаметром окружности вращения до 1 м имеют горизонтальную ось вращения. Конические (лотковые) щетки с расположением ворса по

образующей поверхности конуса с углом при вершине примерно 60° и осью вращения, наклоненной под углом $5-7^\circ$ к вертикали, предназначены для направленного отброса смета. Наименее распространены вследствие малой надежности и эффективности ленточные щетки в виде бесконечной цепи с закрепленными на ней щеточными секциями, которые одновременно с отделением смета от дороги транспортируют его в бункер.

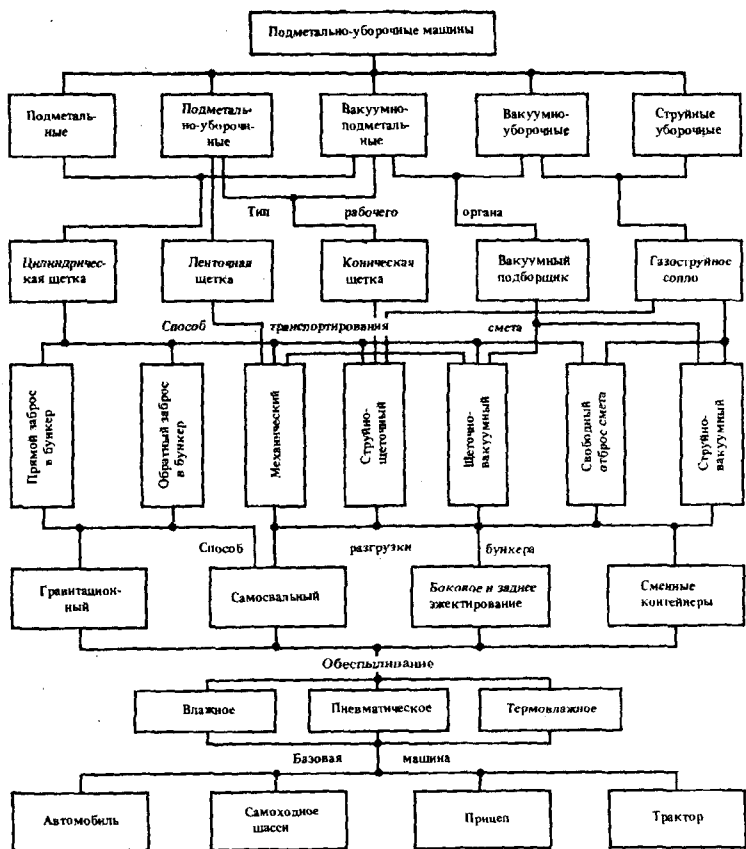


Рис. 15.3. Классификация подметально-уборочных машин.

На малогабаритных машинах для уборки тротуаров, особенно с навесным и прицепным рабочим оборудованием, используют одноступенчатую систему транспортирования смета в бункер непосредственно ворсом щетки – прямым забросом или когда бункер расположен позади щетки (рис. 15.4), обратным забросом “через себя”. Для этих способов характерна малая вместимость бункера (до 1 м³). Кроме того, последний способ требует более высокой окружной скорости щетки и компенсации износа ворса. Наиболее широко используют многоступенчатое механическое транспортирование смета с параллельным оси вращения цилиндрической щетки шнековым подборщиком и цепочно-скребковым транспортером. Недостаток такой системы заключается в ее низкой надежности и большой металлоемкости.

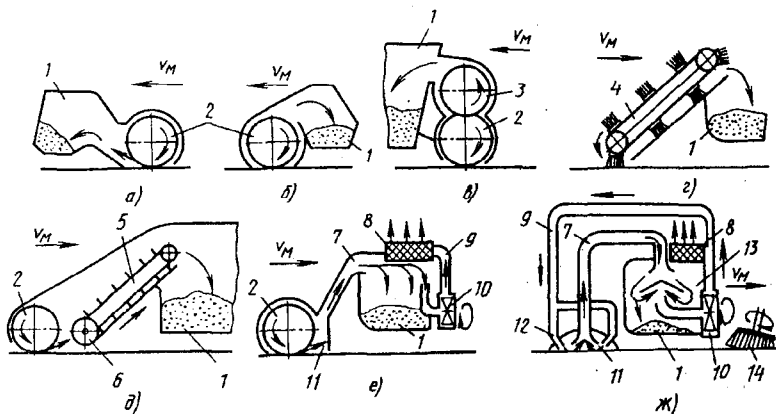


Рис. 15.4. Схемы рабочего оборудования подметально-уборочных машин: а – с прямым забросом смета; б – с обратным забросом смета; в – с забросом смета лопастным метателем; г – с забросом смета ленточной щеткой; д – со шнековым и цепочно-скребковым транспортерами; е – со щеточно-вакуумным подборщиком и гравитационным отделением смета; ж – со струйно-вакуумным подборщиком и инерционным отделением смета; 1 – бункер; 2 – цилиндрическая щетка; 3 – лопастной метатель; 4 – ленточная щетка; 5 – скребковый транспортер; 6 – шнек; 7 – всасывающий трубопровод; 8 – фильтр; 9 – напорный трубопровод; 10 – вакуумный вентилятор; 11 – вакуумный подборщик; 12 – сдувающие сопла; 13 – циклон; 14 – коническая щетка.

Перспективным является механическое транспортирование смета в бункер промежуточным лопастным метателем. При щеточно-вакуумном (пневматическом) транспортировании вспомогательная цилиндрическая щетка уменьшенного диаметра подает смет в вакуумный подборщик; на машинах может быть также установлен промежуточный транспортер. В струйно-вакуумном подборщике щеточный ворс заменен сдувающими соплами, воздушные потоки которых обеспечивают отрыв загрязнений от дорожного покрытия и перемещение их к всасывающему трубопроводу. Отделение крупного смета в бункере обеспечивается гравитационным способом. Пылеватые частицы задерживаются тканевыми фильтрами с устройствами для их периодической регенерации встряхиванием, вибрацией, обратной продувкой и др. При струйно-вакуумной системе транспортирования через фильтр в атмосферу выбрасывается не более 20–25 % воздуха, остальная его часть без очистки от пыли подается в сдувающие сопла, частично замыкая систему циркуляции воздуха.

Способы разгрузки подметально-уборочных машин: гравитационный, когда смет высыпается из бункера под действием собственного веса при открытии люка или задвижек; самосвальный – поворотом бункера или контейнера; принудительный – эжектированием вбок или назад с помощью подвижной стенки – выталкивателя с механическим или гидравлическим приводом. При небольшой вместимости бункера (до 2–3 м³) целесообразна разгрузка смета непосредственно на обслуживаемом участке. Поэтому некоторые машины оборудуют сменными стандартными контейнерами, а также механизмами выгрузки смета в контейнеры или приемный бункер мусоровоза. В качестве дополнительного оборудования подметально-уборочных машин используют выносной вакуумный подборщик для уборки опавших листьев и загрязнений из труднодоступных мест, электромагнитный брус для подбора металлического мусора на шоссе-ных дорогах и аэродромах и др.

По способу обеспыливания воздушной среды при подметании различают влажное обеспыливание путем мелкодисперсного разбрызгивания воды под давлением 0,2–0,3 МПа через форсунки перед подметальными щетками и пневматическое обеспыливание, совмещенное с вакуумной системой транспортирования смета. Норма расхода воды при влажном обеспыливании 0,02–0,025 кг на 1 м² поверхности дороги; при увеличении расхода происходит прилипание смета к щетке и дорожному покрытию и резкое снижение качества подметания. Перспективным является термовлажное обеспыливание подачей водяного пара в зоны интенсивного пылеобразования.

В качестве базовых машин для монтажа подметально-уборочного оборудования применяют маневренные автомобили малой и средней грузоподъемности, самоходные шасси, колесные тракторы и одноосные или двухосные прицепы.

Расчет подметально-уборочной машины включает в себя определение рациональных параметров процесса взаимодействия рабочих органов с дорожным покрытием и нагрузок на оси машины, выбор базовой машины, расчет систем транспортирования смета, разгрузки его и обеспыливания, прочностные расчеты кузова и рабочих органов, тягово-динамические расчеты, определение баланса мощности и производительности, расчеты маневренности, устойчивости, управляемости и др.

При взаимодействии цилиндрической щетки с дорожным покрытием можно выделить четыре характерных положения отдельных прутков ворса (рис. 15.5).

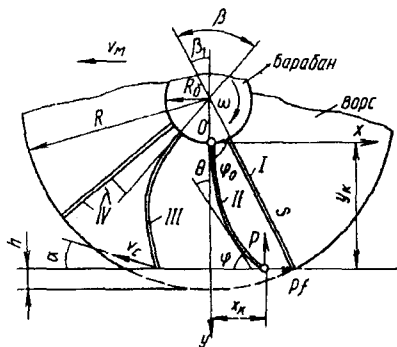


Рис. 15.5. Схема взаимодействия цилиндрической щетки с дорожным покрытием; I – начало контакта ворса с покрытием; II – квазивертикальное расположение ворса; III – конец контакта ворса с покрытием; IV – конец выпрямления ворса.

В начале контакта очередного прутка ворса с дорогой (положение I) под действием растягивающей центробежной силы он занимает радиальное положение под углом к вертикальной оси. По мере дальнейшего поворота щетки с угловой скоростью ω происходит изгиб прутка и накопление в нем потенциальной энергии упругой деформации (положение II), при этом ворс перемещает своими концами загрязнения вдоль дорожного покрытия. В конечный момент контакта с дорогой пруток

находится в изогнутом состоянии (положение III), затем резко разгибается, отбрасывая загрязнения и смет со скоростью v_c под углом $\alpha = 20^\circ$ к горизонту и вновь занимая радиальное положение (IV). За время возврата прутка ворса в радиальное положение щетка успевает совершить поворот на некоторый угол γ . Радиальное положение IV является средним, относительно которого прутки определенное время совершает затухающие изгибные колебания в плоскости вращения щетки.

15.2. Машины для зимнего содержания дорог и аэродромов

15.2.1. Плужные снегоочистители

Плужные снегоочистители предназначены для очистки дорог и аэродромов от свежевыпавшего и слежавшегося снега путем перемещения его отвалом, установленным под углом к направлению движения машины, в боковой вал или баллистическим отбрасыванием под действием инерционных сил.

Классификация плужных снегоочистителей приведена на рис. 15.6. Плужные снегоочистители, сдвигающие снег по ширине захвата в виде снежного вала, используют при расчистке дорог после снегопада. Для патрульной очистки дорог во время снегопада от свежевыпавшего снега применяют плужно-щеточные снегоочистители, оборудованные помимо переднего отвала цилиндрической щеткой, установленной под углом 60° к направлению движения машины для зачистки слоя снега толщиной 1–2 см после прохода отвала, а также скоростные плужные снегоочистители, отбрасывающие снег на расстояние до 10–15 м (рис. 15.7).

Плужные снегоочистители сдвигающего действия базируются на гусеничных и колесных тракторах и тягачах, автомобилях и автогрейдерх и обеспечивают разработку снега толщиной 0,3–0,4 м со скоростью до 2–3 м/с в колесном варианте и толщиной до 1–1,5 м со скоростью до 1 м/с в гусеничном варианте.

Плужно-щеточные снегоочистители в основном базируются на колесных тракторах, автогрейдерх и автомобилях и разрабатывают свежевыпавший снег толщиной 0,2–0,4 м со скоростью 2,5–5,5 м/с. Скоростные плужные снегоочистители базируются на автомобилях и разрабатывают свежевыпавший снег толщиной 0,2–0,4 м со скоростью более 7 м/с. Скоростные снегоочистители в основном применяют на загородных дорогах для отбрасывания снега за один проход за обочину дороги и в придорожный кювет.

По типу рабочего органа плужно-щеточные и скоростные снегоочистители бывают одноотвальные, а снегоочистители сдвигающего дей-

ствия — как одноотвальные, так и с двумя симметрично установленными углами перед отвалами.

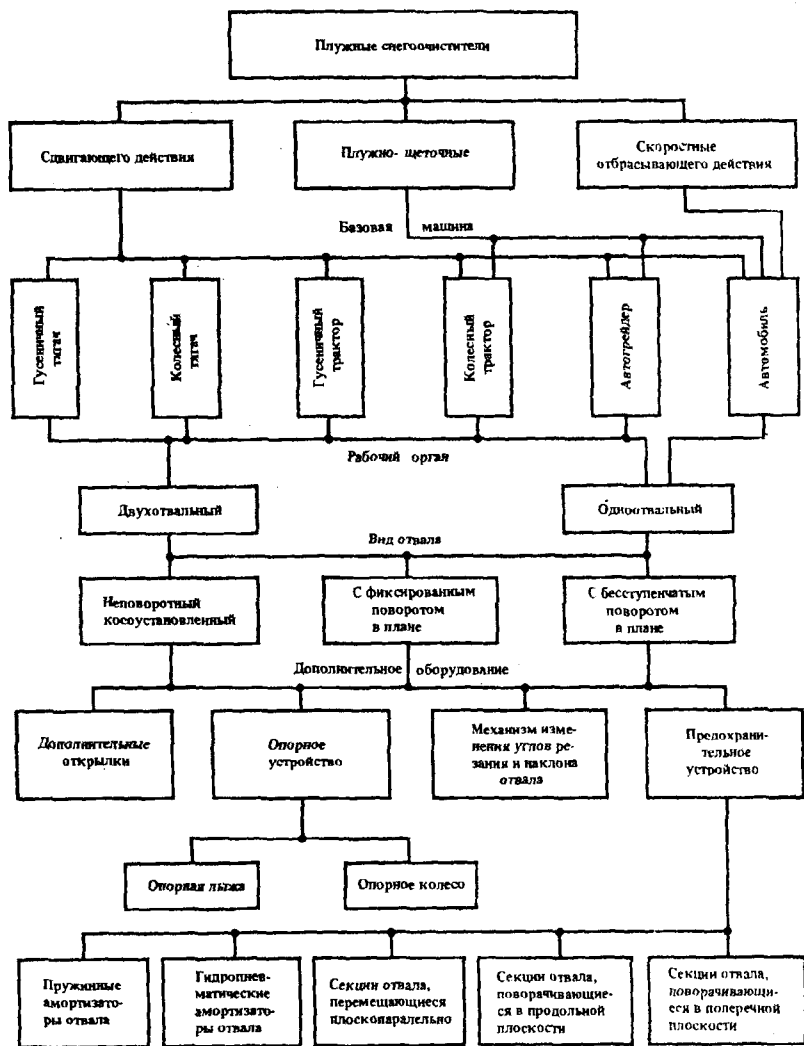


Рис. 15.6. Классификация плужных снегоочистителей.

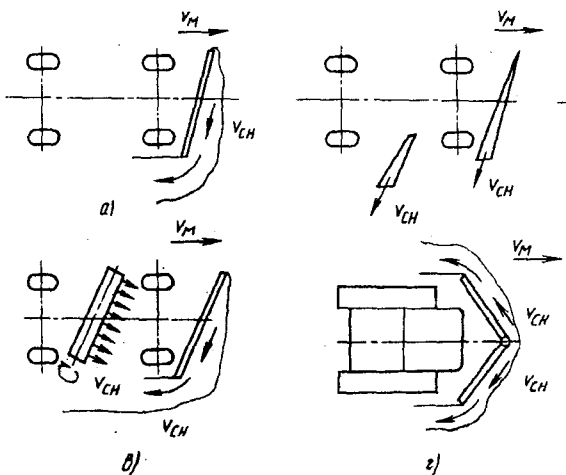


Рис. 15.7. Схемы плужных снегоочистителей: а – одноотвальный на автомобиле или колесном тракторе; б – одноотвальный скоростной с дополнительным открьлком; в – плужно-щеточный; г – двухотвальный тракторный.

Отвалы снегоочистителей могут иметь жесткое крепление или возможность изменения угла установки в плане – с определенным шагом с помощью жестких фиксаторов или бесступенчато с помощью гидроцилиндров управления. В качестве дополнительного оборудования применяют дополнительные боковые открьлки, увеличивающие ширину захвата снегоочистителя, опорные устройства в виде стальной лыжи или опорных колес, позволяющих отвалу копировать рельеф дороги при плавающем положении гидроцилиндров подъема, механизм изменения углов резания и наклона отвала в вертикальной плоскости в соответствии с изменением прочности и плотности снега, а также предохранительное устройство, которое уменьшает динамическую нагрузку на рабочее оборудование снегоочистителя при наезде отвалом на непреодолимое препятствие (бордюрный камень, крышку канализационного люка и др.).

$$W = W_{рез} + W_{пр} + W_{под} + W_{пер} + W_{ук} + W_{р} + W_{м}. \quad (15.10)$$

Сопротивление (Н) снега резанию направлено вдоль оси движения машины:

$$W_{рез} = K_{рез} Bh, \quad (15.11)$$

где $K_{рез}$ – удельное сопротивление снега резанию.

Сила сопротивления, возникающая в результате трения призмы волочения разрабатываемого снега о дневную поверхность, приложена к центру масс призмы и направлена в сторону, противоположную вектору абсолютной скорости движения призмы. В проекции на ось движения машины это сопротивление (Н) призмы волочения

$$W_{np} = m_{np} g \operatorname{tg} \rho \sin(\varphi + \delta). \quad (15.12)$$

Силу инерции снега $W_{ин}$ необходимо учитывать для плужных и плужно-щеточных снегоочистителей, имеющих достаточно высокую рабочую скорость – $v_m > 1,5-2$ м/с. Сила $W_{ин}$ возникает вследствие затрат энергии на разгон снега при переходе из неподвижного массива в движущуюся призму волочения. Вдоль оси движения машины

$$W_{ин} = Bh\rho_{сн} v_m^2 \sin^2 \varphi / 2g \quad (15.13)$$

Сопротивления подъему стружки снега вверх по отвалу $W_{нод}$ и перемещению призмы волочения вдоль отвала $W_{пер}$ определяются нормальной к отвалу составляющей активных сил $W_{пер}$ и $W_{ин}$. Пассивным давлением от веса призмы на лобовую поверхность отвала можно пренебречь. Нормальная к отвалу составляющая сил инерции и трения призмы волочения

$$P_n = \frac{Bh\rho_{сн} v_m^2 \sin \varphi}{2g} + \frac{B^2 h \rho_{сн} \operatorname{tg} \rho \cos^2 \delta}{2 \sin \varphi \cos(\varphi + \delta)}. \quad (15.14)$$

Тогда сопротивление (Н) перемещению призмы вдоль отвала в проекции на ось движения машины

$$W_{пер} = P_n \operatorname{tg} \delta \cos \varphi. \quad (15.15)$$

Нормальная составляющая силы P_n на лобовую поверхность ножа отвала равна $P_n \sin \alpha$, где α – угол резания снега в вертикальной плоскости. Сила сопротивления подъему стружки снега на лобовую поверхность ножа равна сумме сил трения стружки по ножу $P_n \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi$ и стружки по внутренней поверхности ее контакта с призмой волочения $P_n \sin \alpha \operatorname{tg} \rho$. Тогда суммарное сопротивление подъему стружки в проекции на горизонтальную ось движения машины

$$W_{нод} = 0,5 P_n (\operatorname{tg} \rho + \operatorname{tg} \delta) \sin 2\alpha \sin \varphi. \quad (15.16)$$

При большой толщине снежного покрова ($h = 1-1,5$ м) сопротивление подъему стружки будет в основном определяться силой тяжести стружки и пассивным давлением на отвал со стороны снежного забоя.

Сопротивление (H) перемещению отвала снегоочистителя по заснеженной поверхности дороги при установке его в плавающее положение

$$W_{mp} = G_o \operatorname{tg} \delta, \quad (15.17)$$

где G_o – вес отвала, H . При использовании опорных колес отвала коэффициент трения $\operatorname{tg} \delta$ заменяют коэффициентом сопротивления качению опорных колес.

Сопротивление движению базовой машины определяют аналогично сопротивлению движения поливочно-моечной машины (вес отвала при этом не учитывают). Уравнение тягово-динамического баланса также аналогично уравнению тягово-динамического баланса для поливочно-моечной машины. Однако коэффициент распределения веса машины по осям K_p различен для рабочего и транспортного режимов, так как при работе вес отвала не действует на оси машины, а передается непосредственно на дорогу. Уравнение мощностного баланса учитывает только затраты энергии на преодоление суммарного сопротивления W , возникающего при работе плужного снегоочистителя.

Продольная горизонтальная устойчивость плужного снегоочистителя определяется равенством разворачивающего момента от действующих на отвал составляющих сил сопротивления и удерживающего момента от действующих на движитель машины сил сопротивления боковому скольжению R_1 и R_2 (рис. 15.8).

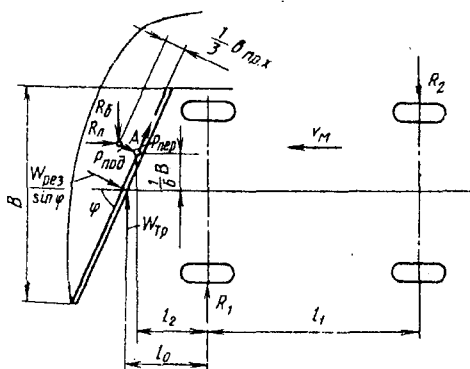


Рис. 15.8. Расчетная схема продольной горизонтальной устойчивости плужного снегоочистителя: А – центр масс призмы волочения.

Особенность расчета состоит в том, что сила сопротивления призмы волочения W_{np} приложена к центру масс призмы, силы резания $W_{рез}$, инерции снега $W_{ак}$ и трения отвала $W_{тр}$ приложены к середине отвала, а силы подъема стружки $W_{под}$ и перемещения стружки вдоль отвала $W_{пер}$ частично приложены к точке, являющейся проекцией центра массы призмы на поверхность отвала, а частично – к середине отвала и действуют в плоскости отвала. Это заставляет учитывать разные плечи составляющих сил сопротивления при определении разворачивающего момента. Действие продольных составляющих сил сопротивления асимметрично продольной оси машины, что создает дополнительный удерживающий момент, противоположный моменту от действия боковых сил. Сила трения отвала $W_{тр}$ в данном случае направлена перпендикулярно продольной оси машины и также создает удерживающий момент. С учетом изложенного получают уравнения, определяющие условия равновесия моментов относительно центра передней оси машины и относительно центра задней оси машины. Силы сопротивления боковому скольжению колес передней R_1 и задней оси R_2 :

$$R_1 = (G_m - G_o)(1 - K_p) j_{цк}; \quad R_2 = (G_m - G_o) K_p j_{цк}, \quad (15.18)$$

где G_m и G_o – вес машины в целом и отвала.

Для плужного снегоочистителя, смонтированного на гусеничной машине, удерживающий момент сопротивления боковому скольжению гусениц принимают равным $0,25 (G_m - G_o) l_{оп} \varphi_{бок}$, где $l_{оп}$ – длина опорной поверхности гусениц; $\varphi_{бок}$ – коэффициент бокового сцепления гусениц с опорной поверхностью.

Расчеты плужно-щеточного снегоочистителя дополнительно содержат расчет цилиндрической щетки, который отличается от расчета щетки подметально-уборочной машины наличием сопротивления резанию снега щеточным ворсом:

$$W_{рез} = K_{рез} B h_o, \quad (15.19)$$

где h_o – толщина слоя снега на дороге после прохода отвала, $h_o = 0,01-0,02$ м.

Мощность привода цилиндрической щетки (кВт)

$$N_{ц} = (P f_{\beta} + K_{рез} l h_o) (R - h) \omega K_{зан} / (1000 \eta_{ц}), \quad (15.20)$$

где P – вертикальная реакция взаимодействия щетки с дорогой, Н; l – длина щетки, м; h – деформация ворса щетки без учета толщины h_o , м.

Суммарное сопротивление (Н), возникающее при работе плужно-щеточного снегоочистителя:

$$W_{п.ц} = W + K_{рез} B h_{\sigma}, \quad (15.21)$$

где W – суммарное сопротивление плужного снегоочистителя.

В уравнениях продольной устойчивости плужно-щеточного снегоочистителя необходимо дополнительно учитывать разворачивающий момент от действия боковой силы, равной $K_{рез} B h_{\sigma} \operatorname{ctg} \lambda$ (где λ – угол установки щетки относительно продольной оси машины) и приложенной к середине щетки, и удерживающий момент от приложенной к этой же точке силе $P f_{\sigma}$ трения ворса о дорожное покрытие. Относительно центра передней оси момент боковой силы, действующей на щетку, противоположен моменту боковой силы, действующей на отвал; относительно центра задней оси эти моменты совпадают по направлению. Кроме того, если передние колеса плужно-щеточного снегоочистителя с межосевым расположением щетки взаимодействуют с дорогой, покрытой слоем снега толщиной h_{σ} , то задние колеса взаимодействуют с полностью очищенным дорожным покрытием, т. е. имеют более высокий коэффициент сцепления.

Процесс взаимодействия отвала скоростного плужного снегоочистителя со снегом характеризуется отсутствием призмы волочения снега, а также значительными инерционными силами и зависящими от них силами трения, которые действуют непосредственно в плоскости отвала. Снег вырезается отвалом в виде стружки, которая перемещается вверх по отвалу и одновременно вдоль него. Достигнув верхнего края отвала, снег выбрасывается под углом $\alpha = 45^{\circ}$ к горизонту и под углом β к направлению движения машины со скоростью $v_{ж}$, продолжая полет по баллистической траектории.

15.2.2. Роторные снегоочистители

Роторные снегоочистители предназначены для очистки дорог и аэродромов от снега путем роторного разгона и перемещения по баллистической траектории за пределы очищаемой поверхности или через направляющий аппарат в кузов транспортного средства. Главным параметром роторных снегоочистителей является производительность, по которой их разделяют на легкие (производительность до 200 т/ч), средние (до 1000 т/ч) и тяжелые (более 1000 т/ч); средняя ширина захвата роторных снегоочистителей 2,5–3,2 м; толщина разрабатываемого снежного покрова – до 1,2–2 м; дальность отбрасывания снега дорожных снегоочистителей 18–20 м, аэродромных – до 50–60 м; рабочая скорость снегоочистителей – 0,3–5 км/ч.

Классификация роторных снегоочистителей приведена на рис.15.9.

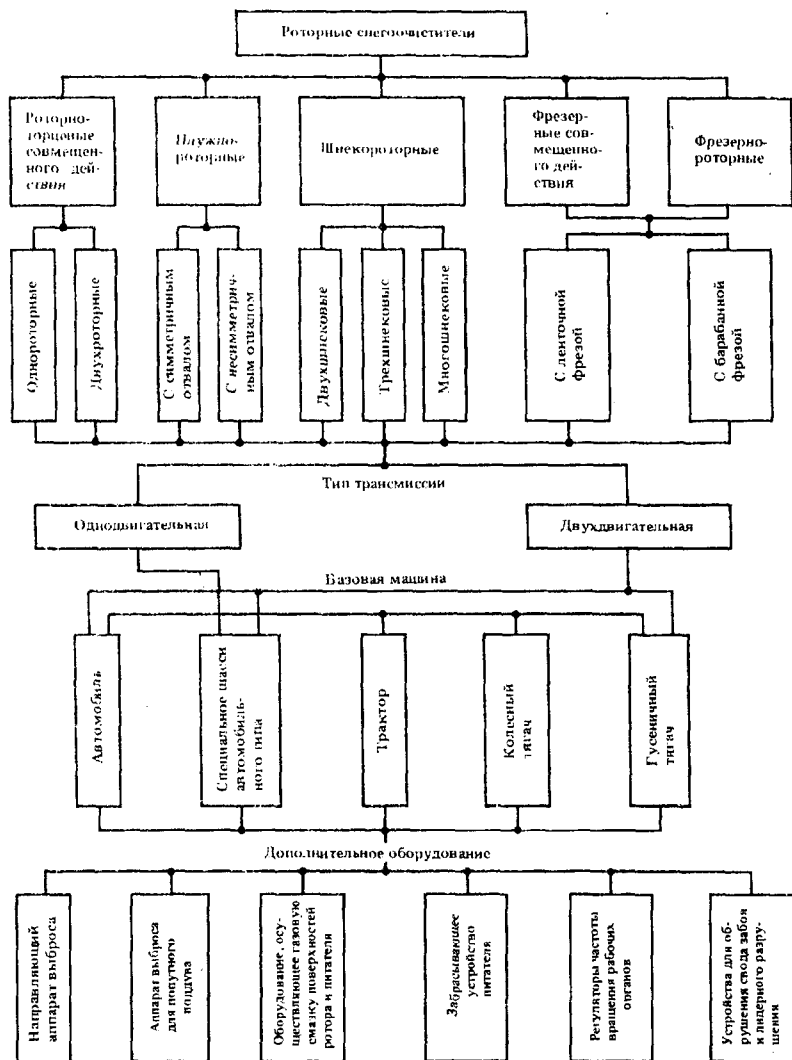


Рис. 15.9. Классификация роторных снегоочистителей.

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

При разработке снега малой плотности применяют плужно-роторные снегоочистители с роторно-лопастным метателем, расположенным соосно направлению движения машины, и одним несимметричным относительно продольной оси машины или двумя симметричными отвалами. Такую же область применения имеют роторно-торцовые снегоочистители совмещенного действия, которые разрабатывают снежные забои непосредственно торцами лопастных роторов, выбрасывающих затем снег в сторону от направления движения машины. Роторно-торцовые снегоочистители бывают однороторные, обычно монтируемые на малогабаритных шасси для уборки тротуаров, и двухроторные, у которых оси вращения лопастных роторов параллельны оси движения машины.

