

Белорусский национальный технический университет
Факультет транспортных коммуникаций
Кафедра «Механизация и автоматизация дорожно-строительного
комплекса»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой
А.В. Вавилов

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета
С.Е. Кравченко

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
Строительные машины
для специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены
(по направлениям)»

Составитель: А.И. Антоневиц

Рассмотрено и утверждено
на заседании совета факультета
транспортных коммуникаций
25.11.2019 протокол № 3

Перечень материалов

Учебно-методический комплекс состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: теоретического раздела (учебная рабочая программа), конспекта лекций, перечня лабораторных занятий, заданий и вопросов для самостоятельной проработки, и списка рекомендуемой литературы. Предложенные материалы являются теоретической и практической основой для изучения учебной дисциплины по учебной дисциплине «Строительные машины» для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены (по направлениям)».

Пояснительная записка

Цели ЭУМК

Целью ЭУМК является формирование у студентов знаний, умений и профессиональных навыков, связанных: с современным состоянием, тенденциях развития и областями применения строительных машин; с их конструкциями и с основными элементами (детальями и механизмами) и методами организации технологических процессов с участием строительных машин при строительстве тех или иных объектов. Направленность и содержание учебной дисциплины определена характером будущей инженерной деятельности специалиста в сфере строительства, ремонта и эксплуатации мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов.

Особенности структурирования и подачи учебного материала

ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по учебной дисциплине «Строительные машины». Состоит из перечня материалов, пояснительной записки, теоретического раздела, контроля знаний, вспомогательного (литература). В теоретический раздел входят учебная рабочая программа и курс лекций. Раздел контроля знаний включает вопросы для подготовки к сдаче зачета. Во вспомогательный раздел входит перечень основных и вспомогательных литературных источников.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК

Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC - совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	5
1.1 УЧЕБНАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАМА	5
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	10
очная форма получения высшего образования.....	10
1.2 КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ	13
Глава 1. ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН	13
Раздел 1. Приводы строительных машин.....	13
Тема 1. Механические трансмиссии.....	13
Глава 2. МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	24
Раздел 2. Устройство и рабочий процесс строительных машин	24
Тема 2. Транспортирующие машины	26
Тема 3. Грузоподъемные машины	31
Тема 4. Машины для земляных работ	59
Тема 5. Машины для производства строительных смесей.....	87
Тема 6. Машины для отделочных работ	132
Ручные машины	132
II. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	135
III. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ	136
IV. ЛИТЕРАТУРА	138

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методический комплекс (УМК) «Строительные машины» предназначен для студентов 3 курса (5 семестр) специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены».

В УМК рассматриваются современное состояние, тенденции развития и области применения строительных машин; их конструкции и основные элементы (детали и механизмы) и методы организации технологических процессов с участием строительных машин при строительстве тех или иных объектов.

Объем изучаемой дисциплины в соответствии с учебным планом составляет всего 146 ч., в том числе аудиторных – 68 часов, из них лекций – 34 ч., лабораторные занятия – 34 ч. Форма отчетности по дисциплине - зачет. Учебно-методический комплекс состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: конспекта лекций, рабочей программы, вопросов для самоконтроля и подготовке к зачету. Учебный материал состоит из 4-х разделов. Раздел I посвящен основным принципам создания строительных машин и непосредственно приводам строительных машин, а раздел II – механизации строительных работ, устройствам и рабочим процессам строительных машин. Указанные разделы содержат необходимую информацию для студентов указанной специальности. Раздел III и раздел IV предусмотрены для получения углублённых и дополнительных знаний в областях автоматизации строительных машин и их эксплуатации. Эти разделы вынесены на самостоятельное изучение по индивидуальным заданиям преподавателя. В УМК приведен примерный перечень тем лабораторных работ. Сами лабораторные работы содержатся в лабораторных практикумах по строительным машинам и по механизации в строительстве, которые можно найти в репозитории БНТУ, названия которых приведены в основной литературе.

Целью изучения учебной дисциплины является формирование у студентов знаний теоретических положений и приобретения практических навыков по механизации в строительстве, и принципов функционирования в рыночных условиях. Направленность и содержание учебной дисциплины определена характером будущей инженерной деятельности специалиста при строительстве, ремонте и эксплуатации мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов.