Для разработки снега средней плотности $\rho_{сн} = 200-300 \text{ кг/м}^2$ применяют шнекороторные снегоочистители с двумя и более шнековыми питателями, расположенными в вертикальной плоскости, параллельной оси движения машины. Шнеки транспортируют снег к середине рабочего органа и забрасывают его в расположенный с тыльной стороны роторно-лопастной метатель. Шнеки питателя могут быть установлены как горизонтально, так и под углом к поверхности дороги. Снег большой плотности $\rho_{сн} > 300 \text{ кг/м}^2$ целесообразно разрабатывать фрезерно-роторными снегоочистителями или фрезерными совмещенного действия, у которых достаточно высокая окружная скорость фрезы обеспечивает одновременно выброс снега через направляющий патрубок в заданном направлении без использования отдельного лопастного ротора. Фрезерный питатель выполнен в виде трех- или четырехзаходной фрезы ленточного (пустотелой) или барабанного типа, когда винтовые лопасти фрезы жестко закреплены на барабане.

По типу трансмиссии снегоочистители изготавливают с однодвигательным приводом, когда двигатель базовой машины или специальный двигатель, установленный на грузовой платформе базового автомобиля, используют одновременно для движения машины и привода рабочего органа, а также с двухдвигательным приводом отдельно ходового устройства и рабочего органа.

В качестве дополнительного оборудования роторных снегоочистителей применяют направляющий аппарат выброса снега для погрузки его в городских условиях в транспортные средства, регуляторы окружных скоростей питателя и метательного аппарата, устройства для обрушения верхнего свода снежного забоя – при большой толщине снежного покрова и лидерного разрушения снежного забоя – при повышенной прочности снега. Энергоемкость рабочего процесса питателя и метатель-

ного аппарата можно снизить применением систем газовой смазки поверхностей трения снега о рабочие органы. Например, путем газовой смазки поверхности неподвижного кожуха метателя можно на 20–40% уменьшить энергоемкость привода лопастного ротора.

Попутный поддув аппарата выброса позволяет примерно на 20% повысить дальность метания снега за счет уменьшения аэродинамического сопротивления на начальном участке баллистической траектории полета, где снег имеет наиболее высокую скорость и, соответственно, максимальны силы аэродинамического сопротивления. В качестве источника газа используют воздуходувку, которая может быть установлена соосно лопастному ротору, но имеет более высокую частоту вращения. Повышение эффективности прохода снега от фрезерного или шнекового питателя в метательный аппарат обеспечивает забрасывающее устройство, например, в виде смонтированного на валу питателя дополнительного лопастного барабана.

Расчет роторного снегоочистителя содержит определение рациональных параметров процессов взаимодействия питателя и метательного аппарата со снегом, кинематический, энергетический и прочностной расчет рабочего органа, элементов его конструкции и системы управления, определение нагрузок на оси колесной машины или гусеничное ходовое устройство, тягово-динамические расчеты, определение баланса мощности, расчеты дальности метания снега, продольной и поперечной вертикальной устойчивости машины, определение производительности. При проектировании снегоочистителей должны быть учтены требования, предъявляемые к машинам, предназначенным для эксплуатации в районах с холодным климатом.

При работе наиболее распространенных шнекороторных и фрезернороторных снегоочистителей в процессе поступательного перемещения машины перед рабочим органом образуется снежный забой, в котором правая и левая половины шнеков или фрезы вырезают серповидные стружки снега. Достаточно высокая частота вращения питателя обеспечивает распределение снега под действием центробежных сил по окружности вращения шнека или фрезы и одновременное перемещение его в осевом направлении к середине рабочего органа, для чего правая и левая половины питателя имеют противоположное направление винтовых лопастей. В средней части корпуса рабочего органа образовано окно, через которое снег забрасывается в метательный аппарат винтовыми лопастями, получая в момент схода них ускорение в радиальном, тангенциальном и осевом направлениях относительно питателя.

В метательном аппарате снег поступает на лопасти ротора, транспортируется ими по неподвижному цилиндрическому кожуху в виде призмы волочения перед каждой лопастью с одновременным перемещением вдоль лопастей в радиальном направлении и выбрасывается из метателя под действием центробежных сил через направляющий патрубок. В первую очередь покидают лопасти метателя в тангенциальном направлении при достижении направляющего патрубка фрагменты снега, находящиеся у поверхности кожуха, со скоростью, равной окружной скорости ротора. Затем происходит сход с лопастей более удаленных от края фрагментов снега с абсолютной скоростью (m/c), равной геометрической сумме окружной скорости ротора v_p и радиальной скорости v_r , приобретенной этими фрагментами к моменту схода с лопасти:

$$v = \sqrt{v_p^2 + v_r^2} \quad (15.22)$$

Максимальная дальность транспортирования снега метателем ограничена аэродинамическим сопротивлением и составляет в среднем не более 50–60 м независимо от максимальной частоты вращения лопастного ротора.

15.2.3. Газоструйные снегоочистители

Газоструйные снегоочистители предназначены для патрульной очистки дорог и аэродромов от свежевыпавшего снега воздействием газовой струи. Характеризуются высокой производительностью и надежностью рабочего оборудования, большой дальностью отбрасывания снега. Эксплуатационная производительность аэродромного газоструйного снегоочистителя, оборудованного газотурбинным двигателем, в 15–18 раз превышает производительность плужно-щеточного в аналогичных условиях работы. К основным недостаткам газоструйных снегоочистителей относятся повышенный уровень звукового давления (до 110–120 дБ) и большая удельная энергоемкость рабочего процесса (примерно в 2 раза выше), чем у механических снегоочистителей. Поэтому газоструйную снегоочистку применяют преимущественно в технологических процессах, требующих высокого темпа уборки. Ограничениями в использовании таких машин являются также малая толщина убираемого снега (не более 0,2 м) и возможность обледенения очищаемых покрытий при воздействии газовой струи в определенном диапазоне температур окружающей среды.

Газоструйные снегоочистители (рис. 15.10 и 15.11) по области применения и типу бывают вентиляторные (оборудуемые центробежным или осевым вентилятором) и наиболее широко используемые газотур-

бинные (оборудуемые специальной газовой турбиной, чаще – отработавшим летный ресурс турбореактивным авиационным двигателем), которые служат для очистки от снега взлетно-посадочных полос и рулежных дорожек аэродромов. Главным параметром газоструйных снегоочистителей можно считать расход газа, который определяет дальность газовой струи и, соответственно, ширину захвата и производительность снегоочистителя.

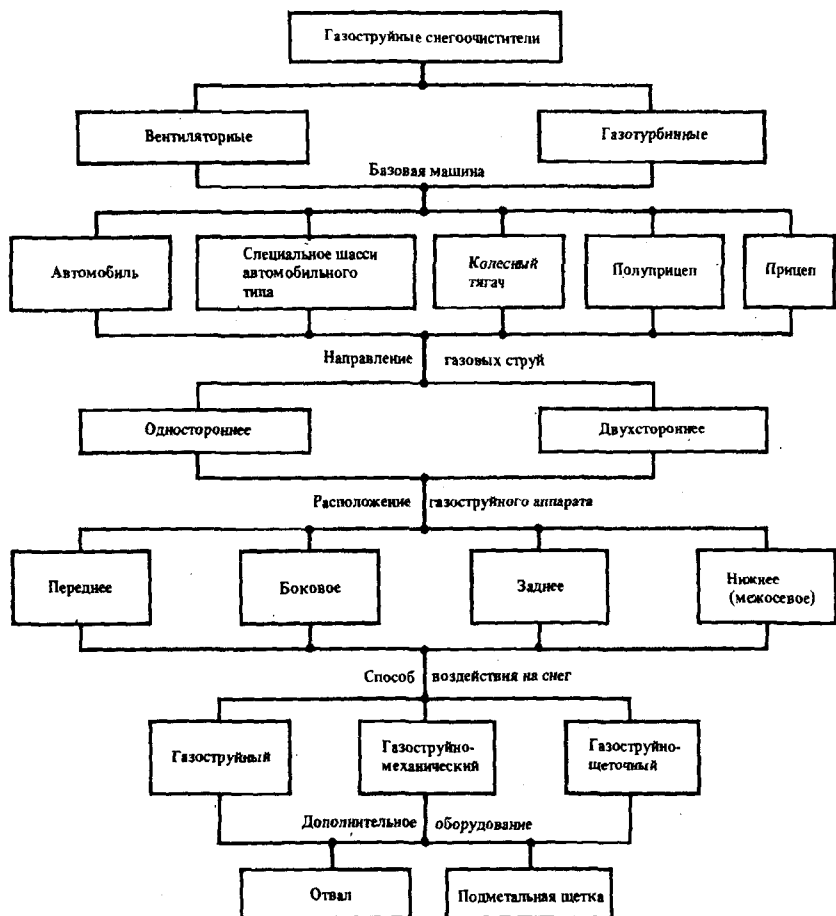


Рис. 15.10. Классификация газоструйных снегоочистителей.

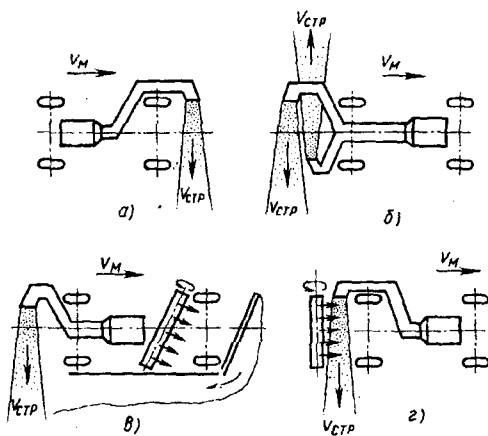


Рис. 15.11. Схемы газоструйных аэродромных снегоочистителей: а – с передним соплом; б – со встречными задними соплами; в – со вспомогательным отвалом и щеткой; г – газоструйно-щеточный.

Расчет газоструйного снегоочистителя включает в себя выбор источника сжатого газа, определение рациональных параметров процесса взаимодействия газовой струи со снегом и твердым покрытием, энергоемкости рабочего процесса и производительности снегоочистки, расчеты вспомогательных систем и механизмов устойчивости машины и управляемости ее с учетом реактивной тяги, возникающей при работе газоструйного аппарата, тягово-динамический расчет машины и др.

Для взаимодействия с заснеженным твердым покрытием газовая струя направляется под острым углом к покрытию $\alpha \approx 15^\circ$ и распространяется вдоль него, постепенно теряя начальную скорость и расширяясь под действием сил аэродинамического сопротивления (рис.15.12). Трение газовой струи о покрытие существенно меньше обусловленного турбулентными завихрениями трения на границе с неподвижным атмосферным воздухом.

Поэтому эпюра скоростей газовой струи в вертикальной плоскости несимметрична, а максимальная скорость u_{max} газовой струи расположена ближе к покрытию. Высоту установки сопла над покрытием в оптимальном варианте принимают $h = 6b_0$, где b_0 – половина ширины сопла. Сопло газоструйного аппарата наиболее часто имеет плоскую форму, соотношение его длины и ширины $l \approx 3b_0$. На срезе сопла газовая струя имеет максимальную начальную скорость u_0 , которая изменяется

в пределах 100–900 м/с для разных типов газовых турбин и режимов их работы. Абсолютная температура газов на начальном участке струи соответственно достигает 400–1000 К. В пограничном слое непосредственно у поверхности покрытия скорость газовой струи резко падает, что затрудняет удаление примерзшего или прикатанного снега. При увеличении угла α наклона газовой струи к покрытию снегоочиститель можно использовать в качестве тепловой машины для удаления гололеда и осушения покрытия. Эффективность газоструйного снегоочистителя определяется дальностью газовой струи, т. е. осевой длиной действующей в полупространстве газовой струи, на которой запаса ее кинетической энергии достаточно для полного удаления снега с покрытия при заданной скорости движения машины. Длина B такого активного участка газовой струи определяет ширину захвата снегоочистителя, поскольку газовую струю обычно ориентируют перпендикулярно к направлению движения машины. Центральный угол расширения газовой струи $\psi = 24\text{--}34^\circ$, зависит от ее температуры и скорости и определяет максимальную эффективную ширину струи l_{max} , которая в свою очередь связывает дальность струи B , ее скорость и поступательную скорость машины v_m , так как фрагменты снега должны успевать разогнаться до скорости струи u на длине B за время $t = l_{max}/v_m$.

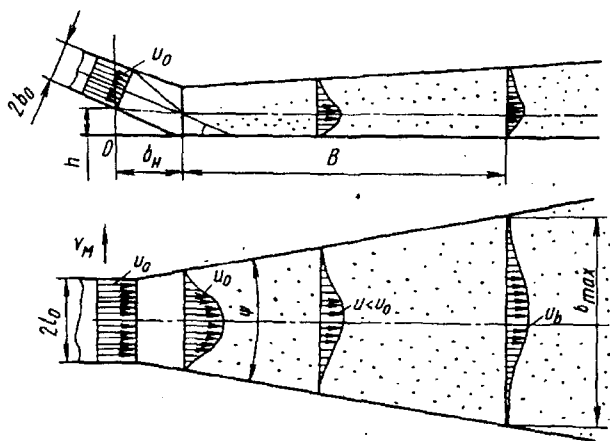


Рис. 15.12. Схема взаимодействия газовой струи с твердым покрытием.

15.2.4. Распределители технологических материалов

Эти машины предназначены для распределения по поверхности дорожного покрытия во время снегоочистки или борьбы с гололедом и скользкостью технологических материалов – пескосоляной смеси или специальных реагентов. Изготавливаемые промышленностью распределители имеют общую схему устройства. В кузове с наклонными боковыми стенками размещены материалы, которые с помощью скребкового транспортера,двигающегося по дну кузова, подаются в заднюю его часть и через разгрузочное окно под действием силы тяжести поступают на горизонтально вращающийся диск, осуществляющий распределение материала. В настоящее время выпускают машины этого назначения двух типов – КО-104А и КО-105.

Наиболее распространенной машиной является распределитель КО-104А на базе автомобиля ГАЗ-53А (рис. 15.13).

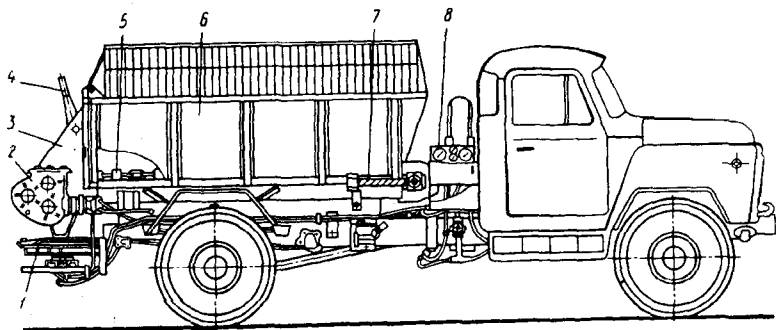


Рис. 15.13 – Распределитель КО-104А технологических материалов: 1 – разбрасывающий диск; 2 – редуктор привода транспортера; 3 – бункер; 4 – рычаг управления шибером; 5 – скребковый транспортер; 6 – кузов; 7 – натяжная станция транспортера; 8 – пульт управления.

Специальное оборудование машины состоит из кузова, скребкового транспортера, разбрасывающего диска, гидросистемы и механизмов привода. Передняя и задняя стенки сварного кузова имеют окна для прохода верхней несущей ветви транспортера. К продольным балкам основания кузова в передней его части присоединен механизм натяжения транс-

портера. Кузов размещен на подрамнике, закрепляемом к лонжеронам базового автомобиля. На заднем борту кузова закреплен бункер, который направляет на разбрасывающий диск технологический материал, поступающий из кузова. Окно, размещенное в заднем борту, предназначено для прохода верхней ветви транспортера, а также для дополнительного регулирования количества материала, поступающего на диск. Окно перекрывается шибером, управляемым с помощью рычага вручную.

В бункере и в передней части кузова установлены ведущий и ведомый валы транспортера с приводными звездочками. Верхняя ветвь транспортера движется по днищу кузова, перемещая материал, нижняя – под днищем кузова над надрамником. Цепь транспортера – якорного типа с приваренными к ее звеньям скребками. Нужное положение цепи достигается с помощью натяжного устройства. Натяжение цепи в необходимых пределах достигается спиральными пружинами, натяжение которых регулируется гайками резьбовых штоков.

Ведущий вал левым концом установлен в подшипнике, а правым связан через шлицевое соединение с ведомым валом редуктора. Звездочки привода транспортера установлены в средней части переднего ведомого и заднего ведущего валов. Разбрасывающий диск снабжен в верхней части ребрами, которые вовлекают материал при вращении диска в движение к периферии диска. Машина работает следующим образом. В зависимости от свойств технологических материалов и плотности их распределения устанавливаются с помощью дросселя скорость движения транспортера и поступательную скорость машины. При движении транспортера его скребки, двигаясь по дну кузова, увлекают некоторый объем материала и сбрасывают его в бункер. Плотность распределения корректируется регулированием положения шибера. Уменьшение скорости движения транспортера, увеличение скорости движения машины обеспечивают уменьшение плотности обработки.

Принцип действия машины КО-105 аналогичен, однако по конструкции она несколько отличается от машины КО-104А, и прежде всего наличием плужно-щеточного снегоочистительного оборудования.

Оборудование для распределения технологических материалов в связи с большим объемом кузова отличается главным образом своими размерами и конструкцией механизмов привода рабочих органов (рис. 15.14). От двигателя автомобиля через коробку передач и верхний вал коробки отбора мощности крутящий момент передается редуктору, снижающему частоту вращения и обеспечивающему привод двух масляных насосов. Один из этих насосов служит для привода гидромотора транспортера,

другой – для привода гидромотора разбрасывающего диска. Кроме того, верхний вал коробки вторым концом приводит во вращение масляный насос, обеспечивающий работу плужно-щеточного оборудования. Таким образом, гидравлическая система этой машины состоит из двух самостоятельных систем: первой – для привода распределяющего оборудования, т. е. привода транспортера и разбрасывающего диска, второй – только для подъема в транспортное и опускание в рабочее положение плуга и щетки. Каждая из этих систем снабжена своим масляным баком. Гидро-распределитель установлен в кабине водителя и служит для управления работой гидроцилиндров отвала и щетки. Режимы работы транспортера и диска регулируют с помощью двух дросселей, установленных вместе с манометрами, которые контролируют давление в сетях привода транспортера и диска, на специальном пульте управления, закрепленном у задней стенки кабины водителя.

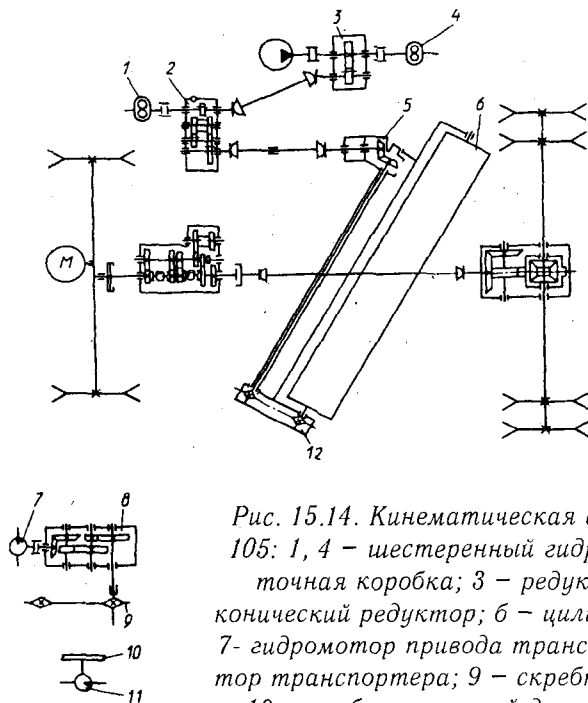


Рис. 15.14. Кинематическая схема машины КО-105: 1, 4 – шестеренный гидронасос; 2 – раздаточная коробка; 3 – редуктор насосов; 5 – конический редуктор; 6 – цилиндрическая щетка; 7 – гидромотор привода транспортера; 8 – редуктор транспортера; 9 – скребковый транспортер; 10 – разбрасывающий диск; 11 – гидромотор привода разбрасывающего диска; 12 – передача привода щетки.

15.3 Машины и оборудование для маркировки покрытий автомобильных дорог и аэродромов

15.3.1. Машины для маркировки дорожных и аэродромных покрытий

Основными признаками, определяющими условное разделение маркировщиков на классы, являются назначение машины, объем и вид выполняемых работ. Маркировочные машины снабжают несколькими видами рабочего оборудования, что повышает коэффициент их использования. Это может быть оборудование для производства работ лакокрасочными материалами, термопластиком, двухкомпонентными материалами и др.

Для повышения производительности маркировочных машин, работающих на горячих термопластиках, применяют специальные котлы для разогрева термопластика. Требуемая температура теплоносителя поддерживается автоматически.

Современные маркировочные машины (рис.15.15) снабжены системами для управления длиной штрихов и промежутков штриховых линий разметки, для поддержания заданной температуры разметочных материалов и для управления толщиной наносимых линий. Недостатком работающих от датчиков пройденного пути электронных устройств управления длиной штрихов и промежутков линий разметки, является ограниченная точность в связи с запаздыванием срабатывания исполнительного устройства рабочего органа.

Это особенно сказывается при ведении разметки с высокими скоростями. Для увеличения точности длины штрихов разработаны устройства автоматического управления с обратной связью. В форсунку для распыления краски встраивают датчик моментов фактического открытия и закрытия иглы. Отсчет длины штриха начинается с момента поступления сигнала с этого датчика. Разработана система для поддержания постоянной толщины линии разметки, выполняемой красками и распыляемыми пластиками. Система представляет собой двухцилиндровый насос, подача которого пропорциональна скорости движения машины и не зависит от свойств материала. Предусмотрены средства, исключаящие пульсацию подачи разметочных материалов в форсунку. К недостаткам системы следует отнести относительную сложность и громоздкость, а также возможность работы только с пневматическими распылителями.

Создаются автоматизированные машины для выполнения предварительной разметки. Оборудование включает пять телекамер, установ-

ленных по краям машины, два монитора в кабине оператора и автоматическую форсунку для нанесения штрихов длиной 5–120 см с промежутками между ними от 30 см до 30 м. Машина размечает осевую линию на дорогах шириной до 10 м со скоростью до 32 км/ч на участках с небольшой кривизной и со скоростью до 10 км/ч – на крутых поворотах. Создается система для разметки дорог шириной до 16 м.

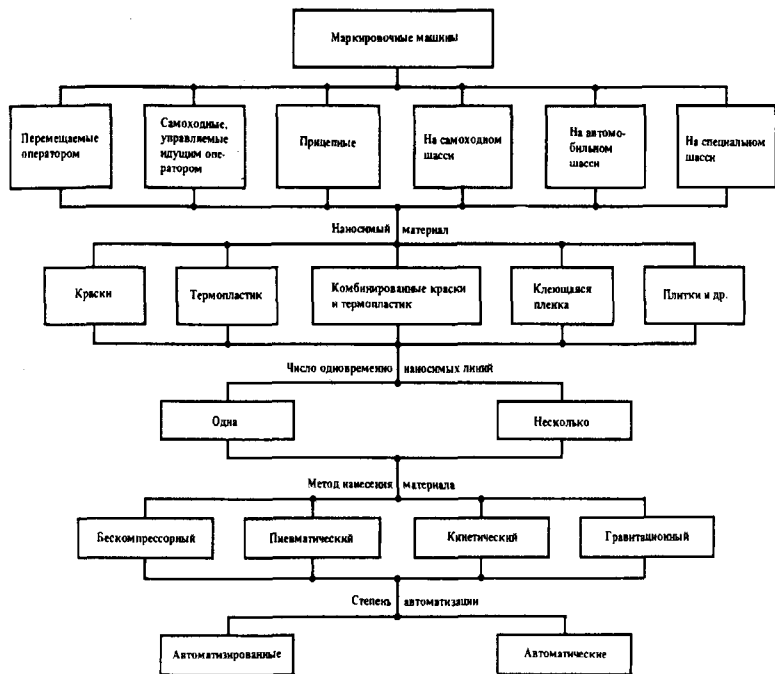


Рис. 15.15. Классификация машин для маркировки покрытий дорог и аэродромов.

Наряду с совершенствованием оборудования для выполнения разметки традиционными материалами создают новые материалы и оборудование для их нанесения. Так, одно- и двухкомпонентные пластики не требуют нагрева при нанесении. Оборудование маркировочных машин для выполнения разметки холодными пластиками обычно работает по методу экструдирования пластика.

Рабочий орган обеспечивает высокое постоянство толщины линии при скорости разметки до 6 км/ч. Предложен метод для выполнения маркировки повышенной долговечности. Готовые полосы из термопластического материала с помощью специального устройства укладываются на еще не остывшее дорожное покрытие перед последним проходом катка и утапливаются им в асфальт.

Качественные и экономические показатели дорожной разметки в значительной степени определяются уровнем механизации подготовительных и вспомогательных операций.

Для сушки и подогрева дорожного покрытия в целях осуществления разметки в любую погоду применяют оборудование, в котором сушка производится газами температурой до 1100°C, образующимися при сжигании дозированной смеси пропана, воздуха и воды. Машина просушивает полосу шириной 0,5 м со скоростью до 10 м/мин. Для удаления старой разметки наиболее широко распространены демаркеры, работающие по методу фрезерования. Демаркер комплектуют четырьмя фрезерными головками, специальной фрезой для удаления пластика и стальной щеткой. Недостатком фрезерования старых линий и знаков является частичное повреждение дорожного покрытия. Перспективными являются методы: химический, выжигания и комбинированный (фрезерование и последующая химическая обработка). Удаляют разметку и с помощью струи воды, подаваемой под давлением до 140 МПа. Установки можно использовать с водо- и пескоструйной системой, повышающей их эффективность и экономичность.

15.4. Технические средства для содержания дорог с прилегающими инженерными сооружениями

Содержание дорог с прилегающими инженерными сооружениями выполняется с целью прежде всего их безопасной эксплуатации. Поэтому и совершенствование машин ведется по пути выполнения этих ответственных работ с высоким качеством и при наименьших затратах.

При весенне-летнем содержании дорог (табл. 5.1) выполняются работы по сдвигу, образованию валок наносов на расстоянии 1,5 м от бордюра и их погрузке и вывоза. Основную роль в этом процессе предлагается выполнить машинам МУН-1 и МУН-2 (производство ОАО «Амкор»). Машина МУН-1 поможет быстро очистить и аккуратно уложить в валики прибордюрный мусор, который затем легко убрать бульдозером-погрузчиком ДЗ-133 или многоковшовым погрузчиком ТМ-3. Машина МУН-2 решает проблему качественной уборки дорог от наносов, пыли, грязи, снега и

погрузки их в транспортные средства. Белорусскими предприятиями выпускается весь комплекс машин обеспечивающих летнее содержание дорог (табл. 5.1) с прилегающими инженерными сооружениями.

Таблица 5.1.

Машины для летнего содержания дорог

№ п/п	Наименование технологического процесса	Наименование технич. средства, выполняющего технологич. процесс	Модель	Завод-изготовитель
1	Сдвиг и образование валка на расстоянии 1,5 м от бордюра	Машина для уборки наносов	МУН-1, МУН-2	ОАО "Амкодор"
2	Погрузка наносов	Погрузчик, бульдозер-погрузчик	Погрузчик непрерывного действия ТМ-3, Бульдозер-погрузчик ДЗ-133	ОАО "Амкодор"
3	Подметание улиц с шириной более 7 м	Подметальная щётка	Машина Амкодор 4031 с пылеподавлением в зоне щётки, КЭП-3000 (типа "Бродвей")	ОАО "Амкодор"
4	Подметание тротуаров, дворов, проездов	Малогабаритные погрузчики со сменным рабочими органами (щётка, ковш со щёткой)	Погрузчики Амкодор 203 и Амкодор 208	ОАО "Амкодор"
5	Мойка асфальто- и цементобетонных покрытий	Поливомоечная машина	АМП-7, АГМ-712	ГП "Дортрестройиндустрия Коммаш.г. Осиповичи"
6	Установка недостающих знаков и ограждений	Ямобур Столбостав	КОРС-13.26.00.000,НО-66.21	ГП "Дортрестройиндустрия", ПКМП "Белдортехника"
7	Очистка кюветов	Кюветоочиститель	НО-66.16	ПКМП "Белдортехника"
8	Скашивание травяной растительности	Косилка	КДД-5, НО-66.10	ГП "Дорвектор" ПРСО "Минск облдорстрой", ПКМП "Белдортехника"
9	Срезка кустарников	Аппарат для срезки	НО-66.02	ПКМП "Белдортехника"

Машина МУН-1 монтируется на базе трактора МТЗ-80/82, обеспечивает работу со скоростью до 4,26 км/ч и убирает наносы с плотностью до 2,14 т/м³. Машина МУН-2 выполняется прицепного типа.

Подметально-уборочные машины изготавливаются «Амкордом» и Мозырским заводом мелиоративных машин. Конструкция их рассмотрена в п. 15.1.2.

Очистка кюветов от наносов, как и нарезка кюветов, производится обычно автогрейдером, реже – одноковшовыми экскаваторами, главным образом в местах с повышенной влажностью.

Постоянной проблемой является быстрое зарастание кюветов и обочин растительностью, в том числе и кустарником. Для этой цели используется косилка НО-9.

Ротационная косилка (рис. 15.17) предназначена для снбивания сорной растительности на обочинах, откосах, разделительных полосах автомобильных дорог в кюветах; стрижки снегозащитных и декоративных насаждений; обрезки кустарника, растущего вдоль дорог и на полосе отвода, а также сучьев отдельно стоящих деревьев.

Базовым шасси является трактор «Беларусь» МТЗ-80/82, на кабине которого монтируются фонарь световой сигнализации и защитное сетчатое ограждение, предохраняющее стекло кабины от случайного попадания камней и других посторонних предметов из зоны рабочего органа.

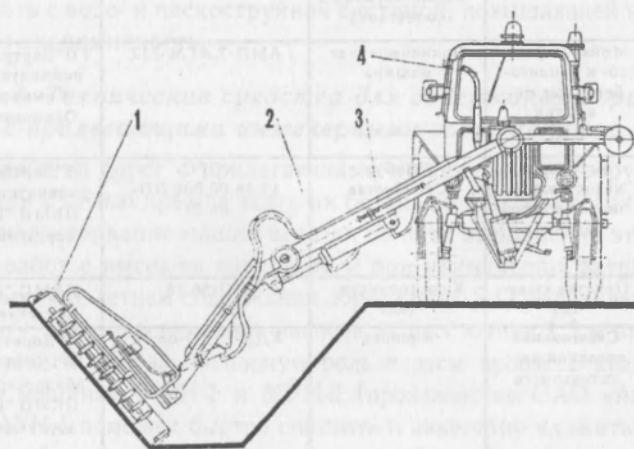


Рис. 15.17. Ротационная косилка: 1 – режущий аппарат; 2 – механизм навески; 3 – система гидропривода; 4 – базовое шасси.

В задней части трактора имеются кронштейны для дорожных знаков. Механизм навески служит для установки режущего аппарата в рабочее или транспортное положение. Он состоит из стрелы и рукояти, шарнирно соединенных между собой, обвязочной рамы и секции противовеса. Стрела, рукоять и режущий аппарат перемещаются при помощи трех гидроцилиндров. Вылет секции противовеса автоматически регулируется трособлочным механизмом, установленным на кронштейне в задней части трактора в зависимости от удаленности режущего аппарата от продольной оси базового шасси. Защита гидравлической системы от перегрузок осуществляется предохранительным клапаном, смонтированным на боковой стенке бака. Вращение редуктора привода насоса производится от вала отбора мощности трактора.

При вращении ротора (рис. 15.18) подвижные ножи под действием центробежной силы устанавливаются в рабочее положение, однако при столкновении с непреодолимыми препятствиями они отклоняются из зоны реза, что обеспечивает их сохранность. На корпусе смонтирована опорная плита, к которой крепится защитное ограждение, выполненное из двух секций, шарнирно соединенных между собой. В рабочем положении секции стопорятся при помощи откидных болтов. Такая конструкция ограждения позволяет производить осмотр ротора и замену ножей в полевых условиях.

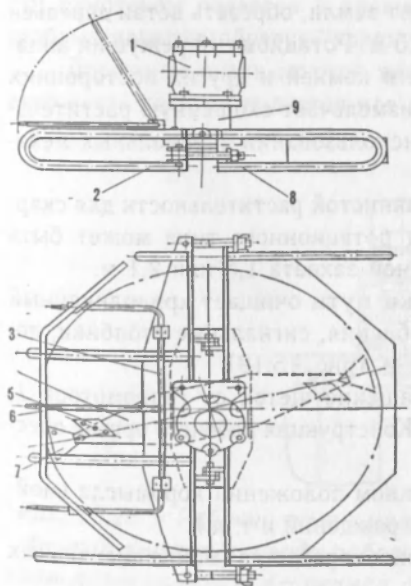


Рис. 15.18. Режущий аппарат ротационной косилки: 1 – гидромотор привода режущего аппарата; 2, 8 – секции защитного ограждения; 3 – поворотная решетка; 4 – ротор; 5, 7 – ножи; 6 – отражатель; 9 – корпус.

На передней секции смонтирована поворотная решетка 3, состоящая из параллельно расположенных прутьев, объединенных поперечным элементом. Решетка установлена с возможностью поворота прутьев в вертикальной плоскости. Кроме того, прутья решетки 3 расположены таким образом, что делят расстояние между опорными лыжами секции 2 на равные промежутки.

При скашивании мелкой и средней растительности прутья решетки 3 опускаются в нижнее горизонтальное положение. В этом случае расстояние между ними и прутьями секции 2 минимальное (10–12 см).

При скашивании участков с густой и высокой растительностью прутья решетки 3 устанавливаются под некоторым углом к горизонтальной плоскости. В этом случае фактическое расстояние между прутьями решетки 3 и секции 2 увеличивается до размеров, исключающих их забивку растительными остатками.

На решетке крепится дугообразный отражатель, который можно перемещать вдоль ее прутьев и фиксировать в необходимом рабочем положении. Задняя секция 8 ограждения также оснащена опорными лыжами.

Ротационный режущий аппарат может работать в различных условиях: скашивать растительность наклонно вверх или вниз относительно горизонтальной плоскости, подрезать кустарник и зеленые снегозащитные насаждения на различной высоте от земли, обрезать ветви деревьев диаметром до 40 мм на высоте до 4–4,5 м. Ротационный режущий аппарат невосприимчив к попаданию в него камней и других посторонних предметов. Кроме того, он полностью измельчает скошенную растительность, поэтому нет необходимости в использовании специальных механизмов для сбора массы.

При скашивании однородной травянистой растительности для скармливания ее скоту режущий аппарат ротационного типа может быть заменен сегментно-пальцевым с шириной захвата 1,5 или 2,1 м.

Машина для мойки обстановки пути очищает криволинейный брус и другие ограждающие приспособления, сигнальные столбики, дорожные знаки, павильоны, беседки и т. д. (рис. 15.19).

Рабочий орган осуществляет вращение щеток от гидромотора 1, установленного на корпусе редуктора. Конструкция рабочего органа обеспечивает два режима работы:

- 1) вращение щеток при неподвижном положении коромысла (мойка криволинейного бруса, дорожных ограждений и т. д.);
- 2) одновременное вращение щеток и коромысла (мойка сигнальных столбиков).

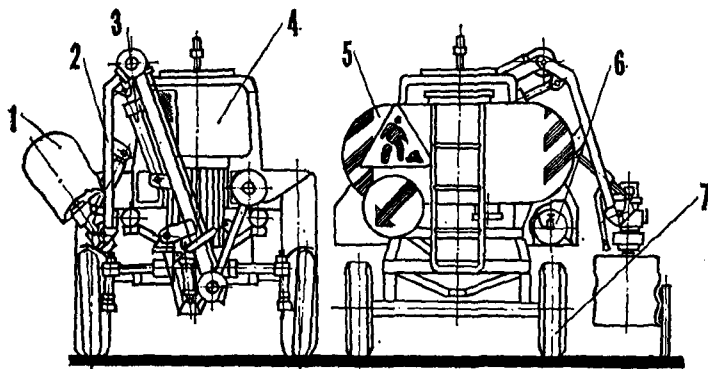


Рис. 15.19 – Машина для мойки обстановки пути: 1– рабочий орган; 2–механизм навески; 3– система гидропривода; 4– базовое шасси; 5–емкость для моющей жидкости; 6–устройство для мойки дорожных знаков; 7–двухосный прицеп.

Рабочий орган (Рис.15.20)переключается с одного режима на другой при помощи специального механизма. При мойке жидкость из емкости самотеком подается к вращающимся щеткам и, попадая на них, разбрызгивается, образуя “водяную ванну” в зоне работы.

Дорожные знаки моются при помощи ручной щетки, во внутреннюю часть которой подается под давлением моющая жидкость.

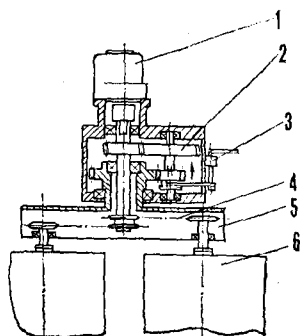


Рис. 15.20 – Рабочий орган машины для мойки обстановки пути: 1– гидромотор привода рабочих органов; 2– редуктор; 3–механизм переключения; 4– цепная передача; 5– коромысло; 6– щетка.

Машина для очистки криволинейного бруса снимает старую краску, ржавчину и различные загрязнения криволинейного бруса перед его ежегодной окраской (рис. 15.21). Рабочий орган машины выполнен в виде приводимой во вращение щетки с металлическим ворсом, частично защищенной кожухом, на котором смонтированы У-образные направляющие ролики.

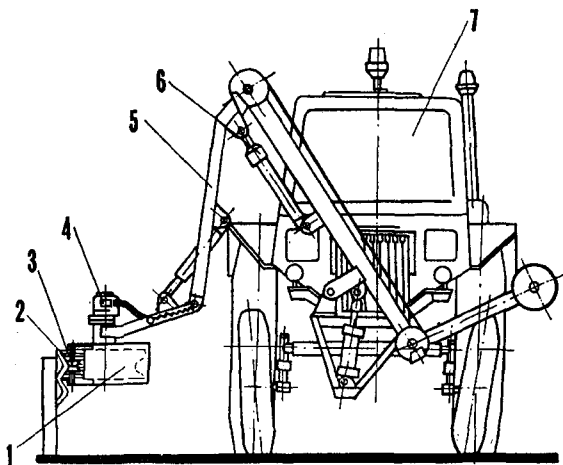


Рис. 15.21. Машина для очистки криволинейного бруса: 1 – кожух рабочего органа; 2 – щетка; 3 – направляющий ролик; 4 – гидромотор привода рабочего органа; 5 – механизм навески; 6 – система гидропривода; 7 – базовое шасси.

Машина для окраски обстановки пути наносит на элементы обустройства автомобильных дорог водно-меловые, водно-известковые растворы, а также лакокрасочные материалы. В конструкцию машины входят размещенная на двухосном прицепе компрессорная установка, красконагнетательные бачки, емкости для растворителя и краскораспылители. Привод компрессорной установки – от системы гидропривода.

Глава 16. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕМОНТА ДОРОГ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

16.1. Машины для ремонта, регенерации асфальтобетонных покрытий

Машины и оборудование, составляющие эту группу, предназначены для выполнения всего комплекса работ, связанных с ремонтом покрытий городских дорог и восстановлением асфальтобетонных покрытий. С помощью таких машин выполняют работы: по регенерации, разогреву асфальтобетонных покрытий и их фрезерованию; транспортированию и распределению битума и щебня, заделке трещин; ремонту швов; ямочному ремонту покрытий; разрушению покрытий, а также рытью ям и др.

Для восстановления асфальтобетонных покрытий широко применяют машины, работающие по методу терморемонтирования, который основан на использовании полностью или частично старого асфальтобетона, пригодного по своим свойствам и характеристикам к повторному применению.

Машина «Репавер» (ФРГ) представляет собой самоходный агрегат длиной до 13 м, массой около 30 т. Рабочее оборудование ее состоит из бункера для новой асфальтобетонной смеси и трех нагревательных блоков инфракрасного излучения. На задней приводной оси расположено оборудование для приготовления новой асфальтобетонной смеси, состоящее из двух распределительных шнеков, трамбуемого бруса и вибрационной (заглаживающей) плиты. Двигатель машины вместе с распределительным редуктором установлен на шасси агрегата над его задней осью. От распределительного редуктора осуществляется привод конвейеров, шнекового распределителя, механизма передвижения, систем охлаждения рабочей жидкости и управления рабочими органами. Передвижение машины обеспечивается гидрообъемной трансмиссией, подъем и опускание рабочих органов – гидроцилиндрами. Вскрышное устройство состоит из рыхлителя асфальтобетонного покрытия, разделенного на четыре сегмента шириной 62,5 см, в каждом из которых расположено пять рядов взрыхляющих ножей с резаками из твердого сплава. Ножи установлены с интервалом 13 см и сдвинуты один по отношению к другому. Высоту установки каждого из сегментов можно регулировать с помощью гидроцилиндра; можно регулировать и высоту установки допол-

нительных сегментов (шириной 25 и 50 см), которые вместе с основными составляют общую максимальную ширину агрегата 4,25 м.

Разогретое дорожное покрытие взрыхляется ножами с наконечниками из твердого сплава, которые прикрепляют к плите рыхлителя стальными разъемами. Форма наконечников ножей обеспечивает сохранение структуры (зерен) асфальтобетонной смеси при ее взрыхлении. Глубина внедрения ножей в покрытие регулируется бесступенчато. Сзади плиты установлены распределительный шнек и отвал.

С помощью первых двух блоков инфракрасного излучения старое покрытие разогревается. В зависимости от скорости движения машины и неровностей поверхности дороги регулируют интенсивность и степень нагрева. Регулирование обеспечивается путем подъема и опускания блоков, а также включения или выключения отдельных рядов горелок. Температура разогрева старого асфальтобетона соответствует его пластическому состоянию, что позволяет при взрыхлении также не допускать дробления зерен асфальтобетона.

Машина ДЭ-232 предназначена для ремонта и регенерации асфальтобетонных покрытий на дороге путем разогрева и рыхления их, добавления новой смеси (с перемешиванием ее со старой или без перемешивания) и последующего профилирования с предварительным уплотнением (рис. 16.1). Машина выполнена самоходной на пневмоколесном ходу с гидроприводом всех рабочих органов и смешанным (гидромеханический, с коробкой передач) приводом хода.

В соответствии с назначением машина имеет следующие основные рабочие органы и агрегаты: газовое оборудование, рыхлитель, подборщик, передний бункер для приема смеси, транспортирующее, смесительное и распределительное устройства, оборудование для предварительного уплотнения.

Газовое оборудование включает в себя емкость для газа, испаритель, систему газопроводов, инфракрасные излучатели (горелки), регулиющую и контрольную аппаратуру и устройство для разжигания горелок. Основное назначение газового оборудования – разогрев асфальтобетонного покрытия на глубину 3–4 см до температуры около 60°C при температуре на его поверхности не выше 180°C и обогрев отдельных узлов и агрегатов машины для предотвращения остывания новой и регенерируемой асфальтобетонной смеси. Геометрическая вместимость емкости для газа – не менее 6 м³. Поверхностная плотность теплового потока инфракрасного излучения – не менее 0,001–0,016 Вт/(м² ч).

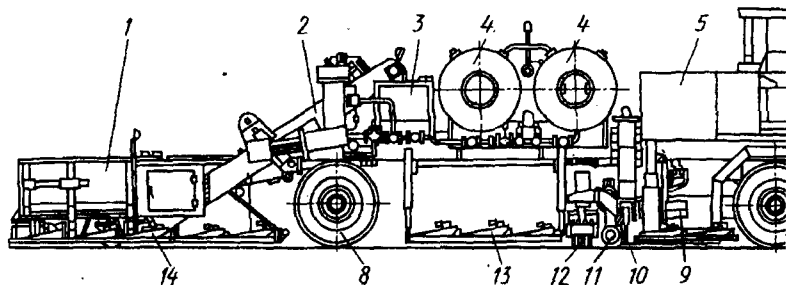


Рис. 16.1. Машина ДЭ-232 для ремонта и регенерации асфальтобетонных покрытий методом терморемонтирования: 1 – приемный бункер с транспортирующим устройством для новой смеси; 2 – система транспортеров; 3 – дозирующее устройство; 4 – резервуары для сжиженного газа; 5 – двигатель; 6 – трамбующий брус и выглаживающая виброплита; 7 – распределительный шнек; 8 – ходовые передние и задние ведущие мосты; 9 – смеситель; 10 – планирующий отвал; 11 – шнековое (фрезерное) устройство; 12 – рыхлитель; 13 – второй нагревательный блок; 14 – первый нагревательный блок.

Горелки объединены в секции с подачей газа отдельно в каждую секцию. Секции горелок объединены в блоки. Расположение блоков позволяет осуществлять “пунктирный” нагрев ремонтируемого покрытия и догрев нижележащего слоя. Высоту установки блока горелок в рабочем положении над поверхностью покрытия можно регулировать в пределах 50–250 мм (кроме блока горелок, расположенного рядом с приемным бункером).

Рыхлитель обеспечивает разрыхление нагретого асфальтобетонного покрытия до кусков, максимальный размер которых не должен превышать 50 мм. Максимальная глубина рыхления разогретого покрытия 40 мм. Конструкция рыхлителя позволяет пропускать выступающие люки колодцев.

Подборщик взрыхленного материала предназначен для сбора взрыхленной рыхлителем асфальтобетонной смеси и подачи ее в смесительное устройство (при работе в режиме “Ремикс”) или к краю ремонтируемой полосы (при работе в режиме “Репавер”). Одновременно подборщик обеспечивает профилирование поверхности и выполнение ровной кромки покрытия. Рабочая ширина подборщика – 2500, 3100, 3600, 3850 мм.

Передний бункер для приема новой асфальтобетонной смеси — с управляемыми боковыми стенками, что обеспечивает полное его опорожнение. Вместимость бункера (по асфальтобетонной смеси) не менее 4 т.

Транспортирующее устройство (конвейер) перемещает новую асфальтобетонную смесь от приемного бункера к смесительному устройству или в зону распределения регенерированной асфальтобетонной смеси. Транспортирующее устройство обеспечивает регулирование норм подачи новой смеси. Пространство, в котором перемещается новая смесь, во избежание ее охлаждения обогревается инфракрасными излучателями.

Смесительное устройство (смеситель) предназначено для перемешивания регенерируемой и новой асфальтобетонной смеси во всех режимах работы машины, при любом соотношении компонентов. Конструкция смесительного устройства обеспечивает легкий доступ к его внутренней части для осмотра и очистки. Стенки смесительного устройства обогреваются инфракрасным излучением.

Распределительное устройство предназначено для распределения регенерированной смеси и (или) нового асфальтобетона на ширину ремонтируемой полосы покрытия. Распределительное устройство обеспечивает автоматическое выдерживание заданной толщины и профиля распределяемого слоя по всей ширине ремонтируемой полосы.

Предварительное уплотнение уложенной смеси осуществляется вибротрамбующей плитой. Предусмотрен обогрев поверхности вибротрамбующей плиты газовыми горелками.

Трансмиссия и ходовое оборудование обеспечивают перемещение машины с рабочей скоростью 0–8 м/мин и транспортной (своим ходом) — до 7 км/ч. На большие расстояния машину можно транспортировать одним из двух способов: на буксире (с отключенной коробкой передач) или на трейлере со скоростью до 40 км/ч. Все колеса ведущие. Привод переднего моста может быть отключен. Колеса оборудованы стояночными тормозами. При максимальной скорости (3 м/мин) и максимальной глубине разогретого покрытия (40 мм) расход новой смеси 40 кг/м².

Для управления рабочими органами предусмотрены два поста управления с двух сторон машины. Управление положением рабочих органов, регулирование подачи новой смеси и управление ходовыми колесами гидравлическое.

Машины «Робот» (ФРГ) используют для разогрева старого асфальтобетонного покрытия перед его срезанием. Рабочий орган машины фреза (типа RS-2000 или RS-2350) — установлен на автомобиле-тягаче «Унимог» позади его ведущих колес.

Блок горелок для разогрева асфальтобетонного покрытия и снижения усилия резания расположен перед передними колесами автомобиля. Фреза RS-2000 – барабан, на поверхности которого закреплены 160 ножей из износостойкой стали с режущей кромкой шириной 50 мм. Вал его вращается в направлении, обратном движению машины. Привод его осуществляется через боковые редукторы и гидродвигатели от насоса, приводимого в действие от дополнительного двигателя мощностью 51,5 кВт. Двигатель установлен на платформе базовой машины. Глубина фрезерования регулируется положением жестких боковых опорных колес, закрепленных на боковых редукторах. Фреза поднимается и опускается с помощью гидроцилиндра. Нагревательный блок размером 2000X850 мм и массой 65 кг состоит из 20 инфракрасных горелок, работающих от баллонов со сжиженным пропаном, которые установлены на платформе автомобиля. Расход газа для каждой горелки составляет 4 кг. Снятый материал забирается ковшовыми погрузчиками, после чего полотно очищают подметальные машины.

Производительность фрезы при глубине фрезерования 25–40 мм зависит от типа машины и достигает 750 м²/ч.

16.2. Машины для разогрева асфальтобетонных покрытий

При ремонте асфальтобетонных покрытий городских улиц и дорог для облегчения обработки материала дорожного покрытия его разогревают специальными машинами – разогревателями и отжигателями асфальта. В дождливую погоду они могут быть использованы для просушки ремонтируемого участка, зимой – для оттаивания мерзлых грунтов. Отжигатели асфальта более просты, чем разогреватели, однако при обработке асфальтобетонного покрытия с помощью отжигателя под действием открытого пламени в асфальтобетоне выгорает битум, что приводит к разрушению структуры асфальтобетона и не позволяет использовать его вторично. Асфальторазогреватели классифицируют: по виду теплопередачи – на конвекционные (передача теплоты открытым пламенем) и радиационные (передача теплоты с помощью инфракрасных излучателей); по назначению – на разогреватели, разогреватели-планировщики и разогреватели-ремонтёры; по типу нагревателя – на жидкотопливные, газотопливные и электрические. Разогреватели, в свою очередь, могут быть ручными, прицепными и самоходными.

Наибольшее распространение получили газотопливные и электрические радиационные разогреватели на базе грузовых автомобилей и колесных тракторов. Основное преимущество использования радиационных

разогревателей – сокращение продолжительности разогрева вследствие отсутствия термического сопротивления пограничного слоя инфракрасному излучению. Лучистая энергия поглощается непосредственно поверхностью и глубинными слоями асфальтобетонного покрытия, причем излучение проникает тем глубже, чем меньше длина их волн (максимальное количество теплоты передается при длине волны 2,5–2,7 мкм).

Режим радиационного разогрева состоит из двух периодов: разогрев поверхности покрытия до температуры не менее 180°C и дальнейший регулируемый нагрев покрытия по всей его толщине (при неизменной температуре на поверхности покрытия) до температуры около 80°C на стыке покрытия с основанием. Ремонтируемый участок разогревают с помощью блока горелок, устанавливаемых над поверхностью покрытия на расстоянии 10–20 см от излучателя. При этом плотность теплового потока у поверхности разогреваемого покрытия равна 70–81,4 кВт/м² (для конвекционных разогревателей – 40–46,5 кВт/м²).

Газовые инфракрасные излучатели отличаются простотой устройства и обслуживания, возможностью регулирования мощности излучения в широких пределах путем изменения давления газа, подводимого к смесителю горелки. Недостатки их – возможность задувания пламени при скорости ветра более 6–8 м/с, относительно небольшой срок службы, необходимость проведения дополнительных мероприятий по технике безопасности, так как обслуживающему персоналу приходится работать со сжиженным газом (пропаном).

При текущем ремонте асфальтобетонных покрытий городских дорог и площадей используют радиационные асфальтозагретители с газовыми инфракрасными излучателями (рис. 16.2).

Асфальтозагретитель АР-53А предназначен для разогрева обрабатываемых участков асфальтобетонных покрытий газовыми инфракрасными излучателями, добавления в случае необходимости новой асфальтобетонной смеси, уплотнения уложенной массы, сопряжения полос ранее сооруженного покрытия с новым. Его используют для проведения текущего ремонта малых и средних карт дорожного покрытия (площадью более 10 м²) вместе с самоходным катком, входящим в комплект. Специальное оборудование асфальтозагретителя смонтировано на шасси автомобиля ГАЗ-53 и состоит из кузова, блока горелок, линейки горелок, комплекта баллонов со сжиженным газом, коммуникаций, генератора синхронного трехфазного типа.

Ремонтируемое покрытие после его очистки и разметки разогревают блоком горелок: по всей площади – при ремонте небольших карт, и

по периметру отмеченного контура – при ремонте больших карт. После взрыва граблями разогретого на глубину 3–4 см асфальтобетонного покрытия добавляют в рекомендуемое место новый материал из бункера-термоса, перемешивают его с разогретым старым и смесь уплотняют от краев к середине ремонтируемого места. Места сопряжений старого и нового покрытий разогревают с помощью линейки горелок. Во время проведения ремонтных работ температура покрытия должна быть в пределах 130–150°С. Продолжительность технологических операций после окончания разогрева покрытия до укатки ремонтируемого участка не должна превышать время сохранения разогретым асфальтобетоном температуры не ниже 100°С. После окончания работ ручной вибротрактор и блок горелок устанавливают в транспортное положение.

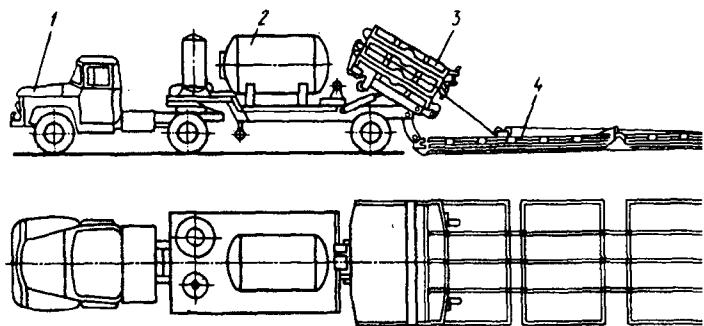


Рис. 16.2. Разогреватель ЭД-92 асфальтобетонных покрытий:
1 — базовый тягач; 2 — емкость для топлива; 3 — нагревательные блоки в транспортном положении; 4 — то же, в рабочем положении.

Кузов асфальторазогревателя служит для размещения рабочего оборудования. В его передней части оборудована кабина для перевозки двух человек. Блок горелок представляет собой металлическую раму с закрепленными в ней газовыми инфракрасными излучателями. При разогреве покрытия поверхность блока горелок должна быть параллельна поверхности покрытия. В транспортном положении блок он располагается вертикально. Поднимают и опускают его с помощью гидроцилиндра. Линейка горелок представляет собой металлическую раму с укрепленными в ней в ряд газовыми инфракрасными излучателями. В транспортном положении линейка находится внутри кузова (с левой стороны), где установлены также баллоны со сжиженным газом (для питания блока и линейки горелок) и электровибротрактор.

Для питания электровиброкатка используют генератор переменного тока. Привод генератора осуществляется от коробки отбора мощности двигателя автомобиля. Бункер-термос обеспечивает хранение горячей асфальтобетонной смеси. Смесь подается в тележку через открытый (с помощью гидроцилиндра) лоток бункера и перевозится на участок проведения работ.

Крутящий момент от вала коробки отбора мощности, прифланцованной к коробке передач базового шасси, передается на ведущий вал насоса гидропривода, а от нижнего вала – входному валу генератора карданной и ременной передачами. Гидросистема асфальтозагревателя АР-53А состоит из шестеренного насоса, гидрораспределителя, гидроцилиндров поворота, подъема и опускания блока горелок, задней двери и телескопического цилиндра виброкатка, масляного бака, дросселей, сетчатого фильтра и маслопроводов.

Основным отличием асфальтозагревателя АР-53 от асфальтозагревателя АР-53А является отсутствие в его составе средств уплотнения асфальтобетонной смеси, в связи с чем при мелкочном ремонте необходимо в комплексе с асфальтозагревателем АР-53 дополнительно использовать моторный каток.

Асфальтозагреватель РА-10 предназначен для разогрева поврежденных участков асфальтобетонных покрытий при ремонте городских улиц и площадей, а также автомобильных дорог и аэродромных покрытий. Специальное оборудование смонтировано на шасси автомобиля УАЗ-450Д и состоит из газобаллонной установки, блока горелок, линейки, кузова, гидросистемы и ходоуменьшителя.

Асфальтозагреватель ДЭ-2 на шасси автомобиля УАЗ-451ДМ состоит из ходоуменьшителя с рычагами управления, кузова, газобаллонной установки, коммуникации, блока газовых инфракрасных излучателей с горелками ВИГ-1, механизма подъема блока горелок, гидро- и электрооборудования.

Для повышения качества работы и сокращения времени разогрева и расхода газа на асфальтозагревателях устанавливают систему автоматического регулирования (САР) процесса разогрева покрытия. Такая система установлена на асфальтозагревателе 4109. Специальное оборудование навешивается на колесный трактор МТЗ-50. Блок горелок установлен впереди трактора на раме, поднимаемой в транспортное положение с помощью гидроцилиндра и цепной передачи. Сзади трактора (в специальном металлическом шкафу) установлены пять баллонов со сжиженным газом. Поднимается и опускается блок с помощью гидро-

распределителя гидропривода трактора. При необходимости блок можно перемещать вручную на катках (на расстояние 200 мм вправо или влево). На раме блока горелок установлен датчик САР, который в рабочем положении упирается в разогреваемое покрытие. Его исполнительный механизм – электромагнитный клапан закреплен на раме блока горелок. Он регулирует количество газа, подаваемого к излучателям. В первоначальный период разогрева САР обеспечивает интенсивное повышение температуры на поверхности покрытия путем подачи к горелкам газа под большим давлением. При достижении температуры 170–250°C на поверхности дорожного покрытия исполнительный механизм системы САР автоматически снижает давление газа до уровня, при котором обеспечивается постоянство температуры нагрева.

Один из основных элементов асфальтозагреевателей рассмотренных типов – газовые инфракрасные излучатели. Они могут быть с керамическим или металлическим излучателем. Газ от форсунки попадает в эжектор-смеситель, куда поступает также эжектируемый струей газа воздух из атмосферы. Далее смесь газа с воздухом проходит в распределительную коробку и выходит через каналы излучателя наружу со скоростью 0,1–0,14 м/с. При воспламенении специальным запальником выходящая из излучателя газозвудушная смесь сгорает на поверхности излучателя, передавая ему основную часть теплоты продуктов сгорания. Излучатель раскаляется до температуры 850–900°C и становится источником инфракрасного излучения.

Керамический излучатель представляет собой панель, состоящую из отдельных керамических плиток размерами 65x45 мм и толщиной 12 мм. В каждой плите имеется 500–1400 цилиндрических каналов (в зависимости от ее типа) диаметром 0,8–1,7 мм.

Горелки собирают в блок, который для придания ему ветроустойчивости сверху (в зоне подсоса воздуха) оборудуют защитным съемным кожухом, а снизу (в зоне горения) по периметру – специальной «юбкой» из жаростойкой стали. Швы между горелками заделывают шамотной массой для предотвращения попадания продуктов сгорания в инжекторную часть горелок.

Загрееватели с электрическими излучателями более долговечны, менее чувствительны к воздействиям ветра и отрицательной температуры окружающего воздуха. В качестве их нагревателей применяют кварцевые инфракрасные излучатели КИ-220-1000 и трубчатые металлические типа ТЭН. Эти нагреватели обладают рассеянным излучением, поэтому для создания направленного потока излучения их помещают в

рефлектирующее устройство, которое в комплекте с поддерживающим металлическим коробом составляет разогреватель покрытия. На разогревателях с электрическими излучателями также устанавливают САР, который в этом случае работает по следующей схеме. На разогреваемый участок покрытия опускают рабочий орган, при этом чувствительный элемент САР (термопара) упирается в покрытие и включает электронный потенциометр. При нагревании поверхности покрытия до заданной температуры реле по сигналу термопары выключает магнитный пускатель и электрические излучатели. При снижении температуры поверхности покрытия ниже заданной по сигналу термопары включаются катушки магнитного пускателя и подается электроэнергия излучателям. Система САР установлена на асфальтозагретеле на базе самоходного шасси Т-16М.

Для разогрева асфальтобетонных покрытий применяют также асфальтоотжигатели, смонтированные на автомобилях и колесных тракторах. Рабочее оборудование отжигателя состоит из бака для технологического топлива, вентилятора высокого давления, форсунки и навесного металлического зонта. Привод вентилятора осуществляется от двигателя базового шасси.

16.3. Машины для фрезерования разогретых асфальтобетонных покрытий

Эти машины могут перемещаться к месту работы своим ходом со скоростью до 30 км/ч, фреза зафиксирована в транспортном положении. Подготовка машины к работе заключается в опускании фрезы в рабочее положение так, чтобы резцы не касались поверхности покрытия, а рабочий орган установился бы на опорные ролики (рис. 16.3).

Машина работает в комплексе с разогревателем ЭД-92 асфальтобетонных покрытий. Разогреватель производит разогрев на заданную глубину до температуры, обеспечивающей размягчение покрытия. Машина ЭД-94 следует за разогревателем на расстоянии не более 15 м. Водитель находится в кабине и контролирует скорость и направление движения машины, а также поднимает рабочий орган при возникновении препятствий (люки канализационных, телефонных и других колодцев, решетки ливневой канализации и др.). Оператор, обслуживающий машину, регулирует глубину фрезерования с помощью регулировочных винтов опорных роликов.

Первоначальное заглубление фрезы производится на месте. Регулирование глубины фрезерования в процессе работы не требует оста-

новки машины. Перекос фрезы в направлении, поперечном движению машины, допускается в пределах 10° . Рабочий участок должен быть отмечен переносными ограждениями. Отфрезерованную массу вывозят на асфальтобетонные заводы, где ее используют повторно. По окончании рабочей смены с помощью регулировочных винтов опорных роликов фрезу выводят из забоя, очищают от налипшей массы и переводят в транспортное положение.

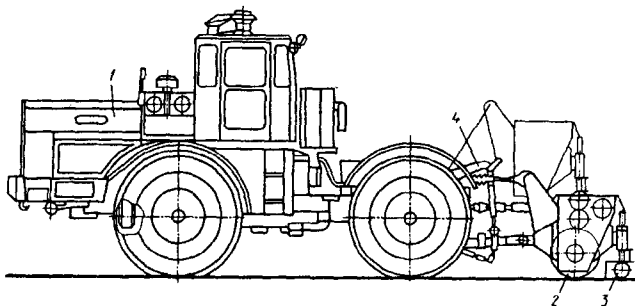


Рис. 16.3. Машина ЭД-94 для фрезерования разогретых асфальтобетонных покрытий: 1 — тягач; 2 — фреза; 3 — опорное устройство фрезы; 4 — механизм подъема и опускания фрезы.

Ремонтёры и оборудование для текущего ремонта дорог. Для обеспечения комплексной механизации работ по текущему ремонту и содержанию городских улиц и дорог применяют специальное оборудование, а также машины, оснащенные этим оборудованием, — ремонтёры, которые производят ямочный ремонт дорожных покрытий и заделку трещин и швов. В процессе ремонтных работ сжатым воздухом или щетками очищают поврежденные места от грязи, разогревают асфальтобетонное покрытие нагревательными установками или разрушают его механическим способом, удаляют изношенный слой покрытия, укладывают новую асфальтобетонную смесь, разравнивают и уплотняют ее. Кроме того, ремонтёры оснащены дополнительным оборудованием для специальных работ по уходу за дорожными знаками и зелеными насаждениями, окраске элементов обстановки пути и искусственных сооружений.

Ремонтёры классифицируют по виду выполняемых работ, типу рабочего оборудования, способу передвижения и типу привода рабочих органов.

При текущем ремонте городских улиц и дорог с цементобетонным покрытием применяют подъемники для подъема просевших плит. Пространство под плитой заполняют цементным раствором, битумом или грунтом с добавкой битума. Битум, разогретый до температуры 200–215°C, нагнетают под плиту насосом от гидронатора под давлением 0,07–0,35 МПа. Для восстановления шероховатости цементобетонного покрытия используют специальные щетки.

Машина ДЭ-5А предназначена для проведения текущего ремонта городских улиц и автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием. Специальное оборудование ее размещено на шасси автомобиля ГАЗ-53А и состоит из бункера-термоса для транспортирования и хранения горячей асфальтобетонной смеси, компрессорной установки с пневмоинструментом, газового оборудования: блока газовых инфракрасных излучателей, баллонов, рукавов, — ручного инструмента для окраски обстановки пути и сооружений и гидропривода. Машина позволяет ремонтировать асфальтобетонное покрытие горячим способом — с применением инфракрасных излучателей и холодным способом — с механической вырубкой старого покрытия, а также очищать покрытия сжатым воздухом, окрасивать краскораспылителем элементы обстановки и сооружения, обеспечивать привод ручного механизированного пневмоинструмента.

При ремонте покрытия горячим способом ремонтируемый участок разогревают до температуры 120–160°C на глубину 3–4 см блоками горелок в течение 3–5 мин. Затем разогретую асфальтобетонную смесь покрытия перемешивают с добавляемой из бункера-термоса и разравнивают. Далее поверхность ремонтируемого участка покрытия укатывают ручным виброкатком, присыпают ее минеральным порошком и окончательно укатывают виброкатком.

Кузов сзади кабины машины разделен на три отсека: правый, левый и средний. В правом отсеке расположено пневмооборудование; в левом — газовое; в среднем — бункер-термос с теплоизолированными стенками, ковш-тележка для доставки и распределения асфальтобетонной смеси на ремонтируемый участок и ручной виброкаток в специальной кассете. Газовое оборудование машины представляет собой шесть газовых баллонов с регулятором давления, подключенных к коллектору, который соединен шлангами с блоком газовых инфракрасных излучателей и газовым запальником. Одна заправка баллонов обеспечивает ремонтные работы в течение шести-семи смен.

Привод компрессорной установки производится двигателем автомобиля ГАЗ-53А с помощью коробки отбора мощности, редуктора, кар-

данной и ременной передач. На редукторе привода компрессора установлен шестеренный насос, обслуживающий работу гидропривода машины.

В рабочее положение бункер-термос поднимается гидроцилиндром, обеспечивая автоматический перевод ковша-тележки, установленной на задней стенке кузова, и ручного виброкатка из транспортного положения в рабочее. Ковш-тележка загружается из бункера-термоса через люк-дозатор. Кассета виброкатка связана рычажным механизмом с механизмом подъема бункера-термоса. Виброкаток оснащен пневматическим вибровозбудителем, расположенным внутри валька. На машине имеется один пистолет-краскораспылитель.

Машина ДЭ-5 имеет то же назначение, что и ее модернизированный вариант – машина ДЭ-5А. Специальное оборудование размещено на шасси автомобиля ГАЗ-53А и состоит из бункера-термоса, емкостей для минерального порошка и битумной эмульсии, переносных блоков газовых инфракрасных излучателей, бензоэлектрического агрегата, ручной распределительной тележки, электровиброкатка, электромолотка, компрессора, ручного инструмента (лопат, гладилки, щетки и др.), ограждающих знаков, гидрооборудования, оборудования для окраски элементов дорожной обстановки. Последовательность и виды работ при ремонте асфальтобетонных дорожных покрытий для машин ДЭ-5 и ДЭ-5А одинаковы. Машина ДЭ-5 отличается от машины ДЭ-5А наличием бензоэлектрического агрегата и рабочего оборудования с электроприводом.

Насос гидросистемы установлен на редукторе, смонтированном на коробке передач автомобильного шасси, который оснащен механизмом включения. Привод компрессора, электровиброкатка и электромолотков осуществляется от асинхронных трехфазных электродвигателей с короткозамкнутыми роторами. Газовое оборудование машины состоит из шести баллонов для сжиженного газа (пропана), трубопроводных коммуникаций, регуляторов давления, контрольных приборов и газового коллектора, к которому с помощью резиноканевых шлангов длиной 25 м присоединены четыре переносных блока газовых инфракрасных излучателей.

Электровиброкаток оборудован встроенным в валок электровибратором; при уплотнении ремонтируемых мест каток перекачивают вручную. В комплект рабочего оборудования машины входит один пистолет-краскораспылитель СО-71.

При ремонте дорожных и тротуарных асфальтобетонных покрытий применяют машину МТРДТ. Рабочее оборудование смонтировано на шасси автомобиля ГАЗ-53А. Оно состоит из бункера-термоса, кузова (в передней части размещена кабина), битумного бака, гидроизолятора, элек-

троутюга, электрогенератора, компрессора, электромолотков, электровибротрамбовки, электровиброкатка, электроразогревателя, ручной тележки (рис. 16.4). Текущий ремонт дорожных асфальтобетонных покрытий производят посредством их вырубки и разогрева картами площадью до 5 м². Ремонтируемый участок предварительно очищают скребком с одновременной подачей воздуха от компрессора и просушивают электроразогревателем. Стенки карты при недостаточном подогреве выправляют электромолотками. Обработанную карту смазывают битумом. С помощью ручной тележки удаляют старый слой покрытия и подвозят свежую асфальтобетонную смесь. После укладки и разравнивания смеси спайку нового и старого слоев обеспечивают горячим электроутюгом по контуру карты. Карты шириной до 500 мм уплотняют электровибротрамбовкой, а более 500 мм – ручным вибркатком.

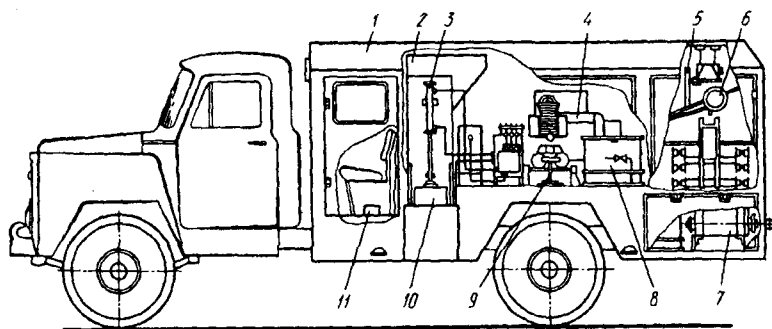


Рис. 16.4. Машина МТРДТ для ремонта дорожных тротуарных асфальтобетонных покрытий: 1 – кузов; 2 – бункер; 3 – гидросистема; 4 – генератор; 5 – лестница; 6 – ручная таль; 7 – вибркаток; 8 – битумный бак; 9 – компрессор; 10 – затвор; 11 – электрический утюг.

Битумный бак для транспортирования и поддержания постоянной температуры битума имеет двойные стенки, между которыми заложен теплоизоляционный материал. Битум подогревают вмонтированным в бак нагревательным элементом мощностью 3,5 кВт. Заданную температуру битума поддерживают терморегулятором. Для периодического перемешивания разогреваемого битума в баке установлена вращаемая вручную мешалка. Разогретый битум берут через специальную отводную трубу с краном. Гидроизолятор, предназначенный для нанесения разогре-

того битума на обработанную карту, представляет собой бачок круглой формы с расположенными внутри двумя трубками: горизонтальной, соединенной с эжектором, и изогнутой – для подачи сжатого воздуха. Битум в бачке поддерживается в расплавленном состоянии благодаря нагревательному элементу, вмонтированному в его двойное дно. Бачок заправляют по отводной трубе из битумного бака. Внутренняя полость бачка через отверстие в крышке соединена с атмосферой. На горизонтальной трубке установлен клапан для пропуски разогретого битума, на выходном конце изогнутой трубки – вентиль, регулирующий подачу воздуха. Идущий от компрессора по изогнутой трубке воздух создает на выходе эжектора разрежение, обеспечивая поступление горячего битума под струю сжатого воздуха и распыливая битум.

Электроутюг мощностью 3 кВт служит для разогрева кромок старого асфальтобетонного покрытия и соединения старого и нового покрытий, обеспечивая однородность стыковочного шва. Электроутюг состоит из двух частей – гладильной плиты и рукояти. Электрогенератор мощностью 20 кВт обеспечивает потребителей электроэнергией. Привод генератора осуществляется от вала двигателя базового шасси через коробку отбора мощности, карданный вал и клиноременную передачу. Компрессор обеспечивает работу распылителя и продувку карт. Электровибротрамбовка предназначена для уплотнения свежееуложенной массы при ширине ремонтируемого участка менее 500 мм, электровиброкаток – при ширине участка более 500 мм. Электроразогреватель мощностью 18 кВт обеспечивает предварительный разогрев участка и состоит из рамы с отражателем и 18 ламп инфракрасного излучения.

Серийно выпускаемая машина МТРД отличается от машины МТРДТ тем, что на ней вместо пневматического оборудования установлены два электромолотка, электротрамбовка, а также смонтирован электроразогреватель, облегчающий операции по вырубке старого асфальтобетона или обеспечивающий возможность ремонта покрытия без вырубки. Кроме того, машина МТРД дополнительно оснащена электровиброкатком и ручной тележкой для перевозки новой асфальтобетонной смеси и удаления старой. Унифицированные с машиной МТРДТ узлы: бункер-термос, битумный бак, электроутюг, битумный гидроизлятор, управление газом, коробка отбора мощности и, с частичной доработкой, кузов и рама.

При использовании машины МТРД ремонтируемый участок очищают сжатым воздухом от загрязнения, обрубают контуры участка и разрушают старое покрытие пневмомолотком, удаляют вручную старый асфальтобетон и смазывают ремонтируемый участок битумом. Затем

вручную раскладывают и разравнивают асфальтобетонную смесь и уплотняют ее пневмотрамбовкой. Места сопряжений старого и нового покрытий заглаживают электроутюгом.

Для укладки асфальтобетонной смеси на небольших участках, а также для асфальтирования узких улиц и дворовых проездов удобен асфальтораскладчик ЭД-1М (рис. 16.5).

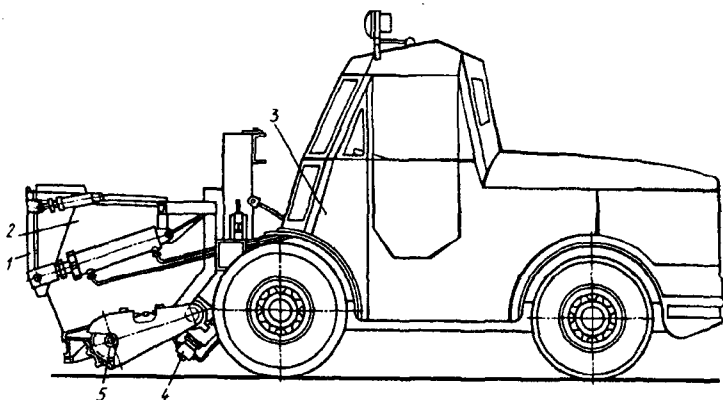


Рис. 16.5. Асфальтораскладчик ЭД-1М: 1 – крышка бункера; 2 – бункер; 3 – базовое шасси; 4 – гидроцилиндры; 5 – раздаточный барабан.

Базовым шасси асфальтораскладчика служит автопогрузчик 4045М, на который вместо вилочного гидроподъемника установлено раскладочное устройство, состоящее из бункера, барабанного питателя с цепным приводом и четырех гидроцилиндров. При заполнении бункера асфальтобетонной смесью из кузова автомобиля-самосвала крышка и передняя стенка бункера опускаются с помощью гидроцилиндров в горизонтальное положение, обеспечивая наезд задних колес автомобиля на крышку и выгрузку смеси на нее и переднюю стенку. Затем крышка и передняя стенка поднимаются и смесь заполняет бункер. В процессе работы асфальтоукладчика смесь из бункера распределяется по ремонтируемому участку ребристым цилиндрическим питателем, состоящим из двух барабанов, каждый из которых имеет самостоятельный гидропривод и позволяет укладывать смесь полосами шириной 1,25 и 2,5 м.

В процессе раскладки смеси машина движется задним ходом. Рабочими органами управляют из кабины водителя. Производительность асфальтораскладчика ЭД-1М – до 600 м²/ч, транспортная скорость – 20–25 км/ч.

Дорожный ремонтер 5320 предназначен для ликвидации поврежденных в асфальтобетонных покрытиях в виде выбоин, просадок, трещин, волн, наплывов. Ремонт производят горячими и холодными смесями, а также способом пропитки покрытий битумом или битумной эмульсией. Специальное оборудование ремонтера смонтировано на шасси автомобиля ЗИЛ-130 и двухосного прицепа. На шасси автомобиля расположены: гидравлический кран грузоподъемностью 400 кг; электростанция; компрессор; битумный котел с системой разогрева и распределения вяжущего материала; три тележки, оборудованные блоками газовых инфракрасных излучателей; электровиброкаток, три электромолотка; гидросистема; двухместная кабина для перевозки рабочих.

На автоприцепе установлен самосвальный бункер с двумя отсеками, используемый для транспортирования черных смесей и щебня, две ручные тележки и катушки с электрокабелем.

Дорожный ремонтер 4101 предназначен для небольших по объему работ при текущем ремонте черных покрытий облегченного типа, заделке трещин, а также при уходе за дорожными знаками и зелеными насаждениями. Оборудование машины смонтировано на двухосном прицепе и состоит из: электростанции; битумного котла с термоизоляционной обшивкой и системой разогрева вяжущего материала; системы распределения вяжущего материала; электровиброкатка с установленным внутри вибратором; катушки с электрокабелем для подключения электроинструмента; переносных разогревателей, оснащенных газовыми инфракрасными излучателями; двух резервуаров, один из которых предназначен для воды, другой – для известковой краски и ядохимикатов; двух бункеров для хранения и перевозки щебня и черных холодных смесей; пневматической щетки для очистки и мойки дорожных знаков; четырех газовых баллонов; компрессора.

Электростанция мощностью 4 кВт обеспечивает питание электродвигателей привода компрессора, битумного насоса системы распределения вяжущего материала и водяного насоса подачей 1,5 м³/ч, двух электромолотков и электровиброкатка. В систему разогрева вяжущего материала входят топливный бак с манометром и предохранительным клапаном, трубопроводы, две горелки испарительного типа. Битумный котел имеет систему автоматического регулирования режима разогрева вяжущего материала. В систему распределения вяжущего материала входит

шестеренный битумный насос и битумопровод с электрообогревателем, на конце битумпровода расположено распределительное устройство с распылителем.

Проводятся исследования по созданию ремонтных машин, которые позволят устранять волнообразные деформации, наплывы, трещины асфальтобетонных покрытий раскаткой при вертикально направленном механическом воздействии без вскрытия изношенного слоя и добавления свежей асфальтобетонной смеси.

В последние годы для ремонта дорог широко применяют холодное фрезерование асфальтобетона. Для этой цели используют как прицепные, так и самоходные машины, рабочим органом которых является барабан с закрепленными на нем съемными высокопрочными и износостойкими зубьями. Сфрезерованный асфальтобетон или подается на транспортёр и грузится в автосамосвал, или собирается погрузчиком с последующей погрузкой в автосамосвал. Выфрезерованный объем заполняется свежим асфальтобетоном и уплотняется. Эти машины выпускаются Беларусью (“Амкодор”) и Россией, но в большинство белорусских дорожных организаций используют машины, выпускаемые фирмами Германии.

16.5. Машины для заделки трещин и ремонта швов

При устранении трещин возникающих в покрытиях городских улиц и дорог, используют специальные машины и оборудование. В соответствии с технологией проведения ремонтных работ это оборудование позволяет очищать трещины от грязи, продувать их сжатым воздухом, просушивать, грунтовать стенки и заполнять их мастикой. Окончательной операцией является посыпка обработанной поверхности песком или высевками щебня. По типу ходового оборудования эти машины разделяют на ручные, перемещаемые на тележке, прицепные и самоходные.

Для разделки трещин применяют ручной механизированный инструмент: пневмоломы, пневмомолотки, перфораторы и электромолотки.

Одним из перспективных является способ резки асфальтобетонного покрытия с помощью струи горячих газов. Газоструйный термоинструмент установлен на машине ДЭ-10, предназначенной для разделки и очистки трещин в асфальтобетонных покрытиях. Машина ДЭ-10 представляет собой передвижную управляемую вручную тележку с расположенными на ней термоинструментом и топливным баком. Сжатый воздух в рабочий орган и топливный бак подается от автономного компрессора, а электрический ток для зажигания горючей смеси в камере

сгорания горелки – от автомобильного аккумулятора. Асфальтобетонное покрытие разрезается газовой струей температурой 1000° С, разделка трещин производится струей температурой 500° С, расчистка их без оплавления кромок – струей температурой 150°С.

Для заделки трещин дорожных покрытий в качестве автогудронатора используют машину ЭД-10А. Она выполнена на шасси автомобиля ГАЗ-53А и состоит из следующих основных узлов и систем (рис. 16.6): цистерны для битума, двух бункеров для песка, механизма поворота бункера, системы розлива битума, пневмо-, топливно- и гидросистем, специальной кабины, левого и правого боковых, а также заднего ящиков, электрооборудования.

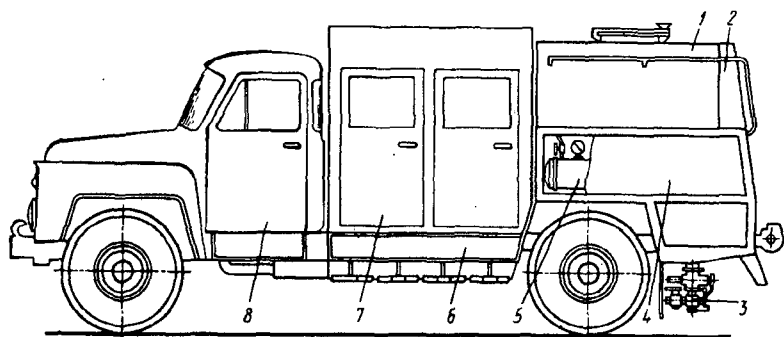


Рис. 16.6. Машина ЭД-10А для заделки трещин и ремонта швов:
1 — цистерна; 2 — задняя емкость; 3 — система розлива битума;
4 — боковые емкости; 5 — топливная система; 6 — бункер для
песка; 7 — кабина; 8 — базовое шасси.

Цистерна для битума сварная, установлена на раме шасси и закреплена стремлянками. Корпус ее термоизолирован слоем стекловолкна, удерживаемого съемной облицовкой. На вершине цистерны расположен задвижной люк с фильтром, через который ее наполняют битумом, а также осматривают, очищают и ремонтируют внутреннюю поверхность. Цистерна оборудована поплавковым указателем уровня и термометром. Внутри нее проходит жаровая труба для разогрева битума. В левом (по ходу движения) отверстии жаровой трубы устанавливают горелку, правое – закрыто крышкой, которую снимают при очистке трубы от нагара. Перед правым выходом жаровой трубы к ней приварена вытяжная тру-

ба (для выхода продуктов сгорания). С левой и правой стороны под специальной кабиной на петлях установлены бункеры для песка, используемого при заделке трещин асфальтобетонного покрытия. Загрузка бункера песком происходит при его повороте на петлях винтовыми механизмами. Система розлива битума состоит из распределителя, механизма управления им, битумного насоса, промывочного бака, трехходовых битумных кранов промывочного бака, механизма управления промывочными кранами, двух сливных кранов, двух ручных распределителей с кранами и трехходового крана ручных распределителей.

Распределитель квадратного сечения состоит из корпуса, 15 форсунок, штанги с пальцами, трех направляющих пальцев, рычагов. Внутри корпус разделен горизонтальными перегородками, позволяющими битуму циркулировать по распределителю. Битумный насос – шестеренного типа, имеет привод от гидродвигателя. Система розлива битума обеспечивает следующие операции: автогудронирование, циркуляцию битума через распределитель, ручной розлив, малую циркуляцию битума, промывку системы после автогудронирования и после ручного розлива, слив битума из системы.

Пневмосистема состоит из компрессорной установки, пневмолинии с запорным вентилем подачи сжатого воздуха в топливный бак, системы подогрева битума, пневмолинии подачи сжатого воздуха для продувки ручных распределителей, рукава с воздушным наконечником и запорным вентилем для очистки трещин. Компрессорная станция установлена в отделении специальной кабины и состоит из компрессора 0-38Б с ресивером клиноременной передачи, подшипниковой стойки с гидромотором привода компрессора. Давление в системе – 0,4 МПа. Топливная система подогрева битума состоит из топливного бака, горелки, установленной в жаровой трубе цистерны, переносной горелки, топливопроводов и регулирующих вентилей. Топливо (керосин) из бака подается к форсункам горелок по топливопроводам путем наддува бака сжатым воздухом. Привод гидронасоса осуществляется от коробки отбора мощности, установленной на фланце коробки передач двигателя базового шасси. В зависимости от положения гидрозолотника рабочая жидкость от гидронасоса поступает к гидромоторам приводов битумного насоса или компрессора.

Специальная кабина состоит из двух отделений: в переднем размещается бригада обслуживания, а в заднем – гидробак с гидроарматурой и компрессорная установка.

Дополнительным технологическим оборудованием этой машины, используемым при заделке трещин, является тележка для песка, предназ-

наченная для его транспортирования и распределения по залитым битумом трещинам. Тележка состоит из рамы, бункера, поворотного угольника, высевающего барабана с колесом привода, транспортных колес и механизма регулирования высева. При перемещении тележки вручную вращающийся барабан, который жестко связан с одним из передних колес, обеспечивает высев песка из бункера. Норма высева регулируется путем поворота заслонки бункера с помощью маховика, жестко связанного с винтом, и изменения тем самым ширины щели между барабаном и кромкой передней стенки бункера.

Для упрощения технологии заделки трещин и повышения качества этих работ применяют мастики с твердым наполнителем, которые отличаются повышенной механической прочностью и тепловой устойчивостью, что позволяет в 2–2,5 раза увеличить срок службы покрытий после обработки. Применение мастик с твердым наполнителем не требует использования присыпного материала, что позволяет освободиться от бункера для песка и снизить общую металлоемкость машины.

Машина ЭД-10А неудовлетворительно работает с этими мастиками вследствие образования шлака на жаровых трубах и пригорания мастики при разогреве. Кроме того, при проведении этой технологической операции необходимо иметь более высокую температуру разогреваемого материала, чаще его подогревать и перемешивать. Поэтому для заливки трещин мастиками с твердым наполнителем используют машину ЭД-70. Рабочее оборудование ее смонтировано на шасси автомобиля ГАЗ-53А и состоит из цистерны с мешалкой, дополнительной кабины для перевозки бригады, силовой передачи, системы подогрева. Цистерна установлена с помощью стремянок на раме автомобиля со специальной кабиной. В передней ее части расположена заливная горловина с крышкой и сетчатым фильтром. Корпус цистерны сварной из нескольких слоев: в наружном уложена теплоизоляция из стекловолокна; в среднем проходят горячие газы, образующиеся в результате сгорания топлива (керосина) в горелках; внутренний – служит для циркуляции теплоносителя. За внутренним слоем расположена емкость для мастики. В заднем днище цистерны установлен битумный насос. Система подогрева состоит из топливного бачка, двух стационарных горелок, двух ресиверов, рукавов для продувки щелей сжатым воздухом, трубопроводов и компрессора. Силовая передача обеспечивает механический привод мешалки, битумного насоса и компрессора.

Для заполнения швов в цементобетонных покрытиях резинобитумным вяжущим материалом применяют также машину ДС-67, оборудован-

ную на базе автомобиля УАЗ-452Д. Она выполняет следующие операции: доставку с базы разогретой до рабочей температуры мастики к месту проведения работ и поддержание ее в нагретом состоянии в период работы; продувку швов сжатым воздухом; грунтовку стенок и дна шва битумом, разжиженным бензином; заполнение шва мастикой. Рабочее оборудование ее состоит из емкостей для мастики, грунтовочной смеси (битума) и промывочного раствора (керосина), системы подогрева мастики, рабочего органа; силовой передачи, пневмо- и электросистем, системы управления.

Машина оснащена двумя системами подогрева мастики – с помощью выхлопных газов автомобиля, а также жидкотопливной горелки. Первую систему применяют в транспортном режиме, вторую – в рабочем. Подогревается мастика в емкости (во время работы) горячими газами через жаровые трубы, а разогревается в рабочем органе теплоносителем (маслом), нагреваемым горелкой.

Заливщик швов МБ-16 предназначен для заливки деформационных швов в цементобетонных облицовках оросительных каналов и может быть использован для герметизации швов и трещин в дорожных покрытиях. Рабочее оборудование машины смонтировано на шасси автомобиля ГАЗ-53А и состоит из генератора, компрессора, трансформатора, промывочного устройства, устройства для грунтовки швов, битумного котла с мешалкой и насоса. Отличительной особенностью заливщика является электропривод исполнительных органов – компрессора, мешалки котла, битумного насоса и насоса для подачи промывочного раствора.

Для заполнения деформационных швов цементобетонных покрытий дорог тиоколовыми герметиками холодного затвердевания на основе полисульфидных смол применяют заливщик швов ДС-128 на тракторном шасси Т-16М. Рабочее оборудование его состоит из устройства для очистки швов и четырех автомобильных бачков-заливщиков. На шасси машины смонтированы также два бака с компонентами (мастикой и отвердителем), компрессор с ресивером и приводом, катушка со шлангом для подачи сжатого воздуха к швоочистителю.

16.6. Машины для распределения щебня, транспортирования и укладки битумных шламов

Агрегат УК-18А предназначен для распределения щебня по предварительно распределенному битуму при поверхностной обработке асфальтобетонных покрытий городских дорог. Для распределения битума используют машину ЭД-10А, для распределения щебня – прицепной щебнераспределитель (рис. 16.7).

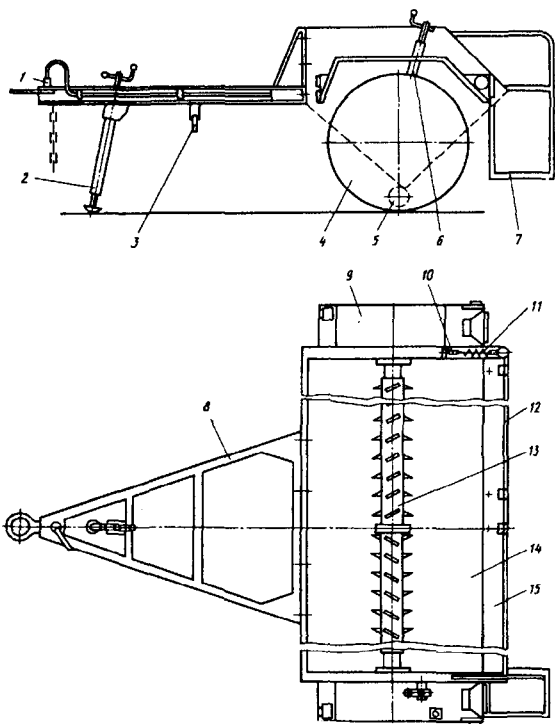


Рис. 16.7. Щебнераспределитель машины УК-18А: 1 – электрооборудование; 2 – стояночная опора; 3 – фиксатор опоры; 4 – колесо; 5 – высевающий барабан; 6 – механизм регулирования высева; 7 – площадка; 8 – дышло; 9 – крылья; 10 – оттяжной винт; 11 – пружины; 12 – трос щитка; 13 – шнек; 14 – бункер; 15 – щиток.

Щебнераспределитель безрамной конструкции с несущим бункером состоит из бункера, шнека, высевающего барабана с приводом, механизма регулирования высева, колес с крыльями, дышла, стояночной опоры, площадки оператора, электрооборудования. Сварной бункер установлен на двух колесах, к боковым стенкам его прикреплены крылья, а к передней – дышло. С левой стороны бункера расположена площадка оператора

ра, в нижней части находится высевная щель, через которую щебень поступает из бункера покрытий. По всей длине задней стенки (ниже щитка) приварен брус, являющийся упором для самосвалов, загружающих бункер. Дышло соединяет щебнераспределитель с автогудронатором. Шнек состоит из двух частей, которые имеют лопатки разного направления, обеспечивающие при вращении шнека перемещение щебня от середины к краям бункера. Высевающий барабан – гладкий вращающийся вал – установлен на сферических подшипниках в нижней части бункера под высевной щелью. Приводы шнека и высевающего барабана включают с помощью механизма сцепления и цепной передачи, которая передает вращение от шнека к барабану. Вращаясь, барабан подает щебень к высевной щели бункера. Шнек при этом распределяет щебень по ширине бункера и препятствует зависанию щебня над барабаном.

Норму высева щебня регулируют изменением ширины щели между барабаном и пятью заслонками, установленными на шарнирах в нижней части бункера. Заданное положение заслонок обеспечивается вращением рукояти механизма регулирования высева, который также позволяет менять ширину высева (с интервалом 0,5 м) путем перекрытия высевной щели одной из заслонок.

Электрооборудование щебнераспределителя обеспечивает звуковую сигнализацию от оператора к водителю автогудронатора, а также освещение и световую сигнализацию прицепа.

Щебнераспределитель 4241 предназначен для укладки в один слой каменной мелочи по предварительно уложенному горячему вяжущему материалу при поверхностной обработке, для распределения песка при гололеде, а также высевок для расклинивания оснований и покрытий автомобильных дорог из щебня. Рабочее оборудование щебнераспределителя смонтировано в передней части трактора ЧТЗ-50, соединено с ним посредством промежуточной рамы и может быть легко демонтировано. Обеспечивается возможность распределения щебня без нарушения пленки битума ходовыми колесами.

При монтаже оборудования передние колеса трактора снимаются, и трактор опирается через переходную раму на поворотные колеса бункера с шинами. В передней части бункера закреплены два откидных трапа для въезда автомобилей-самосвалов при разгрузке щебня.

Боковины бункера являются опорой для вала питателя и шнека, смонтированных на сферических двухрядных подшипниках. Вал питателя расположен в горловине бункера и представляет собой трубу с наваренными ребрами из уголкового стали, там же шарнирно закреплены

15 заслонок, с помощью которых регулируется подача щебня на покрытие. Заслонки установлены с возможностью отклонения для пропуска случайно попавших крупных камней. Зазор между заслонкой и питателем изменяют с помощью винтов. Над питателем расположен шнек, имеющий спирали с правым и левым направлениями.

Приводы шнека и питателя состоят из редуктора, муфты и гидромотора. Они расположены сзади бункера. К гидромотору питателя, к цилиндрам рабочая жидкость подводится от основного насоса трактора, а к гидромотору привода шнека – от дополнительно устанавливаемого насоса с приводом от вала отбора мощности трактора. Управление гидросистемой осуществляется рычажным гидрораспределителем из кабины трактора.

При ремонте дорожных покрытий и устройстве слоев изнашивания дорог с небольшим грузонапряжением широкое применение нашли битумные шламы – литые эмульсионно-минеральные смеси (ЛЭМС), которые составлены из высококачественных нефтяных битумов и каменноугольных смол с наполнителями. При укладке на покрытие ЛЭМС вступает в химическое взаимодействие с содержащимся в нем битумом и восстанавливает его эластичность.

Транспортирование и укладка битумных шламов осуществляется монтируемым на автомобилях-самосвалах или на прицепах к колесным тракторам специальным оборудованием – ПС-402М, ПС-404, ПС401М.

Оборудование ПС-402М с мешалкой для транспортирования битумных шламов, агрегатируемое с тракторами классов 0,9–1,4, предназначено для транспортирования битумных шламов и перемещения распределителя по обрабатываемой поверхности дорожного покрытия. Оно состоит из цистерны, задней площадки, лестницы, редуктора с гидроприводом, затвора, кронштейнов, сливной трубы. При распределении битумных шламов к цистерне сзади прикрепляют распределитель РД-902. Цистерна сварная, цилиндрического сечения. Внутри нее смонтирован вал-побудитель, приводимый во вращение гидроприводом от гидросистемы трактора (через редуктор). В верхней части расположена загрузочная горловина с предохранительной решеткой, закрываемая крышкой. В нижней части заднего днища имеется выходной патрубков, на котором закреплен затвор, предназначенный для регулируемой выгрузки смеси. К заднему днищу цистерны прикреплена площадка для обслуживания механизмов. Вал-побудитель состоит из вала, шнека и стоек, закрепленных болтами; гидропривод его – из гидродвигателя и гидролиний, соединяющих его с гидросистемой трактора. На выходном

патрубке заднего днища цистерны установлен затвор, с помощью которого регулируют расход смеси.

К лонжеронам рамы прицепа прикреплены кронштейны для соединения тяговых цепей распределителя РД-902 битумных шламов. Сливная труба представляет собой короб прямоугольного сечения, который постепенно сужается и переходит в цилиндр. Распределитель РД-902 позволяет укладывать битумные шламы на ширину 2,5; 3,5 и 3,75 м и слоем толщиной до 15 мм. Распределитель – прямоугольной формы, без дна, внутри разделен продольной перегородкой на части – загрузочную и распределяющую (состоящую из двух одинаковых шарнирно соединенных секций). Снизу к распределителю прикреплены с двух сторон полозья для регулирования по вертикали положения его корпуса с помощью винтовых домкратов.

Оборудование ПС-404 используют для транспортирования битумных шламов к месту укладки. Оно смонтировано на автомобиле-самосвале и состоит из передней и задней опор, на которых с помощью подшипников скольжения установлен механический лопастной побудитель, обеспечивающий перемещение шламов во время их транспортирования и их выгрузки, заднего борта со сливным лотком и затвором, а также из гидропривода и электрооборудования. Оборудование ПС-404 применяют в комплексе с распределителем РД-902. Поступление необходимого количества битумного материала на распределитель регулируется изменением проходного сечения затвора путем вращения маховика, соединенного с заслонкой.

Оборудование ПС-401М также предназначено для транспортирования битумных шламов и укладки их с помощью распределителя РД-902. Оборудование навесное на шасси Т-16М, состоит из бака вместимостью 0,5 м³ и лопастной мешалки.

16.7. Машины для разрушения дорожных покрытий, рытья ям и ремонта бордюра

Автомобили с оборудованием для рытья ям широко применяют при ремонте городских дорог, при установке столбов ограждений, дорожных знаков и посадки зеленых насаждений. Для этого применяют специальные бурильно-крановые машины.

По конструкции буры разделяют на винтовые и лопастные с конусной рабочей поверхностью. У винтовых транспортирующая поверхность образована вращением прямой, перпендикулярной к оси бура и перемещающейся по винтовой линии постоянного шага. Лопастные буры име-

ют коническую поверхность с центром вращения на оси бура. Винтовые буры целесообразно применять при отношении глубины бурения к диаметру ямы больше 1. Винтовые буры могут быть одно-, двух- и трехзаходными.

Навесное оборудование бурильно-крановых машин БМ-202 и БМ-302 смонтировано на шасси автомобиля ГАЗ-66 и состоит из опорной рамы, рабочего органа, опорных гидродомкратов, гидропривода и системы управления. Рабочий орган, в свою очередь, состоит из вращателя, штанги, опорной трубы, кранового устройства и ограждения. На хвостовике штанги смонтирован бур. Рабочий орган поворачивается в продольной плоскости с помощью гидроцилиндра. При работе бура гидравлические домкраты разгружают задний мост автомобиля.

Машины БМ-202А и БМ-302А, модернизированные варианты бурильно-крановых машин БМ-202 и БМ-302, отличаются конструктивным исполнением некоторых узлов и механизмов: в фрикционе раздаточной коробки использован механизм тормоза фрикциона, в штоке с шаровой головкой установлены уплотнительные резиновые кольца, улучшена конструкция домкрата, увеличена вместимость гидробака, усовершенствованы пульт управления и механизм подачи бурового инструмента.

При определении затрат мощности на привод бура используют результаты экспериментальных исследований, согласно которым для подачи бура на 10–12 мм за один оборот требуется приложить к рабочему органу усилие 15–20 кН. При вращении бура с угловой скоростью 15,7 рад/с затачиваемая мощность составляет в среднем 25–30 кВт.

Широкое применение для разрушения покрытий находят ручной механизированный инструмент и специальное оборудование, смонтированное на автомобилях, прицепах, тракторах и специальном шасси. Оборудование для работ по замене бордюрного камня монтируют на одноковшовых экскаваторах.

При малых объемах ремонтных работ наиболее распространенным оборудованием для разрушения твердых покрытий является ручной механизированный инструмент – электрические и пневматические отбойные молотки и ломы. Для разрушения асфальто- и цементобетона, кирпичной кладки, каменистого и мерзлого грунта применяют ручные электрические молотки ИЭ-4212, ИЭ-4211 и электроломы ИЭ-4209, а для разрушения твердых дорожных покрытий – мощные пневматические и гидравлические ударные молоты, навешиваемые на автомобили или специальные машины. На базе автогрейдеров или колесных тракторов ис-

пользуют кирковщики, которые взламывают асфальтобетонное покрытие на всю его толщину при движении машины вперед.

Сжатый воздух для работы пневмоинструмента вырабатывается компрессорными станциями. По способу передвижения станции могут быть прицепными, переносными и самоходными, по принципу действия – поршневыми, ротационными и винтовыми. Ротационные и винтовые компрессорные станции имеют маслозаполненные компрессоры.

Для взламывания асфальто- и цементобетонных покрытий применяют также автобетоноломы и гидромолоты на автомобильном шасси.

Пневматический автобетонолом на автомобиле МАЗ представляет собой пневмомолот с компрессорной станцией ЗИФ-ВКС-6, установленной на поворотной платформе, смонтированной на неподвижной раме и прикрепленной к лонжеронам базового шасси. На ней расположены также механизмы поворота и управления, пневмолинии и сиденье оператора, а сзади закреплен пневмомолот двойного действия с ударным накопником. Производительность автобетонолома – 70–100 м²/ч, энергия удара 6 кДж, частота ударов в минуту – 40, масса – 12,5 т. Рабочее оборудование может поворачиваться на 180° и обрабатывать полосу покрытия шириной 3,8 м.

Гидромолот на автомобиле КрАЗ-258 состоит из неподвижной рамы и каретки с поворотной рамой, на которой размещены ударный механизм и гидропривод. Ударная часть – поковка массой 2600 кг, перемещаемая гидроцилиндром. Гидромолот оснащен гидроаккумулятором и гидроамортизатором. Производительность гидромолота – 250 м²/ч, энергия удара – 10–20 кДж, частота ударов в минуту соответственно – 180–100, масса 22 т.

При замене бортового камня на ремонтируемых участках городских улиц и проездов используют машину ЭД-ЗМ, представляющую собой оборудование, навешенное на экскаватор, которое состоит из металлического зуба, клещевого захвата и ковша. Оно позволяет извлекать бортовой камень с его основанием, грузить в кузов транспортного средства, готовить место для укладки нового камня. Зуб – это заостренный с рабочей стороны рычаг, имеющий коробчатый профиль сварной конструкции из листов стали толщиной 8 мм. Для усиления по бокам приварены два клыка, поверхность которых покрыта износостойчивым материалом. Зуб, прикрепленный к стреле экскаватора с помощью пальца, поворачивается гидроцилиндром. Погружают вынутые камни захватом, состоящим из двух рычагов – подвижного и неподвижного. Ковш вместимостью 0,07 м³ из стали толщиной 5 мм усилен спереди и сзади

накладками толщиной 10 мм. Он предназначен для рытья траншеи под бортовой камень.

Производительность машины ЭД-ЗМ при извлечении бортового камня – 60–65 м³/ч, масса рабочего оборудования 272 кг.

Землеройно-фрезерную машину ЗФМ-2300 можно использовать для срезания старого асфальтобетонного покрытия. Она выполнена на базе гусеничного трактора Т-100МГП с гидромеханическим ходоуменьшителем. Рабочий орган – фреза – представляет собой полый вал, с держателями, в которых закреплены сменные зубья из износостойкой стали.

Куски снятого асфальтобетона, используемого на месте для устройства основания или нижнего слоя покрытия под укладываемую асфальтобетонную смесь, дробят кулачковыми катками, кулачки которых имеют форму заостренных шипов, или специальными дробилками. Кулачковый каток – навесное оборудование машины для взламывания покрытия.

Работы, связанные с ремонтом бордюра, могут быть с успехом выполнены многоцелевым адаптируемым рабочим органом манипуляторного типа с различной грузоподъемностью; он выполняет земляные и сопутствующие им работы, а также ряд других операций. Машина имеет рабочий орган его целесообразно монтировать на шасси, имеющих широкое распространение, например экскаваторах, тракторах и погрузчиках различных типоразмеров.

Создано многоцелевое оборудование манипуляторного типа с челюстным ковшом на базе гидравлических одноковшовых экскаваторов ЭО-2621 на тракторе «Беларусь» и ЭО-3323. Сохраняя полную эффективность при работе обратной лопатой, машина с таким рабочим органом без его замены получает возможность при ремонте бордюра осуществлять такие технологические манипуляторные операции, которые требуют применения специализированных машин или выполнения ручных операций. Рабочее оборудование (рис. 16.8) представляет собой ковш, оснащенный челюстным захватом с двухшарнирной вставкой.

В отличие от обратной лопаты это оборудование имеет дополнительную степень свободы и ковш с челюстным захватом, который по форме представляет собой двухпальцевый схват. Однако по выполняемым операциям он существенно отличается от последнего. Схват манипуляторов только захватывает предмет. Челюстной ковш помимо захвата предмета обеспечивает выполнение ряда технологических операций по разработке грунта. Совокупность дополнительной подвижности и двухпальцевого (челюстного) захвата позволяет выполнять функции руки человека. Такое оборудование можно определить если не как манипуля-

тор, то как оборудование манипуляторного типа. Ограничением такого оборудования является возможность выполнять работы только с теми рабочими органами, которые могут быть захвачены двухпальцевым – жестким хватом типа челюстного ковша. По сравнению со строительными манипуляторами, имеющими сложную универсальную присоединительную систему, оборудование манипуляторного типа имеет предельно простую конструкцию, малую массу, высокую надежность, низкую стоимость и не требует высококвалифицированного обслуживания.

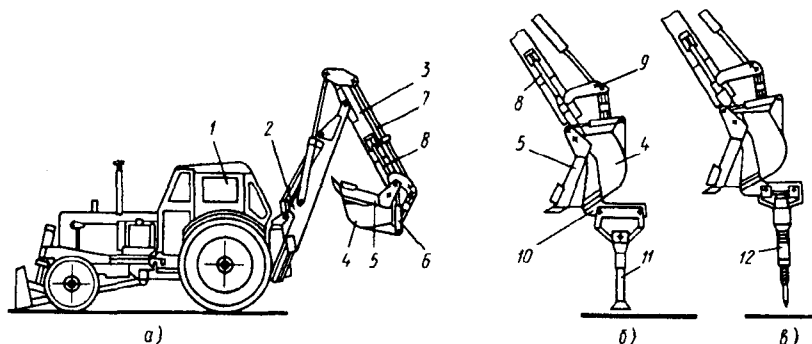


Рис. 16.8. Многоцелевое оборудование манипуляторного типа на экскаваторе ЭО-2621 для ремонта бордюра, земляных и сопутствующих работ: а – общий вид оборудования; б – захват трамбовки; в – захват бетонолома; 1 – базовая машина; 2 – стрела; 3 – рукоять; 4 – челюсть захвата; 5 – челюстной ковш; 6 – гидроцилиндр управления челюстью; 7 – гидроцилиндр поворота ковша-челюсти в плоскости исполнительного органа; 8 – гидроцилиндр поворота ковша-челюсти в плоскости, перпендикулярной к исполнительному органу; 9 – шарнирная тяга; 10 – захватываемый кронштейн; 11 – трамбовка; 12 – бетонолом.

Такое оборудование манипуляторного типа позволяет без замены рабочего органа при ремонте бордюра выполнять широкий комплекс операций: копание обратной лопатой и грейфером, зачистные и планировочные работы, откосообразование, рыхление одним зубом, копание у стен зданий, погрузочно-разгрузочные работы со штучными и сыпучими грунтами, манипуляторные работы с отдельными предметами, захват смен-

ных рабочих органов (гидромолот при работе в мерзлых грунтах; гидротрамбовка при необходимости уплотнительных операций и др.).

Грунторезная баровая машина БГМ-7 предназначена для прорезания щелей в мерзлом грунте при рытье траншей и котлованов экскаваторами, а также для прокладки трубопроводов, кабелей и выполнения других аналогичных работ. Базовой машиной является трактор Т-74-С9. Рабочий орган представляет собой режущий бар цепного типа с резцами. Ширина прорезаемой щели составляет (140 ± 10) мм при глубине не менее 1,5 м. За один проход прорезается одна щель. Транспортная скорость соответствует скорости трактора. Рабочая скорость изменяется в пределах 0–250 м/с. Скорость цепи – до 4 м/с. Производительность на мерзлом грунте I категории при глубине щели 1,5 м достигает 50 м/с. Привод вращения бара – механический, от вала отбора мощности трактора через редуктор; привод подъема и опускания бара осуществляется гидроцилиндром; привод ходового устройства для реализации рабочих скоростей – от гидромотора.

Глава 17. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

17.1. Эксплуатационные свойства машин

Эксплуатационные свойства СДМ можно разделить на три группы: технологические, технико-экономические, эргономические.

Технологические свойства характеризуют приспособленность машины к выполнению технологических требований строительства. К ним относятся: производственная эффективность рабочего органа, проходимость, маневренность и плавность хода.

Производственная эффективность рабочего органа определяет целесообразность и эффективность применения машины для выполнения данного рабочего процесса и характеризуется в основном главным параметром (емкостью ковша – для экскаватора и скрепера, размерами отвала – для бульдозера и автогрейдера, объемом камеры дробления – для камнедробилки, емкостью мешалки – для асфальтосмесителей, шириной укатывающих вальцов и массой – для катков, грузоподъемностью – для автосамосвалов и кранов и др.). В настоящее время для интенсификации работ за счет совершенствования структуры парка машин увеличивается выпуск машин повышенной единичной мощности. Однако целесообразность использования машин определенного вида для конкретных условий эксплуатации определяется рациональной производительностью.

Прочность характеризует способность машин, имеющих ходовое устройство, перемещаться в трудных дорожных условиях. Ее показателями являются: габаритные размеры, максимальный и сцепной вес, дорожный просвет, удельное давление на грунт, совпадение следов передних и задних колес, радиус поворота, углы въезда, тип движителя, тяговое усилие на низшей передаче.

Прочность машины тесно связана с ее маневренностью и плавностью хода. *Маневренность* определяет радиус и время поворота, а *плавность хода* характеризует вертикальное отклонение режущих поверхностей рабочего органа и обеспечивает постоянную глубину резания и чистоту планировки.

К важнейшим технико-экономическим показателям СДМ относятся: надежность, тягово-скоростные свойства, топливная экономичность.

Надежность – один из важнейших показателей качества машин. Оценивают ее сочетанием свойств (безотказность, долговечность, ре-

монтопригодность, сохраняемость), характеризующихся определенной группой показателей. Для более полной оценки надежности используют комплексные показатели, позволяющие одновременно оценивать несколько важнейших свойств. К этим показателям относятся коэффициент готовности ($K_{\text{гот}}$) и коэффициент технического использования ($K_{\text{т.и}}$).

Коэффициент готовности характеризует вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается:

$$K_{\text{гот}} = t_{\text{н.о}} / (t_{\text{н.о}} + t_{\text{вос}}), \quad (17.1)$$

где $t_{\text{н.о}}$ – наработка на отказ, ч; $t_{\text{вос}}$ – среднее время восстановления, ч.

Коэффициент технического использования – это отношение математического ожидания пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий времени пребывания в работоспособном состоянии, времени простоев, обусловленных техническим обслуживанием, и времени ремонта за тот же период эксплуатации:

$$K_{\text{т.и}} = t_{\text{сум}} / (t_{\text{сум}} + t_{\text{рем}} + t_{\text{об}}), \quad (17.2)$$

где $t_{\text{сум}}$ – суммарная наработка всех (подконтрольных) объектов, ч; $t_{\text{рем}}$ – суммарное время простоев из-за плановых и внеплановых ремонтов всех объектов, ч; $t_{\text{об}}$ – суммарное время простоев из-за планового и внепланового технического обслуживания всех объектов, ч.

В процессе использования СДМ показатели надежности значительно изменяются в зависимости от наработки с начала эксплуатации.

Изменение комплексных показателей надежности на примере самоходного скрепера ДЗ-11 показано в табл. 17.1. Нарботка подконтрольных машин рассматривалась в интервалах по 1000 машино-часов. Внутри рассматриваемых интервалов плотность распределения значений $K_{\text{т.и}}$ подчиняется нормальному закону распределения (рис. 17.1).

Анализ табл. 17.1 показывает, что с увеличением наработки с начала эксплуатации изменяется не только среднее количество отказов внутри интервалов, но и значительно увеличивается среднее время простоя в ремонте для устранения отказов. Эта закономерность связана с тем, что в начале эксплуатации наблюдаются легкоустраняемые отказы: появление трещин в металлоконструкции, отказ шлангов и другие неисправности, не требующие подъемных средств и транспортировки машин на ремонтную базу. С увеличением наработки растет количество отказов

(дополнительная коробка, основная коробка, двигатель, ведущий мост), для устранения которых требуются подъемные средства или транспортировка машины на ремонтную базу. Неравномерное распределение отказов в период эксплуатации, а также различное время на их устранение влияют на коэффициент готовности, который уменьшается с увеличением наработки с 0,97 до 0,79, а коэффициент технического использования – с 0,90 до 0,71.

Таблица 17.1.

Зависимость показателей надежности самоходных скреперов ДЗ-11 от наработки с начала эксплуатации

Показатель надежности	Наработка, маш.-ч					
	0–1000	1001–2000	2001–3000	3001–4000	4001–5000	5001–6000
Среднее количество отказов	2,8	5,4	5,8	6,1	6,5	7,2
Среднее время простоя на один отказ, ч	8,7	17,3	22,8	27,4	31,4	36,1
Коэффициент готовности	0,97	0,91	0,88	0,86	0,83	0,79
Коэффициент технического использования	0,90	0,84	0,82	0,80	0,76	0,71

Изменения коэффициента технического использования с начала эксплуатации до капитального ремонта для рассматриваемых самоходных скреперов с достаточной точностью аппроксимируется уравнением:

$$K_{т.и} = 0,93 - 32 \cdot 10^{-6}H, \quad (17.3)$$

где H – наработка машины с начала эксплуатации, ч.

После капитального ремонта машины

$$K'_{т.и} = 0,85 - 3 \cdot 10^{-5}H_{к.р}, \quad (17.4)$$

где $H_{к.р}$ – наработка машины после капитального ремонта, ч.

В рассматриваемых интервалах наработки среднее значение $K_{т.и}$ изменяется на $\pm 0,03$ в зависимости от стажа работы машиниста. Так,

для подконтрольных машин, обслуживаемых машинистом со стажем работы более трех лет, $K_{т.н}$ изменялось в пределах от 0,91 до 0,75, при стаже работы машиниста менее трех лет – от 0,88 до 0,64.

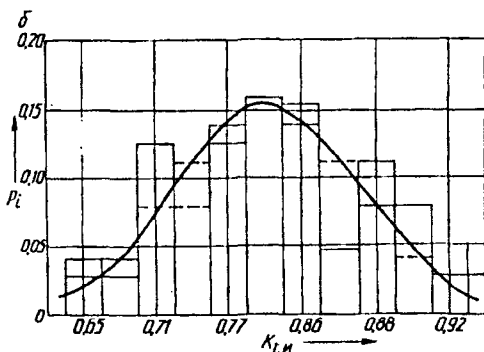
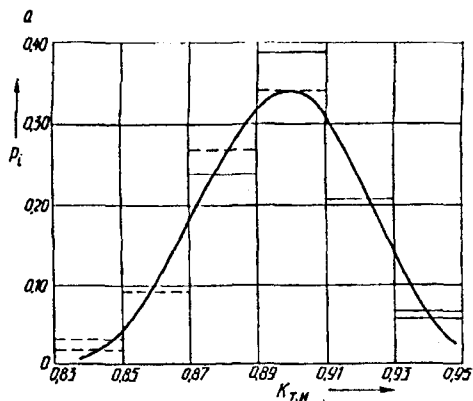


Рис. 17.1. Гистограмма распределения вероятностей коэффициента технического использования автоскрепера МоАЗ-546П-Д357П при работе от 0 до 1000 моточасов (а) и от 3000 до 4000 моточасов (б)

Тягово-скоростные свойства землеройно-транспортных машин (ЗТМ) определяют способность их копать или перемещать грунт в тяговом режиме с минимальной затратой времени и оптимизацией процесса.

У самоходных машин на первой передаче тяговые свойства, как правило, зависят от коэффициента сцепления движителя с грунтом φ и характеризуются типом и параметрами движителя. Тяговое усилие по сцеплению определяется по формуле:

$$P_{сц} = \varphi G_{сц}, \quad (17.5)$$

где $G_{сц}$ – сцепной вес тягача или самоходной машины.

Расчетные тяговые усилия на колесе (в ньютонах)

$$P_{кол} = N_e \eta / v_T, \quad (17.6)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, Вт; η – кпд трансмиссии; v_T – теоретическая скорость перемещения машины.

Движение машины возможно только в случае, если справедливо выражение $P_{кол} \leq P_{сц}$.

Двигатель преобразует подведенную к нему энергию в действительное усилие $P_{тяг}$, перемещающее машину:

$$P_{мяс} = N_e \eta \eta_d / v_p \quad (17.7)$$

где η_d – кпд двигателя, равный для автогрейдера 0,7–0,8; v_p – рабочая скорость: $v_p = v_T(1 - \sigma)$; σ – коэффициент буксования.

Согласно рекомендациям профессора Н.А. Ульянова, рациональное значение σ для ЗТМ с колесным двигателем принимается равным 0,15–0,25, с гусеничным – 0,10–0,15. Коэффициент буксования зависит от сцепных свойств двигателя и свойств грунта и на первом этапе, как правило, определяется экспериментально.

Комплексное представление о тягово-скоростных и сцепных свойствах двигателя дает тяговая характеристика машины:

$$(N_{p,\sigma}; v_p; \sigma) = f(T), \quad (17.8)$$

где $T = P_{тяг} - P_1$; P_1 – сопротивление перемещению базовой машины.

Топливная экономичность относится к числу актуальных проблем экономии ресурсов. Стоимость ГСМ составляет 25–30%, а в отдельных случаях до 50% затрат на эксплуатацию машинного парка. Показателями топливной экономичности являются часовой ($G_{ч}$) и удельный расход топлива на единицу эффективной мощности (g_e) и на единицу выпущенной продукции ($g_{прод}$). При оценке расхода топлива по регуляторной характеристике рациональным является режим двигателя с использованием 90% его максимальной мощности.

Порядок разработки и утверждения норм расхода ГСМ регламентирован “Основными положениями по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве”. На их основе министерства и ведомства должны разрабатывать отраслевые методики с последующим утверждением. После утверждения отраслевых

методик по ним разрабатывают нормы расхода ГСМ и вводят их в действие приказом.

Совершенствование норм расхода ГСМ с учетом условий эксплуатации СДМ отвечает требованиям программы повышения эффективности топливно-энергетических ресурсов.

В настоящее время в строительстве планирование расхода и списание ГСМ осуществляется на основании действующих норм на 1 машино-час работы. Такое положение способствует неэффективному использованию дорогостоящих нефтепродуктов, так как с увеличением производительности машины увеличивается и расход топлива. Следовательно, индивидуальные нормы расхода ГСМ целесообразно устанавливать на единицу объема выполненных работ или с учетом режима работы двигателя.

Часовой расход топлива целесообразно дифференцировать в зависимости от условий эксплуатации и режимов работы строительных машин. Средний часовой расход топлива можно рассчитывать по формуле:

$$G_m = 1,03G_{ном} (K_{д.в} (K_{д.м} K_N - K_x) + K_x), \quad (17.9)$$

где 1,03 – коэффициент, учитывающий расход топлива в период запуска и регулировки работы двигателя; $G_{ном}$ – часовой расход топлива на номинальном режиме: $G_{ном} = N_e g_e$; $K_{д.в}$ – коэффициент использования двигателя по времени; $K_{д.м}$ – коэффициент использования двигателя по мощности, изменяется от 0,4 до 0,9; K_N – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования двигателя по мощности, для дизелей $N = 1,26 - 1,00$; K_x – коэффициент, учитывающий расход топлива при работе двигателя на холостом ходу, для дизелей $K_x \approx 0,25$.

Один из основных путей экономии топлива при эксплуатации СДМ – сокращение времени работы двигателя на холостом ходу и интенсификация использования машин. Анализ показывает, что 30–40% рабочего времени двигатель работает вхолостую, потребляя при этом 25% топлива, необходимого для работы с полной нагрузкой. Увеличение времени использования машин за смену снижает эти потери. Представляет интерес разработка устройств, позволяющих автоматически выключать двигатель после работы на холостом ходу определенное время. Целесообразно обеспечивать также запуск двигателя от стартера, так как легкий запуск обеспечит выключение его во время технологических, обеденных и других перерывов.

Техническое состояние машины является одним из основных факторов, влияющих на расход ГСМ. Потери ГСМ происходят в основном из-за неисправности системы питания двигателя. Так, неисправность одной

форсунки приводит к увеличению расхода топлива до 20%. Из-за неправильной установки угла опережения подачи топлива потеря его может достигать 30% общего расхода. Неисправность и неправильная регулировка топливных насосов высокого давления увеличивают расход топлива до 25%. Существенное влияние на расход топлива и моторного масла оказывает состояние цилиндропоршневой группы и механизма газораспределения, где повышенные зазоры увеличивают расход топлива до 7% и масла до – 25%. При неисправных сборочных единицах трансмиссии за счет недоиспользования тяговых усилий машины перерасход доходит до 8%. Нерациональное использование тягового усилия из-за изношенных элементов движителя увеличивает расход топлива на 20–25%. Увеличивает расход ГСМ нарушение теплового режима двигателя, особенно его запуск и эксплуатация в условиях отрицательных температур. К перерасходу приводит и применение ГСМ, не соответствующих рекомендациям заводов-изготовителей.

Важным направлением снижения количественных и качественных потерь ГСМ является правильная организация получения, выдачи, транспортировки и хранения, а также учета и отчетности по использованию средств механизации.

Эргономические свойства машин определяются факторами, оказывающими влияние на функциональное состояние, работоспособность и безопасность человека.

Длительная работа машины с полной производительностью обеспечивается только тогда, когда не будут превышены возможности человека, управляющего этой машиной.

Оценить удобство и легкость управления машиной можно на основании следующих эргономических комплексных показателей: физиологических (силовые и скоростные возможности человека), психофизиологических (слух и зрение), антропометрических (компоновка рабочего места водителя), гигиенических (условия жизнедеятельности и работоспособности человека в кабине).

Физиологический комплексный показатель характеризует силовые, скоростные и энергетические возможности человека. Для экономного расходования силы мышц и предупреждения усталости оператора необходимо, чтобы усилия, прикладываемые к рычагам и педалям, и их ход находились в установленных пределах. Человек расходует свои энергетические ресурсы в двух направлениях: на себя и на производительную работу. Расход ресурсов на себя обуславливается физиологическими процессами, связанными с кровообращением, дыханием, поддержанием

тела в нормальном положении и восприятием внешнего мира. На эти цели человек в сутки расходует 8400 кДж энергии. В процессе труда за смену расходуется дополнительно до 11000 кДж. В зависимости от расхода энергии за смену труд может быть легким (до 2100 кДж), средней тяжести (2100–4200 кДж), выше средней (4200–6300 кДж), тяжелым (6300–8400 кДж), особо тяжелым (8400–10 500 кДж).

По данным А.Ф.Дергачева, из-за перегрузки человека повышается количество ошибок, снижаются производительность, коэффициент использования энергоресурсов машины (табл. 17.2).

При повышенной тяжести труда почти в 2 раза увеличивается заболеваемость.

Согласно единым требованиям безопасности к конструкции СДМ, усилия на рычагах не должны превышать 20–60 Н, на педалях – 80–120 Н, длина хода должна быть не более 300 мм для рычагов и 120 мм для педалей.

Таблица 17.2.

Влияние энергозатрат при управлении машиной на количество и качество труда

Количество и качество труда	Энергозатраты, кДж/ч				
	420	840	1260	1680	2100
Производительность, условные единицы	100	80	55	35	25
Относительное количество ошибок в процессе труда	1,00	2,25	3,50	5,00	8,00
Коэффициент использования энергоресурсов машины	1,00	0,80	0,55	0,35	0,25

Напряженность управления для оператора определяется коэффициентом $K_{н.у}$ с использованием экспериментальных значений усилий:

$$K_{н.у} = \frac{A_{ф}}{A_{н}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i l_i d_i t_i}{A_{н}}, \quad (17.10)$$

где $A_{ф}$, $A_{н}$ – соответственно фактическая и нормативная работа за смену, Дж; n – количество рычагов и педалей; P_i – среднее усилие на i -м

рычаге или педали, H ; l_i – путь, пройденный i -м рычагом или педалью, m ; d_i – число включений i -го рычага или педали за смену; t_i – время, затрачиваемое на одно включение (выключение) i -го рычага или педали.

Психофизиологический комплексный показатель характеризует соответствие машины зрительным и психофизиологическим возможностям человека. Важным условием повышения производительности СДМ является хорошая обзорность рабочего органа и фронта работ с рабочего места оператора при неподвижном его положении. Обзорность рабочего места рассматривается с точки зрения повышения производительности и безопасности. Обзорность зависит от высоты кабины, степени остекленности. Остекленность характеризуется коэффициентом

$$K_{ост} = F_{ост} / F_{каб}, \quad (17.11)$$

где $F_{ост}$ – суммарная площадь остекленности кабины, m^2 ; $F_{каб}$ – суммарная площадь панелей кабины, m^2 .

Обзорность рабочей площадки с рабочего места оператора оценивается коэффициентом обзорности. Для ЗТМ коэффициент обзорности для горизонтальной плоскости

$$K_{о.г} = F_{г.п} / (F_{н.к} - F_{г.п}), \quad (17.12)$$

где $F_{г.п}$ – площадь горизонтальной проекции машины, m^2 ; $F_{н.к}$ – площадь невидимого контура, m^2 .

Антропометрические показатели характеризуют машину с точки зрения обеспечения рациональной и удобной позы машиниста, правильной осанки, оптимального расположения рук на рычагах управления с учетом формы и массы человека в статике и динамике. Для определения удобства расположения органов управления в кабине пользуются плоским макетом человека среднего роста (168 см), изготовленным из прозрачного материала, с шарнирным сочленением рук и ног с туловищем. Оценка компоновки рабочего места производится путем наложения макета на схему рабочего места оператора в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При этом определяется попадание рычагов и педалей в максимальные и оптимальные зоны. Органы управления рабочим оборудованием и перемещением машины должны находиться в оптимальной зоне. Рычаги управления температурой охлаждающей жидкости двигателя, положением сиденья оператора, кнопки и рукоятки включения отопителя и вентилятора размещаются в максимальной зоне.

Гигиенический комплексный показатель оценивается вентилируемостью, температурой, влажностью, давлением, запыленностью воздуха в

кабине, уровнем радиации, шума и вибрации. Уровни шума, вибрации и загазованности на новых строительных машинах в основном отвечают санитарным нормам. Попытки заводов-изготовителей снизить эти уровни не дают существенного эффекта. Как показывает зарубежный опыт, снижение уровня шума до 75 дБ может быть произведено с помощью специальных глушителей, усиленного капотирования и подвески. Снижение уровня шума позволяет значительно повышать эффективность использования машин. Так, для экскаваторов снижение шума со 110 до 80 дБ приводит к повышению производительности в 2 раза.

Вибрация вызывает снижение работоспособности машиниста и ряд изменений в организме, влияющих на здоровье. Так, вибрация частотой до 2 Гц может вызвать морскую болезнь. Наиболее опасна вибрация в диапазоне частот 4–8 Гц (частот собственных колебаний человеческого тела). Интенсивность вибрации характеризуется ускорением, значение которого нормируется в зависимости от условий, обеспечивающих комфорт, работоспособность и безопасность машиниста. Допустимые значения ускорений вертикальных вибраций в диапазоне частот 4–8 Гц составляют: 10 см/с² – из условия комфортности, 31,5 см/с² – из условия работоспособности машиниста, 63 см/с² – из условия безопасности.

Температура воздуха в кабине должна быть в пределах 14–26° С. Однако при температуре свыше 22° С должна обеспечиваться подвижность воздуха (до 1,5 м/с) на уровне груди машиниста. Температура внутренней поверхности кабины не должна превышать 35° С.

Концентрация вредных примесей в кабине ограничивается следующими значениями: пыли – не более 10 мг/м³, углекислого газа – не более 20 мг/м³, паров ТСМ – не более 100 мг/м³.

17.2. Рабочие режимы машин на дорожно-строительном объекте

Режим работы машины отражает степень ее загрузки за рассматриваемый период по времени и мощности.

Рабочий режим СДМ по времени устанавливает распределение рассматриваемого календарного периода на время, в течение которого машина выполняет свои основные или дополнительные функции, имеет перерывы в работе для ТО и ремонта, перебазировается с одного объекта на другой, простаивает по организационным причинам и метеорологическим условиям.

На основе разработанных режимов выявляется степень использования, определяется производительность машин и комплексов машин.

Для установления норм производительности машин наиболее важными являются режимы применительно к рабочей смене и году. Время работы машины в течение года определяется по формуле:

$$T = \frac{(D_{\text{календ}} - D_{\text{перер}})K_{\text{см}}t_{\text{см}}}{1 + K_{\text{см}}t_{\text{см}}P}, \quad (17.13)$$

где $D_{\text{календ}}$ – количество календарных дней в году; $D_{\text{перер}}$ – перерывы в работе машин по всем причинам, кроме перерывов для ТО и ремонта, дн.; $K_{\text{см}}$ – коэффициент сменности; $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $P_{\text{ч}}$ – время нахождения машин в ТО и ремонте в расчете на 1 ч сменного рабочего времени машины, дн.

Определение T отдельной машины следует производить с учетом показателей надежности и времени проведения капитального ремонта. Это связано с тем, что в процессе увеличения наработки с начала эксплуатации возрастает количество отказов, и капитальный ремонт отдельной машины проводится один раз в 2–4 года.

Фактически простои СДМ в капитальном ремонте превышают нормативные в 5,5 раза, что приводит к отклонению времени работы машин в год его проведения от среднего значения до 40%. Существующая методика определения времени работы машины в течение года не учитывает снижения работоспособности машины при увеличении наработки с начала эксплуатации или после капитального ремонта. Так, для самоходных скреперов простои во время технического обслуживания и текущих ремонтов составляют от 5 до 35% годовой наработки в зависимости от процесса старения машин.

Средняя продолжительность простоя в ТО и ремонте составляет (0,15–0,20) T , а ошибка в планировании рабочего времени отдельной машины в течение года без учета наработки с начала эксплуатации или после капитального ремонта превышает 10%. Для исключения таких значительных погрешностей необходимо рабочее время каждой машины определять с учетом наработки с начала эксплуатации или после капитального ремонта, а время простоя ее в капитальном ремонте планировать только на год его проведения. Это возможно при применении вычислительной техники для учета производственной и технической эксплуатации каждой машины парка.

С учетом комплексного показателя надежности $K_{\text{т.и}}$ время работы машины в течение заданного периода может быть определено по формуле:

$$T_{\text{ч}} = (D_{\text{календ}} - D_{\text{перер}})K_{\text{т.и}}t_{\text{см}}K_{\text{см}}. \quad (17.14)$$

Сумма дней перерывов в работе машины по всем причинам, кроме перерывов для технического обслуживания и текущих ремонтов, определяется по формуле:

$$D_{\text{перер}} = D_{\text{вых}} + D_{\text{пб}} + D_{\text{мет}} + D_{\text{непред}} + D_{\text{к.р.}}, \quad (17.15)$$

где $D_{\text{вых}}$ – количество праздничных и выходных дней за год; $D_{\text{пб}}$ – дни, затрачиваемые на перебазировку машины в течение года; $D_{\text{мет}}$ – простои по метеорологическим условиям (принимаются по данным гидрометеослужбы применительно к конкретной температурной зоне, табл. 17.3), дн.; $D_{\text{непред}}$ – непредвиденные перерывы в работе машины; $D_{\text{к.р.}}$ – дни пребывания машины в капитальном ремонте.

При определении перерывов в работе следует учитывать, что для экскаваторов, погрузчиков и бульдозеров неблагоприятными условиями являются дождь, снегопад и низкая температура, а для автогрейдеров, скреперов и катков – дополнительно и промерзание грунта; для кранового оборудования – дождь и ветер силой более 10 м/с. Совпадение дней, неблагоприятных по метеоусловиям, с выходными и праздничными учитывается поправочным коэффициентом, равным 0,7–0,8. Время, затрачиваемое на перебазирование машин, определяется на основании рассмотрения фактического использования их на планируемый год, по объектам с учетом расстояния до базы механизации, количества технических обслуживаний и ремонтов, производимых в стационарных мастерских. Средняя продолжительность перебазирования машин составляет 4–6% общего количества календарных дней без выходных и праздничных. Время пребывания машин в капитальном ремонте принимают на основании инструкций по проведению планово-предупредительного ремонта строительных машин. Время на доставку машин на капитальный ремонт и обратно принимается с учетом расстояний между объектами и ремонтным заводом. Ежегодный объем капитального ремонта активной части основных фондов в подрядном строительстве в странах СНГ значителен, осуществляется ремонт 60 тыс. автомобилей, 18 тыс. экскаваторов, 50 тыс. тракторов, свыше 10 тыс. стреловых кранов. Фактическая продолжительность простоев машин в капитальном ремонте – 30–75 календарных суток. Сокращение сверхнормативных простоев техники в ремонте только на 50% равносильно приросту экскаваторного парка на 6,5 тыс. шт., скреперного – на 2,5 тыс., бульдозерного – на 10,4 тыс.

Рациональные режимы работы СДМ обеспечивают эффективное их использование на строительной площадке. Максимально возможное использование машин в течение года и смены зависит от конструктив-

ных особенностей, выбора рациональных параметров рабочего места, повышения эргономических показателей, автоматизации процесса управления и технического состояния машин. От выбора рациональных схем и технологий зависит продолжительность работы различных строительных машин под нагрузкой. Работа под нагрузкой составляет 60–75% общего срока службы. На выполнение наиболее энергоемких операций у экскаваторов приходится 60–65% времени (копание, поворот на выгрузку), у скреперов – 56–70% (набор, транспортировка и отсыпка грунта), у погрузчиков – 46–50% (набор, движение с груженым ковшом), у бульдозеров – 58–69% (резание и перемещение грунта), у кранов – 45–50% (подъем груза и поворот стрелы с грузом).

Таблица 17.3.

Распределение дней, неблагоприятных для работы машины во второй климатической зоне

Неблагоприятные климатические условия	Квартал года				Всего за год
	I	II	III	IV	
Скорость ветра более 10м/с	6,2	4,7	1,9	5,3	18,1
Дождь	0,6	3,9	4,7	1,8	11
Промерзание грунта	90	—	—	61	151
Температура ниже -30°C	—	—	—	—	—
Снегопад	5,2	—	—	2,8	8

17.3. Рациональные режимы работы машин

В строительстве земляные работы выполняют при устройстве траншей, котлованов, возведении земляного полотна и планировке площадок. Эти работы характеризуются значительной стоимостью и трудоемкостью. Например, в промышленном строительстве они составляют 15 % стоимости и около 20 % трудоемкости общего объема работ. На земляных работах используются 10 % общей численности рабочих строительства. В дорожном строительстве земляные работы составляют до 22 % общего объема и имеют тенденцию роста вследствие увеличения объе-

мов транспортировки грунта. Строительство земляного полотна автомобильных дорог из боковых резервов приводит к сокращению сельскохозяйственных угодий. Грунты, отсыпаемые в земляное полотно из боковых резервов, не всегда соответствуют требованиям по прочности и устойчивости.

В настоящее время порядок отвода земель для строительства автомобильных дорог регламентируется земельным законодательством. В соответствии с этим законом для отсыпки земляного полотна дороги используются земли, непригодные для сельскохозяйственных работ, но имеющие требуемые физико-механические свойства.

Оценивая грунты с точки зрения их прочности и водоустойчивости, необходимо отметить, что наиболее пригодными для земляного полотна являются крупно- и среднезернистые пески, непылеватые супеси и легкие суглинки. В связи с возросшими требованиями к устойчивости земляного полотна и ограничениями, налагаемыми земельным законодательством, увеличивается объем земляных работ из сосредоточенных резервов с увеличением дальности транспортировки грунта и вероятности разработки грунта I категории.

В условиях Республики Беларусь более 90% земляных работ выполняется при дальности транспортировки грунта свыше 0,05 км, из них 77% – в пределах 0,5–15,0 км.

Эффективность выполнения земляных работ зависит от качества проекта, технологии их выполнения, исключающей многократную переработку одного и того же объема грунта, применения прогрессивных методов с использованием комплексов высокопроизводительных и экономичных машин. Каждая машина комплекса предназначена для определенного рабочего процесса (разработки, транспортировки, разравнивания, уплотнения и планировки грунта, зачистки дна выемок и т. д.). В общем случае одна и та же работа может быть сделана различными комплексами машин. Способ и комплекс машин для конкретных условий выбирают на основании технико-экономического анализа.

Бульдозеры используются в основном при разработке выемок и крайне редко при отсыпке земляного полотна. Рациональная область их применения определяется дальностью транспортировки, коэффициентом сопротивления перемещению и грунтовыми условиями. Движение их при разработке грунта происходит по свежесрезанному или свежееотсыпанному грунту, и коэффициент сопротивления перемещению (без учета уклона) находится в пределах 0,07–0,08. При угле $\pm 15^\circ$ суммарный коэффициент сопротивления перемещению бульдозера изменяется на $\pm 0,26$, а производительность – в 2 раза.

На участках с дальностью перемещения грунта до 15 м возведение земляного полотна может производиться экскаваторами, автогрейдером и грейдер-элеваторами.

Целесообразность применения для конкретных условий определенного комплекса машин зависит от множества факторов: дальности перемещения грунта, коэффициента сопротивления перемещению транспортирующей машины, грунтовых условий, типоразмера машин, объема выполняемых работ и др. Значимость перечисленных факторов для применяемых комплексов различна. Так, определяющим фактором рационального применения прицепных скреперов является дальность транспортировки. Перемещение их происходит постоянно по свежевырезанному или свежееотсыпанному грунту, и средняя скорость изменяется незначительно. При этом используется до 60 % мощности двигателя тягача прицепных скреперов традиционной конструкции.

С увеличением дальности транспортировки увеличивается и время передвижения машины, а условия перемещения колеблются в широких пределах, в зависимости от которых скорость самоходных скреперов и автосамосвалов для одного участка может изменяться в 2–3 раза. Поэтому очень важно определить скорость, оптимальную с точки зрения реализации тяговых усилий и обеспечения курсовой устойчивости движения.

В зависимости от грунтовых условий производительность скреперов может изменяться до 40%.

Сочетание рассмотренных факторов для конкретных условий различно, и рациональная область применения каждого комплекса и типоразмера машин может быть определена только с учетом всех значимых факторов по критерию минимума удельных приведенных затрат.

Многофакторный анализ невозможен без математизации исследуемых процессов и применения ЭВМ. Исследования многих авторов и расчеты на ЭВМ показали, что для различных грунтов и любых значений коэффициента сопротивления перемещению бульдозеры более эффективны при дальности транспортировки грунта до 40 м. При увеличении расстояния перемещения от 40 до 100 м целесообразность применения бульдозеров по сравнению с прицепными скреперами определяется сочетанием других факторов.

При дальности транспортировки грунта более 1 км можно рекомендовать применение комплексов самоходных скреперов или погрузчиков и экскаваторов с автосамосвалами. Прицепные скреперы можно применять при дальности транспортировки от 0,04 до 1 км. С повышени-

ем коэффициента сопротивления движению рациональная дальность транспортировки грунта ими увеличивается.

Из комплексов, выполняющих равноценные технологические процессы, предпочтение отдастся тому, при работе которого приведенные затраты на единицу разрабатываемой продукции принимают минимальное значение при оптимальной загрузке ведущих машин. Для решения этой задачи разработан алгоритм, схема которого представлен на рис. 17.2.

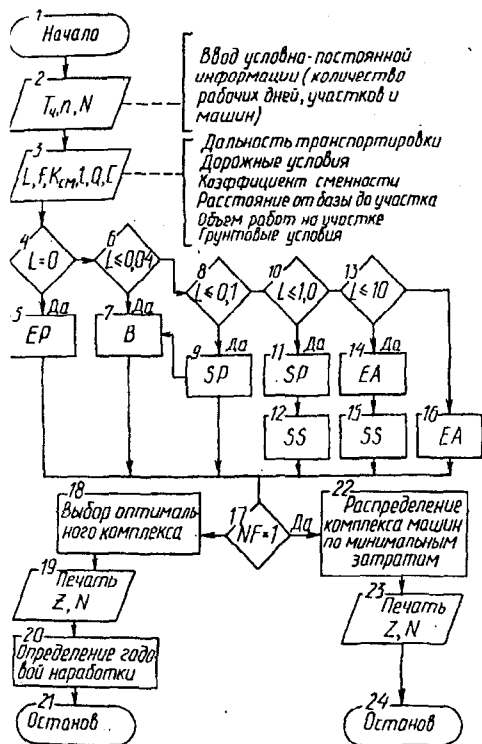


Рис. 17.2. Алгоритм выбора оптимального комплекса машин для выполнения землеройно-транспортных работ

Для реализации алгоритма разработаны две программы. Первая из них предназначена для записи на магнитную ленту (МЛ) массива условно-постоянной информации. Под условно-постоянной понимается информация, постоянная только для одного строительного предприятия. Вторая программа осуществляет считывание условно-постоянной информации с МЛ, ввод задания на расчет, выбор блока расчета приведенных затрат в

зависимости от дальности транспортировки грунта, вычисление приведенных затрат, выбор объема землеройно-транспортных работ, вывод результатов расчета на печать.

Все машины, предназначенные для выполнения землеройно-транспортных работ, разделены на пять групп: EP, B, SP, SS, EA. К группе EP относятся экскаваторы, погрузчики, грейдер-элеваторы; к группе B – бульдозеры; к группе SP – прицепные скреперы; к группе SS – самоходные скреперы; к группе EA – экскаваторы и автосамосвалы.

Результаты расчета могут быть получены в одной из четырех форм. Выбор той или иной формы производится в зависимости от значения переменной NF. При NF=1 на печать выводятся оптимальное количество машин, удовлетворяющее минимуму, приведенных затрат, тип этих машин и приведенные затраты. При NF=2 перечисленные результаты вычисления печатаются для всех типов машин выбранной группы в порядке возрастания приведенных затрат. Форма печати при NF=3 и NF=4 аналогична форме печати при NF=1, и только приведенные затраты выполнения транспортных работ автосамосвалами рассчитываются по единым тарифам.

Для выполнения строительно-монтажных работ устанавливают техническую возможность использования крана данного типоразмера и вспомогательного оборудования с учетом характеристики объекта (конструктивной схемы и размеров сооружения, массы и расположения монтажных элементов, рельефа площадки и т. п.). Выбор монтажного крана в соответствии с технологией выполнения планируемых работ производится по следующим параметрам; грузоподъемности, длине стрелы, вылету крюка, колее, базе, радиусу поворота платформы, высоте подъема грузового крюка, скорости подъема и опускания груза, передвижению крана и вращению поворота платформы, производительности. Требуемая грузоподъемность крана на заданной высоте грузового крюка определяется по формуле:

$$G_{\text{кран}} = m_1 + m_2, \quad (17.16)$$

где m_1 – масса наиболее тяжелого элемента; m_2 – масса такелажных устройств.

Необходимую высоту грузового крюка крана можно определить так:

$$H_{\text{кр}} = h_0 + h_1 + h_2 + h_3, \quad (17.17)$$

где h_0 – расстояние от уровня стоянки до опоры сборного элемента на верхнем горизонте; h_1 – запас по высоте, принимаемый по правилам

техники безопасности равным 0,5 м; h_2 – высота элемента в положении подъема; h_3 – высота грузозахватного устройства.

Необходимый вылет крюка для требуемой высоты подъема

$$l_{кр} = \frac{(b + b_1 + b_2)(H - h_4)}{h_5 + h_3} + b_3, \quad (17.18)$$

где b – минимальный зазор между стрелой и ранее смонтированной конструкцией (до 1 м); b_1 – расстояние от центра тяжести груза до края, приближенного к стреле; b_2 – половина толщины стрелы на уровне верха монтируемого элемента; H – минимально требуемое расстояние от уровня стоянки крана до верха оголовка стрелы; h_4 – расстояние от уровня стоянки крана до оси поворота стрелы; h_5 – высота полиспаста в стянутом положении; b_3 – расстояние от оси вращения крана до оси поворота стрелы.

Необходимая наименьшая длина стрелы определяется выражением:

$$L_{\min} = \sqrt{(l_{кр} - b_3)^2 + (H - h_4)^2}. \quad (17.19)$$

Целесообразность применения на строительной площадке бурильного оборудования разного типа зависит от эффективности способа бурения. Для разработки мягких и мерзлых грунтов применяются буровые установки и самоходные машины с вращающимся рабочим оборудованием. Для бурения скважин в породах различной прочности используются установки с ударно- и ударно-вращательным рабочим оборудованием. Широкое применение при разработке скважин в легких суглинках и плывунах находит гидравлический способ бурения. Рабочим органом машины при бурении прочных грунтов является термобур с огнеструйной горелкой. Такие машины эффективно применяются для бурения скважин в горных породах. Главными параметрами, характеризующими эффективность применения бурильных установок на строительной площадке, являются диаметр скважин, глубина, направление и скорость бурения.

Шнековое бурение применяют для скважин диаметром 110–125 мм и глубиной до 30 м, а колонковое – диаметром 45–130 мм и глубиной до 200 м. Для бурения скважин диаметром 300–400 мм и глубиной 150–1200 м применяются роторные бурильные установки. Бурение скважин диаметром 200–250 мм и глубиной до 20 м в очень крепких породах производится установками термического бурения. Скорость термического бурения в 3 и более раз превышает другие виды в аналогичных условиях и в смену составляет 20–30 м. Достоинством этого способа является возможность регулирования диаметра скважин в зависимости

от скорости бурения, а недостатком – большой расход кислорода, стоимость которого составляет 60–70% всех затрат.

Для повышения несущей способности слабых грунтов в строительстве широко применяют сваи, что позволяет уменьшать объем земляных работ на 70–75%, расход бетона – на 25–30%, снижать трудоемкость работ по возведению подземной части сооружения в 1,5–2 раза. Наиболее широко производится забивка свай с помощью сваебойных установок и погружение их вибрационным способом. Находят применение и методы устройства набивных свай. При погружении свай основными факторами, определяющими выбор оборудования, являются физико-механические свойства грунта, вид свай, глубина погружения и объем свайных работ. Высокой производительностью, простотой эксплуатации, автономностью и низкой стоимостью работ хорошо зарекомендовали себя на строительных площадках дизель-молоты. Применяются штанговые и трубчатые дизель-молоты. Преимущество трубчатого дизель-молота заключается в большей (в 2–3 раза) энергии удара, но при отрицательных температурах более устойчиво работают штанговые дизель-молоты. На интенсивность погружения сваи влияют частота ударов и соотношение массы сваи (m_1) и ударной части (m_2). Чем меньше отношение m_1/m_2 , тем полнее используется энергия ударов. Практически это отношение должно находиться в пределах 0,5–2,0. Так, для забивки свай длиной 8–10 м рекомендуется применять это соотношение в пределах 1,25 при штанговых и 0,5–0,7 – при трубчатых дизель-молотах. Скорость движения ударной части молота не должна превышать 6 м/с, так как при больших скоростях энергия будет затрачиваться на разрушение сваи и наголовника. Несмотря на отмеченные достоинства, применять дизель-молоты на слабых грунтах нецелесообразно, поскольку требуемого сжатия в камере сгорания не происходит. Нельзя его применять и при забивке свай под водой.

Выбор типа молота (в зависимости от массы свай и вида грунта) производится по коэффициенту применимости K :

$$K = (m_1 + m_2) / W, \quad (17.20)$$

где W – энергия удара (по паспорту). При $K \geq 5$ применяются дизель-молоты, при $K < 5$ – подвесные молоты или вибропогружающие машины.

Под действием знакопеременной силы в вибромашине создаются механические колебания, погружающие сваю.

Недостатком использования вибропогружателей на строительной площадке является низкая эффективность их в связных грунтах.

Буронабивные сваи производят на месте их проектного положения. Изготавливают их диаметром до 1200 мм и длиной 35 м. Законченные операции по погружению свай оформляются актом, отражающим качество работ.

Для организации производства бетонных работ на строительстве создается комплекс производственных и вспомогательных предприятий. Основные элементы такого комплекса – склады заполнителей и цемента, бетоносмесительное оборудование, установки для подогрева и охлаждения заполнителей, контрольного грохочения, транспортные и уплотняющие средства.

При приготовлении бетонных смесей основной технологической задачей является обеспечение точного соответствия готовой смеси заданному составу. Эта задача решается путем использования кондиционных компонентов смеси и точного их дозирования. Смесь производится на заводах товарного бетона или на бетоносмесительных установках, располагаемых на строительных площадках. Районный завод имеет годовую производительность до 200 тыс. м³ и обслуживает строительные площадки в радиусе до 30 км. Такой завод состоит из секций, каждая из которых может работать в автономном режиме. Себестоимость бетона, производимого на таких заводах, сравнительно низка, однако они экономически оправданы, если гарантировано потребление всей продукции в течение 10 лет. Центральные заводы, как правило, обслуживают одну крупную строительную площадку в течение 5 лет. Они имеют блочную конструкцию и могут перебазироваться за 20–30 суток на трейлерах грузоподъемностью 20 т. Себестоимость бетона на заводах блочной конструкции выше, однако их можно размещать ближе к строительной площадке. Передвижные бетоносмесительные установки производительностью до 30 м³/ч применяются для рассредоточенных объектов с незначительными объемами бетонных работ. Их монтируют на специальных трейлерных прицепах и перевозят с объекта на объект. При месячной потребности в бетоне до 1,5 тыс. м³ применяются инвентарные бетоносмесительные установки с устройствами для точной дозировки компонентов смеси. Все компоненты бетонной смеси дозируют по массе с отклонением для воды и цемента $\pm 1\%$ и для заполнителей – $\pm 2\%$.

При транспортировке бетонной смеси основное технологическое условие – сохранение ее однородности и подвижности. Следует учитывать, что если в пути крупный заполнитель оседает, а цементное молоко и раствор всплывают, то бетонная смесь теряет однородность. На практике пользуются тремя технологическими схемами доставки бетонных сме-

сей к месту их укладки: от места приготовления до отгрузки непосредственно в бетонную конструкцию; от места приготовления до места разгрузки у строящегося объекта; от места разгрузки до места укладки в конструкцию. Для транспортировки бетонной смеси по первой и второй схемам применяются автомобили-самосвалы, автобетоновозы и автобетоносмесители, по третьей схеме – бетононасосы, пневмонагнетатели, краны с бадьями, конвейер и вибропитатели. Производительность этих механизмов должна быть на 10% выше производительности транспортных средств. Продолжительность автомобильных перевозок бетонной смеси зависит от ее начальной температуры, температуры воздуха, вида цемента и типа транспортных средств и не должна превышать 60 мин. при температуре воздуха выше 10°C и может быть увеличена до 120 мин. при температуре ниже 5°C.

В Республике Беларусь до 80% бетонной смеси транспортируется автосамосвалами. Их применение экономически целесообразно при дальности транспортировки до 15 км. Транспортировка бетонной смеси на расстояние свыше 15 км приводит к ее расслоению. Применяются и специальные автобетоновозы, имеющие устройства для побуждения смеси в пути и возможность порционной выгрузки. Широко применяются и автобетоносмесители, которые загружаются отдозированной сухой смесью, а вода поступает в барабан в пути следования. Начало перемешивания назначается за 5–10 мин до доставки в пункт назначения. При этом дальность перевозки ограничивается экономическими соображениями и может достигать до 70 км. При выборе транспортных средств следует учитывать, что автобетоносмеситель имеет массу не менее 20 т и может перемещаться по дорогам с достаточно прочным покрытием.

Транспортировка бетонной смеси бетононасосами включает ряд подготовительных и заключительных операций. Перед началом трубопровод смазывают, прокачивая через него известковое тесто или цементный раствор, а после окончания транспортировки его промывают водой и пропускают эластичный пыж. При перерыве более чем на 30 мин смесь активируют путем периодического включения, а при перерывах более 1 ч бетонопровод полностью очищают.

Одним из условий получения высококачественного бетона является его уплотнение вибрацией. В уплотненной бетонной смеси содержится большое количество воздуха, который снижает качество бетона. Ориентировочно считают, что каждый процент воздуха в смеси уменьшает прочность бетона на 3–5%. Эффект уплотнения вибрированием зависит от частоты и амплитуды колебаний и продолжительности вибри-

рования. По диапазону вибрационных параметров различают вибраторы низкочастотные – с числом колебаний до 3500 в минуту и амплитудой до 3 мм, среднечастотные – с частотой колебаний 3500–9000 в минуту и амплитудой 1,5 мм, высокочастотные – с частотой колебаний 10–20 тыс. в минуту и амплитудой 0,1–1,0 мм. Применение высокочастотной вибрации позволяет уменьшать требуемую мощность вибраторов и сокращать продолжительность уплотнения. Особенно эффективны они при бетонировании тонкостенных густоармированных конструкций.

При уплотнении бетонной смеси глубинными вибраторами толщина уплотняемого слоя не должна превышать 1,25 рабочей части вибратора. Шаг перестановки вибратора не должен быть больше 1,5 радиуса его действия. Одним из направлений повышения эффективности вибраций является применение виброизлучателей, представляющих собой стальную плиту толщиной 1,0–1,2 мм со спаренными мощными вибраторами.

Строительно-монтажные работы – основной технологический процесс в строительстве. Наличие широкоразвитой сети предприятий, выпускающих сборные конструкции, способствует внедрению комплексной механизации и поточной организации. В состав комплекса для строительно-монтажных работ входят ведущие и вспомогательные машины. Параметры ведущей машины выбирают по заданной технологии работ и их соответствию строительно-монтажной характеристике объекта. Вспомогательные машины включают в комплекс для механизации отдельных технологических процессов с учетом производительности, обеспечивающей непрерывную работу ведущей машины.

17.4. Рабочие режимы машин линейного строительства

Основным низовым подразделением механизации линейного строительства является звено машин. Звенья объединяют в бригады, а бригады – в отряды, выполняющие один или несколько комплексных рабочих процессов по возведению отдельных сооружений или участков дороги.

Наиболее прогрессивный метод организации линейного строительства – поточный, который концентрирует средства механизации для выполнения технологического процесса специализированными отрядами. Перемещаясь по трассе, они выполняют определенные виды работ в строгой последовательности, когда каждый предыдущий отряд готовит фронт работ для последующего. Так, один отряд укладывает трубы и сооружает мосты, другой выполняет работы по возведению земляного полотна, третий делает основание и покрытие, четвертый выполняет отделочные работы.

Время (в часах) между вводом в работу двух очередных отрядов машин есть *шаг отряда*, который может быть определен по формуле:

$$p_{отр} = L / v, \quad (17.21)$$

где L – протяженность специализированного потока (захватка); v – скорость потока.

Производительность машин линейного строительства определяется скоростью потока.

Строительные потоки подразделяются на *ритмичные*, с одинаковой или кратной продолжительностью работы на захватке, и *неритмичные*, в которых продолжительность работы на захватке различна.

Одним из важнейших показателей ритмичного потока является продолжительность частного потока $t_{част}$ (последовательное выполнение одного процесса на различных захватках):

$$t_{част} = m p_{отр}, \quad (17.22)$$

где m – число захваток на объекте.

Продолжительность всего строительного потока в этом случае определяется по формуле:

$$t_{стр} = p_{отр} (m + n - 1). \quad (17.23)$$

где n – число технологических процессов, выполняемых на каждой захватке.

В условиях линейного строительства автомобильных дорог продолжительность выполнения разных технологических операций связана с объемом работ на каждой захватке. Равномерные объемы характерны для процесса подготовки основания и устройства покрытия.

Подготовительные работы, строительство водоотводных сооружений, земляные и отделочные работы имеют различные объемы по участкам, зависящие от рельефа местности и гранулометрического состава грунтов. Выполнение этих технологических операций характеризуется разной продолжительностью работы на захватке, и частный поток по выполнению этих операций будет неритмичным.

В развитии строительного потока наблюдаются три периода: развитие потока t_1 , установившийся поток t_2 и свертывание потока t_3 . Как правило, периоды развертывания и свертывания потока одинаковы:

$$t_1 = t_3 = p_{зак} (n - 1), \quad (17.24)$$

где $p_{\text{зах}}$ — продолжительность нахождения отряда на одной захватке (при ритмичном потоке $p_{\text{отр}} = p_{\text{зах}}$).

Период установившегося потока $t_2 = p_{\text{зах}} (m - n + 1)$.

Установившийся поток отвечает требованиям строительного производства. Для его сохранения минимальное количество захваток должно быть $m \geq n + 1$.

Режимы работы всех отрядов машин назначаются с учетом обеспечения фронта работ каждого последующего отряда и выполнения плановых объемов в установленные сроки.

17.5. Эксплуатация транспорта в строительстве

Строительное производство характеризуется необходимостью перемещения значительных объемов грузов. Транспортные и погрузочно-разгрузочные работы в строительстве составляют 30–35% его стоимости и до 50% трудовых затрат. Большой удельный вес этих работ требует комплексной механизации всего транспортного процесса (погрузки, перемещения, выгрузки). Грузы в строительстве перемещают вертикальными и горизонтальными видами транспорта. По отношению к строительной площадке горизонтальный транспорт подразделяют на внешний, внутрипостроечный и объектовый. *Внешний* транспорт перевозит грузы на строительную площадку извне. *Внутрипостроечный* обеспечивает перемещение грузов на территории строительства. *Объектовый* транспорт перемещает грузы непосредственно на объекте. Внешние и внутрипостроечные перевозки осуществляют рельсовым, безрельсовым, воздушным и специальным транспортом. Выбор вида транспорта производится с учетом целого ряда факторов: рода груза, условий погрузочно-разгрузочных работ, дальности транспортировки, дорожных условий, объема выполняемых транспортных работ.

Применение *рельсового* транспорта эффективно при дальности транспортировки свыше 200 км и годовом объеме перевозок строительных грузов около 1 млн т.

Основными видами *безрельсового* транспорта являются автомобильный и тракторный. Последний используется при перемещении тяжелых грузов в условиях бездорожья. Самое широкое распространение получил автомобильный транспорт, особенно в пределах строительной площадки. Перевозки грузов автомобильным транспортом составляют 85% всех перевозок. К достоинствам автомобильного транспорта относятся быстрота перевозок и возможность подачи грузов непосредственно к месту их потребления, а также универсальность.

Эффективность автоперевозок значительно повышается при применении автомобилей с полуприцепами и прицепами. Автопоезда подразделяются на прицепные, состоящие из буксирного тягача с прицепами, и комбинированные, включающие седельный тягач с полуприцепом и дополнительные прицепы к нему. Применение автопоездов позволяет повышать производительность автомобилей в 1,5 раза и снижать себестоимость перевозок на 25%. Особая роль принадлежит специализированным автотранспортным средствам. Потери при перевозке сыпучих материалов на неспециализированном транспорте достигают 10%, а бой кирпича в процессе транспортировки и погрузо-разгрузочных работ доходит до 18%. Потребность в специализированном транспорте составляет 25–30% общего количества автотранспорта.

К специализированным транспортным средствам относятся: автобетоновозы, транспортирующие бетонную смесь в кузове, снабженном крышкой и подогревом; авторастворовозы, обеспечивающие перевозку строительных растворов, с механическим побуждением внутри и механизмом порционной выдачи раствора; автобетоносмесители, применяемые для транспортировки бетона на большие расстояния и для приготовления смеси в пути; автоцементовозы, оборудованные устройством для загрузки и выгрузки цемента, гипса, извести, сухой золы, молотого порошка и состоящие из тягача с цистерной-полуприцепом, которая расположена с уклоном 69° в сторону выгрузки; плитовозы и балковозы, предназначенные для транспортировки плит, балок, колонн, свай и т. п.; панелевозы, служащие для транспортировки стеновых панелей и имеющие специальные приспособления для фиксации конструкций в вертикальном положении; фермовозы для транспортировки ферм и других изделий, требующих перевозки в рабочем положении; трейлеры для транспортировки тяжелых грузов и машин; автобитумовозы, используемые для перевозки битума при температуре до 200°С от установок по производству битума к складам или базам потребления и состоящие из автомобильного тягача и цистерны-полуприцепа с системой обогрева и перекачки битума; автоконтейнеровозы, применяемые для доставки мелкоштучных и тарноупаковочных грузов. Использование специализированных машин в строительстве является основным направлением ликвидации ручного труда на погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работах.

Самоходные краны широко применяются на строительно-монтажных и перегрузочных работах, а также для подачи бетонной смеси в блоки бетонирования сравнительно невысоких сооружений. Выбор самоходных кранов производится по грузоподъемности, вылету крюка, дли-

не стрелы, высоте подъема грузового крюка, габаритным размерам и движителю. Подвесные канатные дороги применяются для доставки строительных грузов в условиях сильнопересеченной местности и наличия водных преград. Ленточные конвейеры применяются как внутрипостроечный транспорт для транспортировки инертных материалов.

Пневмотранспорт перемещает порошкообразные материалы по трубам, гидротранспорт — грунты средствами гидромеханизации. Водный транспорт в строительстве применяется для транспортировки массовых навалочных, а также крупногабаритных грузов, которые невозможно перевозить по железной дороге. Воздушный транспорт используется для доставки грузов в труднодоступные места.

Производительность и область применения транспортных средств можно существенно повысить за счет применения одно-, двух-, трехосных прицепов. Для транспортировки тарных и бестарных грузов применяются общетранспортные прицепы. К ним относятся прицепы-шасси, прицепы-ропуски, прицепы-самосвалы, прицепы-цистерны и прицепы-тяжеловозы. Прицепы-шасси используются для транспортировки кусковых и штучных строительных грузов, прицепы-ропуски — для перевозок стальных труб, проката, бревен и других длинномерных строительных грузов. Транспортировка этих грузов (длиной 6–30 м) производится со скоростью не более 60 км/ч. Для перевозки сыпучих грузов применяются прицепы-самосвалы.

Широко применяются в строительстве и полуприцепы, которые отличаются от прицепов тем, что не могут использоваться как строительные транспортные средства. Для перевозки негабаритных тяжеловесных неделимых грузов и тяжелых транспортных средств по дорогам с твердым покрытием и улучшенным грунтовым дорогам применяются специальные полуприцепы-тяжеловозы. При организации перевозок на труднопроходимых участках направляют бригаду обеспечения движения.

В системе транспортного обеспечения строительного производства можно выделить следующие направления повышения эффективности использования транспортных средств: совершенствование организационных форм (подсчитано, что простои рабочих из-за несвоевременной поставки материалов составляют около 8% рабочей смены); пересмотр технического обеспечения (обеспеченность специализированным подвижным составом в настоящее время составляет лишь 7% вместо требуемых 25–30%, а автомобилями грузоподъемностью более 5 т — 20%, что в 1,5 раза меньше требуемого количества); планирование грузоперевозок, управление перевозками с учетом организационно-технологич-

ческих решений строительного производства (в строительстве сложились две формы транспортного обеспечения: перевозка грузов собственным транспортом и использование подвижного состава специализированных транспортных предприятий, что позволяет концентрировать транспортные средства); внедрение технической диагностики, обеспечивающей повышение ресурсов на 6–10% и коэффициента готовности на 12–15%; повышение производительности и снижение себестоимости эксплуатации транспорта.

Производительность автотранспортных средств определяется по формуле:

$$P_a = \frac{qK_{\text{нап}}K_v}{t_{\text{прост}} + L/(\beta v)}, \quad (17.25)$$

где q – вместимость кузова автомобиля; $K_{\text{нап}}$ – коэффициент наполнения кузова автомобиля; K_v – коэффициент использования машины по времени; $t_{\text{прост}}$ – время простоя машины при загрузке и разгрузке; L – дальность транспортировки; β – коэффициент использования пробега; v – техническая скорость перемещения машины, где $v = 2v_{\text{гр}}v_{\text{пор}} / (v_{\text{гр}} + v_{\text{пор}})$; $v_{\text{гр}}$, $v_{\text{пор}}$ – скорости движения машины соответственно в груженом и порожнем состояниях.

Скорость перемещения машины зависит от мощности двигателя N_e , коэффициента использования мощности K , КПД трансмиссии и движителя η , массы машины с грузом m , коэффициента сопротивления перемещению f и может определяться по формуле:

$$v = KN_e\eta / (9,8mf). \quad (17.26)$$

Коэффициент сопротивления перемещению имеет значительные интервалы изменения (от 0,015 до 0,200) и оказывает влияние на производительность машин. Эффективность автомобильных перевозок определяется выбором оптимальных материалов и правильным подбором транспортных средств, наиболее подходящих для конкретных условий, с целью выполнения заданного объема перевозок за минимальное время. Рациональное использование автомобилей характеризуется коэффициентом использования его грузоподъемности:

$$K_{\text{сп}} = \frac{M}{Qn} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{Qn}, \quad (17.27)$$

где M – масса груза, перевезенного за смену, т; Q – грузоподъемность автомобиля, т; n – расчетное число рейсов за смену; m_i – масса груза, перевезенного за i -й рейс, т.

17.6. Система плановых технических обслуживаний и ремонтов машин

В процессе эксплуатации строительных машин важно управлять их работоспособностью. Поддержание высокого уровня работоспособности обеспечивается предупреждением повышенного изнашивания деталей, отказов и повреждений сборочных единиц и машин в целом в процессе их эксплуатации за счет регулярного проведения комплекса организационно-технических мероприятий. Эти мероприятия разрабатываются на основе рекомендаций заводов-изготовителей, положений нормативно-технической документации по обслуживанию и ремонту машин, а также требований Госпроматомнадзора и Госавтоинспекции по их безопасной эксплуатации и проводятся с установленной периодичностью и трудоемкостью. Перечень выполняемых операций, их трудоемкость и периодичность определяют режим технического обслуживания и ремонта. Термины, определения, нормативы и режимы ТО и ремонтов приведены в нормативно-технической документации.

Техническое обслуживание обеспечивает поддержание работоспособности машины и в процессе эксплуатации проводятся: *ежедневное техническое обслуживание (ЕО)*; *плановое техническое обслуживание (ТО)*, выполняемое в плановом порядке с определенной периодичностью; *сезонное обслуживание (СО)*, выполняемое при подготовке машины к летним и зимним условиям эксплуатации.

Для конкретных машин планируется несколько ТО, различающихся между собой объемом работ и периодичностью. В зависимости от последовательности ТО им присваивается порядковый номер, причем в объем работ ТО с более высоким порядковым номером входят все операции из предшествующих ТО, включая и ЕО.

При ежедневном обслуживании проводится: общий контроль технического состояния машины; очистка и мойка для поддержания хорошего внешнего вида; заправка топливо-смазочными материалами. ЕО выполняется, как правило, перед началом или после рабочей смены. Плановые ТО дополнительно включают регулировочные, контрольно-диагностические, крепежные и смазочные работы.

Для восстановления работоспособности машины производится ее ремонт, который включает комплекс работ по устранению повреждений и отказов. В соответствии с характером и назначением работ различают *текущий (ТР)* и *капитальный (КР)* ремонты.

Текущий ремонт проводится с целью устранения возникших отказов и неисправностей и обеспечения гарантированной работоспособно-

сти машины до очередного планового ремонта. Характерными работами ТР являются: разборочные, дефектовочные, слесарные, сварочные, сборочные, окрасочные, замена деталей и сборочных единиц в объеме, определенном техническим состоянием машин.

Капитальный ремонт проводится с целью восстановления работоспособности машины и ее сборочных единиц с обеспечением ресурса не менее 80% от новых.

Машина или сборочная единица (объект) направляется в капитальный ремонт когда базовые детали требуют ремонта или замены. Капитальный ремонт, объекта предусматривает его полную разборку, дефектовку, восстановление или замену деталей с последующей сборкой, регулировкой и испытанием. Базовые детали составляют основу объекта и обеспечивают правильное расположение и функционирование всех деталей и сборочных единиц в целом. При КР восстанавливаются: зазоры и натяги сопряжений, взаимное расположение деталей, микрогеометрия рабочих поверхностей, структура и твердость металлов, внешний вид и соединительные размеры сборочных единиц.

17.7. Планирование технических обслуживаний и ремонтов

В эксплуатирующих организациях система ППР реализуется через годовые планы и месячные планы-графики технических обслуживаний и ремонтов.

Годовой план технических обслуживаний и ремонтов определяет число плановых мероприятий по каждой машине, утверждается главным инженером или главным механиком вышестоящей организации, и является основанием для расчета потребности в материальных и трудовых ресурсах при разработке производственных планов.

Исходными данными для годового плана являются: фактическая наработка в моточасах с начала эксплуатации на начало планируемого года; планируемая наработка машины на год в часах; периодичность выполнения технических обслуживаний и ремонтов.

Число технических обслуживаний и ремонтов каждого вида на планируемый год на каждой машине определяется по формуле (17.28)

$$K_{\text{ТОП}} = \frac{H_{\phi} + H_{\text{нз}}}{T_{\text{тор}}} - K_{\text{ВП}} \quad (17.28)$$

где H_{ϕ} – фактическая наработка машины на начало планируемого года со времени последнего аналогичного рассчитываемого ремонта или технического обслуживания (определяется разностью между наработкой

машины с начала эксплуатации или после капитального ремонта на начало планируемого года и ее наработкой на день последнего аналогичного мероприятия предшествующего года); $H_{пл}$ – наработка на планируемый год, определяется по количеству часов рабочего времени машины в течение года и коэффициенту перехода от сменного рабочего времени к часам наработки; $T_{тор}$ – периодичность выполнения соответствующего ремонта или технического обслуживания, по которому проводится расчет, ч; $K_{вп}$ – количество ремонтов и технических обслуживаний более высокого порядка (для капитального ремонта $K_{вп} = 0$).

Определение числа ремонтов и технических обслуживаний на планируемый год производится в последовательности: капитальный ремонт K_k ; текущий ремонт K_T ; техническое обслуживание №3 – $K_{ТО.3}$; №2 – $K_{ТО.2}$; №1 – $K_{ТО.1}$.

Для годового плана технических обслуживаний и ремонтов определяется месяц (М) проведения капитального ремонта

$$M = \frac{12(T_k - H_{фк})}{H_{пл}} + 1, \quad (17.29)$$

где T_k – периодичность выполнения капитального ремонта, ч; $H_{фк}$ – наработка машины на начало планируемого года от предыдущего капитального ремонта или с начала эксплуатации.

Порядковый рабочий день месяца $D_{ТОР}$, в который начинается проведение ремонта или технического обслуживания, определяется по формуле:

$$D_{ТОР} = \frac{K_{д.р}(n \cdot T_{п} - H_{ф})}{H_{пл.м}} = 1, \quad (17.30)$$

где $K_{д.р}$ – число рабочих дней в планируемом месяце; $H_{пл.м}$ – планируемая наработка на месяц, ч; n – порядковый номер планируемого обслуживания (для ремонтов и технического обслуживания с периодичностью проведения, превышающей планируемую месячную наработку, $n=1$).

Если учесть, что $H_{пл.м} / K_{д.р}$ – дневная наработка машины, то можно записать:

$$D_{ТОР} = \frac{nT_{п} - H_{ф}}{T_{ср}} + 1, \quad (17.31)$$

где $T_{ср}$ – средняя наработка машины в день.

Планируемая годовая наработка $H_{пл}$ может определяться по месяцам в соответствии с числом рабочих дней или за счет коэффициента

сменности и организации работы в выходные дни по скользящему графику значительно увеличивать наработку машины на летний период.

При определении $K_{ТОР}$, M , $D_{ТОР}$ результаты расчета округляются до целых чисел в меньшую сторону.

Продолжительность проведения технического обслуживания или ремонта определяется по рекомендациям завода-изготовителя с учетом фактического времени ожидания и транспортирования машин.

17.8. Организация технического обслуживания и ремонта машин

Технические обслуживания (ТО) и ремонты машин проводятся в соответствии с утвержденными годовыми и месячными планами. В течение месяца график может корректироваться с учетом фактической наработки и технического состояния машины. Дата фактической остановки и ее продолжительность доводятся до организации, эксплуатирующей машину, не позднее чем за 5 дней до остановки. Перед отправкой машины на капитальный ремонт создается комиссия под председательством главного инженера или главного механика организации. Комиссия решает вопрос о целесообразности проведения ремонта или дальнейшей эксплуатации машины и свои предложения оформляет актом.

Своевременное и качественное выполнение ТО и ремонтов СДМ обеспечивается: наличием нормативно-технической документации, местом проведения, оснащением технологических процессов оборудованием, оснасткой и инструментом; материально-техническим обеспечением работ; подготовкой кадров, занятых обслуживанием и ремонтом.

Более высокий уровень организации ТО и ремонтов достигается в результате территориального или ведомственного объединения мелких эксплуатационных организаций. В этом случае создаются специализированные ремонтно-механические мастерские (РММ), в которых выполняется ремонт несложной техники и капитальный ремонт основных агрегатов машин.

Ремонт выполняется в полевых или стационарных условиях агрегатно-узловым методом. Все ремонтные работы можно разделить на две части: работы на рабочих постах и работы, выполненные на участках. К работам, выполняемым на рабочих постах, отнесены разборочно-регулирующие и крепежные операции, которые составляют 30–70% общего объема. Наибольшая доля производственно-цеховых работ падает на агрегатные (5–20%) и слесарно-механические (10–15%). Остальные виды работ составляют до 10% общего объема.

Текущий ремонт может осуществляться и индивидуальным методом. Недостаток его – длительные простои машин в ремонте и необхо-

димостью производить разборочные операции в полевых условиях. Агрегатно-узловой метод значительно сокращает время простоя в ремонте, отпадает необходимость транспортировки машин на ремонтную базу. При этом методе повышается и качество ремонта.

В зависимости от численности парка машин и условий эксплуатации ТО и ремонты могут выполняться индивидуальным, групповым, участковым и агрегатно-участковым методами. При индивидуальном машина обслуживается самой бригадой или машинистом, за которым она закреплена. При групповом за одной бригадой закрепляют несколько машин различных типов. При участковом работы выполняются непосредственно на участке. Агрегатно-участковый метод способствует специализации как по объемам выполняемых работ, так и по их разновидностям. Здесь бригады распределяются между специализированными участками: ремонта двигателя, агрегатов, гидропривода и т. д.

В состав эксплуатационно-ремонтных бригад входят специализированные звенья, которые производят ТО и заправку. Обычно за звеном из трех человек закрепляют 20–25 машин. Сложные отказы устраняют на ремонтных базах управлений механизации. Ремонтный участок предусматривает звенья и бригады, личный состав которых распределен по постам и рабочим местам, оснащенным необходимым ремонтно-технологическим оборудованием и передвижными комплектами инструментов.

В организации со смешанным парком машин, рассредоточенных по участкам, ТО и ремонты выполняются, как правило, звеном бригады в составе механика, слесаря и сварщика, закрепленным за передвижной ремонтной мастерской.

Место и способ выполнения ТО и ремонта зависят от вида технического воздействия и удаленности машин от РММ.

По рекомендациям С.К. Полянского предельное расстояние для обслуживания землеройных машин передвижными мастерскими определяется зависимостью:

$$L_{np} = 0,5(t_{см}/2 - t_{под}) v, \quad (17.32)$$

где $t_{см}$ – продолжительность рабочей смены передвижных мастерских; $t_{под}$ – продолжительность подготовки передвижных мастерских к работе; v – скорость передвижения мастерских.

Количество передвижных мастерских определяют по формуле &

$$X_M = \frac{K_{МТО} T_{ГТО} + K_{МЛ} T_{ГЛ}}{T_{ГРМ} K_B}, \quad (17.34)$$

где $K_{м.ТО}$ – коэффициент, учитывающий объем работ ТО, выполняемых мастерской; $T_{г.ТО}$ – годовая трудоемкость ТО всех машин, чел. ч; $K_{м.т.}$ – коэффициент, учитывающий объем работ по текущим ремонтам, выполняемых с помощью передвижной мастерской в полевых условиях; $T_{г.т.}$ – годовая трудоемкость текущих ремонтов всех машин, чел. ч; T_r – годовой фонд рабочего времени мастерской, ч; p_M – количество рабочих в мастерской (обычно 2–3 человека); K_B – коэффициент, учитывающий потери времени на перемещение мастерской, $K_B = 0,5–0,6$.

Для машин, возвращающихся в конце рабочего дня на базу, и машин на автомобильном ходу рационально проводить ТО и ремонты в РММ, особенно это важно для гидропривода и топливной аппаратуры дизельных двигателей. Технические обслуживания и ремонты машин на пневмоколесном ходу, удаленных от РММ на расстояние до 10 км, рекомендуется производить в стационарных условиях. Место проведения ТО и ремонтов машин с гусеничным движителем зависит не только от расстояния до РММ, но и от типа дорог. По дорогам с твердым покрытием эти машины могут транспортироваться только на трейлере (независимо от расстояния). При отсутствии на пути перемещения твердого покрытия рационально проводить техническое обслуживание в стационарных условиях (экскаваторов с гусеничным движителем – при расстоянии до базы не более 2 км, машин на базе гусеничных тракторов – 5 км).

Основой рациональной организации ТО и ремонта СДМ является технологический принцип организации производства при наличии соответствующего оборудования и материально-технического обеспечения планируемых работ.

При организации ремонта агрегатно-узловым методом создается оборотный фонд. Он поддерживается за счет новых и отремонтированных сборочных единиц. Номенклатура оборотного фонда определяется в зависимости от парка машин и условий их эксплуатации. В оборотный фонд включают, как правило, следующие агрегаты: двигатель, коробку отбора мощности, гидротрансформатор (сцепление), коробку передач, карданную передачу, ведущий мост, ведомый мост, движитель, рабочее оборудование, гидропривод.

Потребность в сборочных единицах для поддержания работоспособности СДМ определяется по формуле (17.34)

$$n = Z_{cp} B / 365, \quad (17.34)$$

Здесь Z_{cp} – среднее количество отказов сборочных единиц за планируемый период наработки:

$$Z_{cp} = \frac{MNH_{пл}K}{t_R}, \quad (17.35)$$

где M – количество сборочных единиц на одной машине; N – количество машин одной марки; $H_{пл}$ – планируемая годовая наработка (в моточасах); t_R – ресурс сборочной единицы, ч; K – коэффициент отклонения ресурса сборочных единиц; B – оборачиваемость сборочных единиц из ремонта.

17.9. Диагностирование СДМ

17.9.1. Основные понятия диагностирования

Диагностирование – процесс определения технического состояния и перспектив дальнейшей эксплуатации машины и ее сборочных единиц без их разборки. Техническое состояние машины и ее сборочных единиц оценивается параметрами по признакам, характеризующим эти параметры. Если параметр – качественная мера, характеризующая свойство системы и ее состояние, то признак – его внешнее проявление. Признак может характеризовать изменение параметра через химические, электрические, магнитные, звуковые и другие сигналы.

К диагностическим параметрам предъявляются следующие требования: однозначность, информативность, технологичность. *Однозначность* предусматривает наличие одного значения параметра выходного процесса. *Информативность* параметра характеризует объем информации о техническом состоянии диагностируемого объекта. *Технологичность* параметра оценивается удобством, трудоемкостью и себестоимостью диагностирования.

Диагностические параметры подразделяются на *структурные*, или *прямые* (эффективная мощность, размеры деталей, зазоры в сопряжениях, натяги, несоосность и т. п.), и *функциональные*, или *косвенные* (суммарные зазоры, расход топлива, продолжительность цикла, давление жидкости в гидросистеме и в главной магистрали двигателя, производительность насосов, мощность механических потерь и т. п.).

Основные задачи диагностирования машин – проверка работоспособности сборочных единиц и машины в целом, определение потребности выполнения контрольно-регулирующих и ремонтных операций при техническом обслуживании, поиск дефектов и контроль качества ремонта, сбор и обработка информации для прогнозирования остаточного ресурса.

Диагностирование машины может проводиться одновременно с выполнением ТО (*совмещенное диагностирование*). В этом случае пе-

редвижные мастерские и специализированные посты ТО оснащаются средствами диагностики. *Специализированное диагностирование* проводится на специализированных участках баз механизации или с помощью передвижных диагностических установок.

По объему и характеру информации о работоспособности машины диагностика может быть *общей* (Д-1) и *углубленной* (Д-2). При Д-1 проверяется работоспособность машины, устанавливается необходимость проведения регулировочных и ремонтных работ. При Д-2 проводится углубленный анализ технического состояния сборочных единиц и систем с выявлением дефектов, устанавливается *объем* регулировочных работ, определяется остаточный ресурс и качество ТО и ремонта.

При *техническом диагностировании* предварительно выполняются общеподготовительные работы, включающие очистку машины, ознакомление с информацией машиниста о ее техническом состоянии, визуальный осмотр состояния наружных креплений и герметизации соединенных составных частей. Первичная проверка позволяет выявлять очевидные дефекты сборочных единиц и определять необходимость их ТО или ремонта перед диагностированием.

После предварительной оценки технического состояния и устранения явных дефектов определяют диагностический параметр или комплекс параметров, характеризующих техническое состояние машины, системы или сборочных единиц.

Численное значение параметра является его количественной мерой, оно может быть номинальным, допустимым и предельным. *Номинальное значение параметра* ($I_{ном}$) характерно для новых или капитально отремонтированных машин и сборочных единиц и обеспечивает их рациональную эксплуатацию. Значение параметра, обеспечивающего безотказную работу сборочных единиц до очередного диагностирования, называется *допустимым* ($I_{дон}$). *Предельное значение параметра* ($I_{пр}$) характеризует экономическую нецелесообразность или опасность дальнейшей эксплуатации машины.

Безотказная работа машины на участке и снижение трудоемкости ТО и плановых ремонтов зависят от точности определения изменений контролируемых параметров при диагностировании сборочных единиц и систем. Снижение трудоемкости обслуживаний и ремонтов машины произойдет, если процесс диагностирования рассматривать как систему последовательно-параллельных технологических операций (рис. 17.2).

Здесь рассматриваются операции, выполняемые для всех сборочных единиц (общеподготовительные работы, выбор диагностического параметра,

анализ контролируемого параметра, прогнозирование остаточного ресурса). Для сборочных единиц с текущими значениями параметра, превышающими допустимые, дополнительно проводятся контрольно-регулирующие и (или) ремонтные операции. В момент контроля технического состояния машины или сборочной единицы определяется фактическое значение параметра I_i и сравнивается с допустимым значением $I_{дон}$ ($t_{дон} = t_{пр} - T_n - \delta$). Если $I_i < I_{дон}$, то для машины в целом или для сборочной единицы прогнозируется остаточный ресурс $t_{ост}$. Предельное значение параметра диагностируемого объекта не достигается в процессе эксплуатации при значениях $t_{ост}$, превышающих наработку до очередного контролируемого мероприятия, включая и значение абсолютной ошибки прогнозирования δ .

Как правило, наработка до очередного контрольного мероприятия равна периодичности первого технического обслуживания (T_n). Машина должна поступать в эксплуатацию при $t_{ост} \geq T_n + \delta$. Если остаточный ресурс $t_{ост} < T_n + \delta$, планируются контрольно-регулирующие и (или) ремонтные работы. При $t_{ост} < T_n + \delta$ после проведения контрольно-регулирующих работ машина поступает на пост текущего ремонта.

17.9.2. Прогнозирование остаточного ресурса СДМ

Остаточный ресурс машины или сборочной единицы при наработке с начала эксплуатации t_i определяют на основе изменения диагностического параметра I_i , предельного значения параметра $I_{нр}$ и характера изменения параметра состояния I_i в зависимости от наработки. Для решения практических задач изменения параметра с достаточной точностью можно выразить формулой:

$$I_i = I_{ном} \pm K_c t_i^\alpha, \quad (17.36)$$

где $I_{ном}$ – номинальное значение параметра после этапа приработки; K_c – коэффициент, характеризующий скорость изменения параметра и зависящий от условий эксплуатации и режимов работы; t_i – наработка машины в момент измерения параметров; α – показатель степени, характеризующий интенсивность изменения параметра во всем диапазоне наработки и зависящий от материала, конструкции изделий и т. д.

Для определения остаточного ресурса достаточно знать приращение изменения параметра относительно начального значения:

$$\Delta I = K_c t_i'^\alpha, \quad (17.37)$$

где $t_i' = t_i - t_{нач}$. В практических расчетах величиной $t_{нач}$ можно пренебречь и принять $t_i' = t_i$.

Остаточный ресурс равен разности между наработкой t_{np} , соответствующей предельному значению параметра H_{np} , и наработкой t'_i при диагностировании машины, т. е. $t_{ocm} = t_{np} - t'_i$.

Выразив t_{np} через ΔH_{np} и t'_i через ΔH_i , получим

$$t_{ocm} = t'_i \left(\frac{\Delta H_{np}^{1/\alpha}}{\Delta H_i^{1/\alpha}} - 1 \right) \quad (17.38)$$

При неизвестной наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования остаточный ресурс можно определить по двум замерам параметра через интервал наработки Δt :

$$t_{ocm} = \frac{\Delta t (\Delta H_{np}^{1/\alpha} - \Delta H_i^{1/\alpha})}{\Delta H_i^{1/\alpha} - \Delta H_{i-1}^{1/\alpha}}. \quad (17.39)$$

Прогнозирование остаточного ресурса с учетом среднестатистического значения α_{cp} приводит к значительным погрешностям. Так, анализ данных по изменению коэффициента подачи насосов показывает, что ошибка прогнозирования остаточного ресурса по α_{cp} составляет 50%. Этих ошибок можно избежать при определении значений α по каждому диагностируемому объекту при очередных контрольных мероприятиях.

В реальных условиях эксплуатации значение α можно определять по двум замерам диагностического параметра, решая систему уравнений:

$$\Delta H_i = K_c t_i^\alpha, \quad \Delta H_{i+1} = K_c t_{i+1}^\alpha \quad (17.40)$$

где $i = 1, m$; m — порядковый номер диагностики при $t_{ocm} = 0$.

После преобразований получаем

$$\alpha_i = \frac{\ln(\Delta H_{i+1} / \Delta H_i)}{\ln(t_{i+1}' / t_i')} \quad (17.41)$$

С увеличением m точность α повышается. Для прогнозирования ресурса определяется средневзвешенное значение коэффициента:

$$\alpha_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta t_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^m \Delta t_i}, \quad (17.42)$$

где Δt_i — интервал наработки между двумя замерами контролируемого параметра.

17.10. Правила эксплуатации дорожно-строительных машин

Подготовка машин к эксплуатации.

Для приемки машин, поступающих с завода-изготовителя или завода по капитальному ремонту, в эксплуатирующих организациях создается постоянно действующая комиссия. Состав комиссии утверждает руководитель организации.

По прибытии новой машины комиссия производит наружный осмотр ее и отгруженных с ней мест, проверяет наличие пломб. При обнаружении повреждений или отсутствии пломбы составляется акт с предъявлением претензий транспортирующей организации. После наружного осмотра проверяется комплектность поставки с учетом наличия эксплуатационной и ремонтной документации, а также техническое состояние машины. При некомплектности машины или наличии неисправностей составляется акт-рекламация и предъявляется заводу-изготовителю (ремонтному заводу) для устранения обнаруженных отклонений от технических условий за счет поставщика. В конце приемки машины составляется приемосдаточный акт по соответствующей форме.

При вводе в эксплуатацию грузоподъемные машины регистрируются в органах Госгортехнадзора. Результаты осмотра и испытания записывают в специальный журнал с указанием сроков следующих проверок.

Самоходные машины, передвигающиеся по дорогам со скоростью более 30 км/ч, регистрируют в ГАИ, где им присваиваются государственные номерные знаки и оформляются технические паспорта.

Ввод машины в эксплуатацию производится приказом (распоряжением) руководителя организации после нанесения опознавательной надписи и установки номерных знаков. В приказе указывается подразделение и фамилия машиниста, отвечающего за эксплуатацию.

Обкатка машин перед эксплуатацией.

Для увеличения работоспособности машины в обязательном порядке производят ее обкатку, во время которой происходит приработка трущихся поверхностей за счет постепенного увеличения нагрузки до максимального значения. Примерный нагрузочный режим: на холостом ходу и с нагрузкой до 20% номинальной машина работает 15–30% общей продолжительности; с нагрузкой от 20 до 50% номинальной – 50–70%, остальное время нагрузка постепенно увеличивается до номинальной. Общая продолжительность обкатки составляет 10–100 ч (для транспортных машин – до 1000 км пробега) и зависит от сложности конструкции машины.

Начинают обкатку машины с двигателя. После запуска он должен работать не менее 5 мин с минимальной частотой вращения, а затем ее постепенно увеличивают до максимальной в течение 15–20 мин. В режиме холостого хода двигатель контролируется прослушиванием и показаниями приборов.

После работы двигателя на холостом ходу для машин с гидроприводом производят обкатку гидронасосов (30–60 мин.). При частоте вращения двигателя не более 1100 об/мин кратковременно (на 5–10 с) включают насос 4 раза до заполнения его маслом. На минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала двигателя насос работает в течение 10 мин, на максимальной – 15–30 мин. Контролируется насос по шуму и температуре нагрева.

Убедившись в нормальной работе двигателя и гидронасосов, приступают к обкатке машины на холостом ходу в течение 4–5 ч при плавном включении рабочего органа. Обкатку машин на пневмоколесном ходу производят по дорогам с твердым покрытием на расстояние до 5 км. Начальная скорость движения не превышает 10 км/ч. При отсутствии неисправностей ее постепенно увеличивают до максимальной. Во время обкатки периодичность смазочных и контрольно-регулирующих работ сокращают в 2 раза. Обкатка производится под контролем механика. Свидетельством нормальной обкатки является устойчивая работа всех сборочных единиц и систем машины при допустимых уровнях температуры.

После обкатки производят замену смазочных материалов, и в течение 100 ч работы машина должна находиться под особым контролем механика.

Транспортировка машин к месту их эксплуатации.

В зависимости от условий транспортировки, массы и габаритов машин применяются следующие методы доставки их в пункт назначения: своим ходом, на буксире, на трейлерах (прицепах-тяжеловозах), железнодорожным, водным и воздушным транспортом.

Перемещение своим ходом машин с гусеничным движителем по грунтовым дорогам ограничивается 30 км на базе тракторов и 10 км – для экскаваторов.

Перед движением машины проверяется ее техническое состояние, движитель смазывается в соответствии с картой смазки, изучается путь следования. Если на нем имеется железнодорожный переезд, то необходимо согласовать время его прохождения, подав заявку не позднее чем за 24 ч.

Экскаватор может перемещаться с продольным уклоном менее 20° и поперечным менее 6°, причем при уклоне более 5° разворота его не

допускаются. Во время движения экскаватора ковш поднимается над землей на высоту не более 1 м, ведущее колесо движителя должно быть сзади, а поворотная платформа заторможена. Перед транспортировкой своим ходом машин на пневмокольном ходу производится проверка системы управления машиной (рулевое управление, тормоза), движителя (состояние шин и давление в камерах), системы управления рабочим оборудованием и электрооборудования.

Скорость буксирования машин на жесткой сцепке не должна превышать 20 км/ч с неподдрессорованной и 40 км/ч – с поддрессорованной подвеской. Буксирное устройство страхуется канатами, а тормозные и электрические системы тягача и буксируемой машины должны работать параллельно.

При транспортировке СДМ по сети дорог следует руководствоваться “Правилами дорожного движения”, которые устанавливают следующие ограничения: по высоте – 3,8 м от поверхности дороги, по ширине – 2,5 м, по длине – 20 м, причем груз не должен выступать за заднюю точку габарита транспортного средства более чем на 2 м.

Транспортное средство считается тяжеловесным, если весовые показатели его превышают: 520 кН для дорог с повышенной осевой нагрузкой, 320 кН для дорог с обычной осевой нагрузкой, 300 кН для мостов, эстакад и трубопроводов.

Крупногабаритные и тяжеловесные грузы перевозят по специальному разрешению ГАИ при невозможности или нецелесообразности их разборки и с соблюдением требований “Инструкции по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом”. При ширине транспортируемых грузов или платформы более 3,5 м и длине более 24 м придается автомобиль сопровождения, а при превышении этих размеров (соответственно 4 и 30 м) или при частичном занятии полосы встречного движения транспортируемый груз сопровождается патрульным автомобилем ГАИ. Если высота груза с платформой превышает 4,5 м, то маршрут следования согласовывается со службами городского электротранспорта, электросвязи, электросети и другими организациями.

При транспортировке всех негабаритных грузов устанавливаются габаритные знаки из материала красного цвета в дневное время или осветительных сигналов – в ночное.

Погрузка машины на прицеп или платформу производится с соблюдением следующих требований: наклон трапа не должен превышать 10° при его надежном закреплении; запрещается включать повороты маши-

ны на трапе и прицепе (выравнивание машины производится только около трапа); необходимо закреплять машину на платформе упорными брусками и растяжками из проволоки диаметром 5–6 мм в 4 нити для рабочего оборудования и в 7 нитей – для двигателя.

Транспортировку машин по железной дороге целесообразно производить при расстоянии более 200 км. На платформе машину следует закреплять проволокой диаметром 3,5–6,0 мм. Количество растяжек и нитей определяется из расчета, что продольную силу инерции следует принимать 2,3–3,8 кН, а центральную в поперечном направлении – 1,7 кН на 1 т массы машины.

Хранение и консервация машин.

Хранение СДМ в нерабочий период осуществляется в соответствии с ГОСТ 25646–83 и ГОСТ 7751–85. Предварительно машину очищают, моют, проводят ТО, заполняют топливную систему топливом, сливают воду из системы охлаждения, консервируют отдельные детали и сборочные единицы.

Различают хранение кратковременное (продолжительность нерабочего периода – от 10 дней до двух месяцев) и долговременное (продолжительность хранения – более двух месяцев).

На *кратковременное хранение* машины ставятся сразу после прекращения их применения с последующей проверкой технического состояния не реже одного раза в месяц. При этом машина хранится комплектно, без снятия отдельных сборочных единиц и деталей. Хранение может осуществляться на рабочей площадке.

Долговременно машины хранятся только на базах управлений механизации и ставятся на хранение не позднее чем – 10 дней с момента окончания работы с последующей проверкой их работоспособности раз в квартал. Этот вид хранения предусматривает дополнительные мероприятия: все поврежденные металлические участки и детали из дерева окрашивают; никелированные и хромированные поверхности обмывают теплой водой и насухо вытирают; все неокрашенные поверхности после предварительной очистки покрывают антикоррозионной смазкой; моторное масло заменяют и добавляют его (25–35 г) в каждый цилиндр с последующим проворачиванием коленчатого вала; натяжение всех ремennых передач ослабляют; гидромашин снимают, заполняют их рабочей жидкостью и хранят в помещениях при температуре выше 5°C; колесные машины устанавливают на козлы при снижении давления в шинах и разгрузке подвески, а гусеничные – на доски; ценные приборы, инструмент, часть резиновых изделий и электрооборудования снимают с

машины и хранят отдельно; детали из резины и текстиля один раз в квартал проверяют и перекладывают.

Консервацию и расконсервацию машин производят в соответствии с эксплуатационной документацией и ГОСТ 9.014–78, а приемку машин, поставленных на хранение, и выдачу снятых с хранения оформляют актами по ГОСТ 7751–85.

Учет машин, находящихся на хранении, ведется в специальном журнале, где указываются их названия, марка, инвентарный номер, комплектность, дата постановки и снятия с хранения. Сведения о хранении, консервации и расконсервации заносятся также в формуляр (паспорт) машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добронравов С.С., Дронов В.П. Машины для городского строительства. – М.: Высш. школа, 1985. – 360 с.
2. Дорожно-строительные машины и комплексы. /Под ред. В.И. Баловнева. – М.: Машиностроение, 1988, – 384 с.
3. Дорожные машины. Теория, конструкция, расчет. /Под ред. Н.Я. Хархуты. – Л.: Машиностроение, 1976, – 472 с.
4. Волков Д.П., Николаев С.Н. Повышение качества строительных машин. – М.: Стройиздат, 1984. – 168 с.
5. Домбровский Н.Г., Гальперин М.И. Строительные машины. – М.: Высшая школа, 1985. – 224 с.
6. Максименко А.Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин. – Мн: Вышэйшая школа, 1994, – 222 с.
7. Машины для земляных работ. /Под ред. Н.Г. Гаркави. – М.: Высш. школа, 1982. – 335 с.
8. Машины для городского хозяйства. /Под ред. Г.Л. Карабан и др. – М.: Машиностроение, 1988, – 272 с.
9. Машины для транспортирования строительных грузов: Справочное пособие по строительным машинам /Под ред. С.П. Епифанова, М.В. Казаринова и И.А. Онуфриева. – М.: Стройиздат, 1985. – 268 с.
10. Строительные машины и оборудование /И.И. Назаренко, А.А. Кархов. – К.: Выща школа, 1986. – 277 с.
11. Строительные машины. /Под ред. Д.П. Волкова. – М.: Высш. школа, 1988. – 319 с.
12. Теория, конструкция и расчет строительных и дорожных машин. /Под ред. Л.А. Гобермана. – М.: Машиностроение, 1979. – 408 с.
13. Фиделев А.С., Чубук Ю.Ф. Строительные машины. Киев: Высш. школа, 1979 – 336 с.
14. Щемелев А.М., Партнов С.Б., Белоусов Л.И. Строительные машины и средства малой механизации. – Мн: «Дизайн ПРО», 1998. – 274 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ	3
1.1. <i>Технико-экономические показатели работы дорожно-строительных машин</i>	3
1.2. <i>Основы классификации дорожно-строительных машин</i>	7
1.3. <i>Стандартизация и унификация</i>	9
1.4. <i>Техническая эстетика изделий</i>	11
Глава 2. ДЕТАЛИ МАШИН	13
2.1. <i>Общие сведения о деталях машин</i>	14
2.2. <i>Требования, предъявляемые к деталям машин</i>	14
2.3. <i>Соединения деталей машин</i>	18
2.3.1. <i>Разъемные соединения</i>	18
2.3.2. <i>Неразъемные соединения</i>	24
2.4. <i>Передачи</i>	27
2.4.1. <i>Общие сведения</i>	27
2.4.2. <i>Ременные передачи</i>	29
2.4.3. <i>Зубчатые передачи</i>	31
2.4.4. <i>Цепные передачи</i>	36
2.5. <i>Детали передач</i>	37
2.5.1. <i>Оси и валы</i>	37
2.5.2. <i>Подшипники</i>	40
2.5.3. <i>Муфты</i>	45
Глава 3. СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИЛОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ	50
3.1. <i>Силковое оборудование машин</i>	50
3.2. <i>Электрические передачи</i>	53
3.3. <i>Гидродинамические передачи</i>	54
3.4. <i>Гидрообъемные передачи</i>	56
Глава 4. ХОДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН	69
4.1. <i>Классификация ходового оборудования</i>	69
4.2. <i>Гусеничное ходовое оборудование</i>	70
4.3. <i>Пневмокошесное ходовое оборудование</i>	72
4.4. <i>Рельсокошесное и шагающее ходовое оборудование</i>	75
4.5. <i>Тяговые расчеты дорожных машин</i>	76
Глава 5. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНО- СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН	80
5.1. <i>Назначение и классификация</i>	80
5.2. <i>Рычажные, гидравлические и пневматические системы управления</i>	81
Глава 6. ТРАНСПОРТНЫЕ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ	86
6.1. <i>Общая характеристика транспортирования строительных грузов</i>	86

6.2. Грузовые автомобили, тракторы, пневмоколесные тягачи	88
6.3. Специализированные транспортные средства	99
6.4. Конвейеры	113
6.5. Установки для пневматического транспортирования материалов	123
6.6. Погрузочно-разгрузочные машины	129
Глава 7. МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ	139
7.1. Общая характеристика рабочего процесса. Классификация и рабочие органы машин для земляных работ	139
7.2. Машины для подготовительных работ: кусторезы, корчеватели, рыхлители.	143
7.3. Бульдозеры	149
7.4. Скреперы	161
7.5. Грейдеры и автогрейдеры.	168
7.6. Грейдер-элеваторы	172
7.7. Экскаваторы одноковшовые	174
7.7.1. Назначение и общее устройство экскаваторов	174
7.7.2. Классификация одноковшовых экскаваторов и система их индексации	175
7.7.3. Одноковшовые экскаваторы с гибкой подвеской ковша	177
7.7.4. Экскаваторы с гидравлическим приводом.	182
7.8. Экскаваторы многоковшовые	196
7.8.1. Классификация	196
7.8.2. Цепные траншейные экскаваторы.	198
7.8.3. Роторные траншейные экскаваторы	200
7.9. Машины для уплотнения грунтов и строительных материалов.	201
7.9.1. Машины статического действия	203
7.9.2. Машины динамического действия	205
7.10. Оборудование для гидромеханизации земляных работ	206
7.10.1. Общие сведения	206
7.10.2. Гидромониторы	207
7.10.3. Грунтовые насосы, землесосные установки и снаряды	208
7.11. Механизация возведения сооружений методом «стена в грунте»	210
Глава 8. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БУРОВЗРЫВНЫХ И СВАЙНЫХ РАБОТ	213
8.1. Способы бурения и область их применения.	213
8.2. Механизмы и машины для бурения и их рабочие органы.	214
8.3. Сваи и способы их погружения	216
8.4. Машины и оборудование для погружения свай	217
Глава 9. МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И СОРТИРОВКИ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ	224
9.1. Общие сведения о процессах измельчения. Классификация машин для измельчения	224
9.2. Конструкции дробилок и область их применения	226
9.3. Общие сведения о процессах сортировки. Просеивающие поверхности	230

9.4. Передвижные дробильно-сортировочные установки	233
9.5. Мельницы	236
Глава 10. МАШИНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ	239
10.1. Машины для перемешивания на месте	239
10.1.1. Классификация	239
10.1.2. Ножевые смесители	240
10.1.3. Дорожные фрезы	241
10.2. Машины для транспортирования и распределения битумных материалов	247
10.2.1. Автобитумовозы	247
10.2.2. Автогудронаторы	248
Глава 11. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	255
11.1. Технологические процессы приготовления асфальтобетонных смесей	255
11.2. Классификация асфальтосмесительных установок	258
11.3. Конструкции асфальтосмесительных установок	260
11.3.1. Агрегаты питания	260
11.3.2. Сушильные агрегаты	264
11.3.4. Дозирующие устройства	283
11.3.5. Лопастные смесители	289
11.3.6. Новые методы приготовления асфальтобетонных смесей	294
11.4. Битумохранилища	297
11.4.1. Назначение и классификация	297
11.4.2. Конструкции нагревателей битума	301
11.5. Битумонагревательные котлы	307
11.6. Машины для приготовления дорожных эмульсий	311
Глава 12. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	319
12.1. Классификация бетоносмесителей	319
12.2. Гравитационные бетоносмесители	319
12.3. Бетоносмесители принудительного смешивания	328
12.4. Перспективы развития и направления совершенствования бетоносмесителей	335
12.5. Заводы для приготовления бетонных смесей	336
Глава 13. МАШИНЫ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКТЫ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОКРЫТИЙ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ	345
13.1. Автоматизированные комплекты машин для строительства цементобетонных покрытий	345
13.1.1. Состав комплектов машин для строительства цементобетонных покрытий	345
13.1.2. Расчет основных параметров рабочих органов машин для строительства цементобетонных покрытий	351
13.2. Машины для постройки асфальтобетонных покрытий	357
13.2.1. Конструкции машин для постройки асфальтобетонных покрытий	357
13.2.2. Расчет основных параметров рабочих органов машины для строительства асфальтобетонных покрытий	365

ГЛАВА 14. МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ	371
14.1. Общие сведения об уплотнении дорожно-строительных материалов	371
14.2. Катки с жесткими вальцами и пневмокотки	375
14.3. Вибрационные машины для уплотнения дорожных покрытий	385
ГЛАВА 15. МАШИНЫ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ	399
15.1. Машины для летнего содержания автомобильных дорог и покрытий аэродромов	399
15.1.1. Поливочно-мочные машины	399
15.1.2. Подметально-уборочные машины	404
15.2. Машины для зимнего содержания дорог и аэродромов	411
15.2.1. Плужные снегоочистители	411
15.2.2. Роторные снегоочистители	417
15.2.3. Газоструйные снегоочистители	422
15.2.4. Распределители технологических материалов	425
15.3. Машины и оборудование для маркировки покрытий автомобильных дорог и аэродромов	428
15.3.1. Машины для маркировки дорожных и аэродромных покрытий	428
15.4. Технические средства для содержания дорог с прилегающими инженерными сооружениями	430
Глава 16. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕМОНТА ДОРОГ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	437
16.1. Машины для ремонта, регенерации асфальтобетонных покрытий	437
16.2. Машины для разогрева асфальтобетонных покрытий	441
16.3. Машины для фрезерования разогретых асфальтобетонных покрытий	446
16.5. Машины для заделки трещин и ремонта швов	454
16.6. Машины для распределения щебня, транспортирования и укладки битумных шламмов	458
16.7. Машины для разрушения дорожных покрытий, рытья ям и ремонта бордюра	462
Глава 17. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН	468
17.1. Эксплуатационные свойства машин	468
17.2. Рабочие режимы машин на дорожно-строительном объекте	477
17.3. Рациональные режимы работы машин	480
17.4. Рабочие режимы машин линейного строительства	489
17.5. Эксплуатация транспорта в строительстве	490
17.6. Система плановых технических обслуживаний и ремонтов машин	494
17.7. Планирование технических обслуживаний и ремонтов	495
17.8. Организация технического обслуживания и ремонта машин	497
17.9. Диагностирование СДМ	500
17.9.1. Основные понятия диагностирования	500
17.9.2. Прогнозирование остаточного ресурса СДМ	503
17.10. Правила эксплуатации дорожно-строительных машин	505
ЛИТЕРАТУРА	510

Антон Владимирович ВАВИЛОВ,
Иван Иосифович ЛЕОНОВИЧ,
Алексей Никифорович МАКСИМЕНКО,
Леонид Семенович ШКРАДЮК,
Анатолий Мефодьевич ЩЕМЕЛЕВ.

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Ответственный за выпуск
Редактор
Технический редактор

Аношко А.П.
Крицкая Н.Ф.
Константинова Н.Д.

Подписано в печать с готовых диапозитивов 22.12.2000.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Формат 60×84¹/₁₆.
Усл. печ. л. 29,9. Тираж 1200 экз. Зак. № 211.

Налоговая льгота – общегосударственный классификатор
Республики Беларусь ОКРБ 007-98 ч.1; 22.11.20.100



Издатель: УП «Технопринт»
Лицензия ЛВ № 380 от 28.04.99.
г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65, к. 14 оф. 215.
Тел. 231-86-93

Республиканское унитарное предприятие
«Издательство «Белорусский Дом печати».
220013, Минск, пр. Ф. Скорины, 79.