При написании учебно-методического комплекса использованы материалы, изложенные в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, технических нормативно-правовых актов, научных статьях, материалах научно-практических конференций. Настоящий учебно- методический комплекс отражает опыт преподавания данной дисциплины, накопленный на кафедре «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса» БНТУ.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 УЧЕБНАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАМА

Целью дисциплины является освоение студентами норм и требований, направленных на обеспечение безопасности, эксплуатации и ремонта машин, для использования полученных знаний в своей дальнейшей практической деятельности.

Основными задачами преподавания учебной дисциплины «Строительные машины» являются:

- ознакомление с современным состоянием, тенденциями развития и областями применения строительных машин;
- формирование умения самостоятельно получать, перерабатывать и использовать теоретические знания для решения задач различного уровня сложности в области строительных машин;
- изучение методик исследования, анализа, сравнения, оценки строительных машин;
- производить выбор строительных машин в зависимости от конкретных требований, оценивать возможность и необходимость применения строительных машин при строительстве мостов, транспортных тоннелей и метрополитена; подземных сооружений, а также при ремонте и реконструкции.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении студентами следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Сопротивление материалов», «Теоретическая механика», «Инженерная графика», «Информатика», «Электротехника и электроника», «Гидравлика, гидромашин и гидропривод».

Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин и дисциплин специализаций, связанных со строительством, содержанием, реконструкцией и ремонтом мостов; транспортных тоннелей; метрополитенов; подземных и транспортных сооружений.

В результате изучения курса «Строительные машины» студент должен:

знать:

- область и порядок применения машин;
- общее устройство и основные характеристики строительных машин;
- требования к должностным лицам и обслуживающему персоналу, связанных с эксплуатацией строительных машин;
- организацию контроля соблюдения правил и ответственность за их нарушение.

уметь:

- оценивать режимы работы строительных машин;
- составлять техническую документацию и технологические процессы с применением строительных машин: при строительстве мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов; при строительстве подземных сооружений; при обслуживании, реконструкции и ремонте транспортных сооружений.

владеть:

- расчетом тягового усилия при транспортировании оборудования и выбора транспортных средств;
- применением строительных машин при строительстве мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов;

- применением строительных машин при строительстве подземных сооружений;
- применением строительных машин при обслуживании, реконструкции и ремонте транспортных сооружений.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом;

АК-3. Владеть исследовательскими навыками;

АК-4. Уметь работать самостоятельно;

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

АК-8. Владеть навыками устной и письменной коммуникации;

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике;

СЛК-6. Уметь работать в коллективе;

СЛК-7. Самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;

ПК-4. Анализировать и оценивать собранные данные;

ПК-5. Готовить доклады, материалы к презентациям;

ПК-6. Владеть современными средствами инфокоммуникаций;

ПК-19. Разрабатывать техническое задание на проектируемую структурную единицу машины или машину в целом с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

ПК-20. Осуществлять авторский надзор за созданием или реконструкцией структурной единицы машины или машины в целом в пределах соответствующей компетенции;

ПК-21. Рассчитывать и анализировать надежность работы машин, агрегатов и комплекса машин с учетом их условий эксплуатации;

ПК-22. Анализировать технологичность процесса производства и ремонта ПТМ и СДМ;

ПК-23. Проводить испытания при подготовке производства, вводе ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников в эксплуатацию, а также проводить диагностику при эксплуатации этих машин;

ПК-24. Намечать основные этапы научных исследований по производственно-технологической и ремонтно-эксплуатационной деятельности;

ПК-25. Организовывать работу по подготовке научных статей, сообщений, рефератов и заявок на выдачу охранных документов на объекты промышленной собственности и лично участвовать в ней;

ПК-26. Подготавливать техническую документацию к тендерам, проводить экспертизу тендерных материалов и консультаций заказчиков проектов по этим материалам;

ПК-27. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития СДМ и ПТМ, инновационным технологиям, проектам и решениям;

ПК-28. Определять цели инноваций и способы их достижения.

Согласно учебного плана на изучение учебной дисциплины отведено:

- для очной формы получения высшего образования всего 146 ч., из них аудиторных – 68 ч..

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено в таблице 1.

Таблица 1.

Очная форма получения высшего образования						
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Курсовой проект, ч.	Форма текущей аттестации
3	5	34	34			зачет

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН. ПРИВОДЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Тема 1.1. Механические трансмиссии

В основных направлениях экономического и социального развития Республики Беларусь сформулированы главные проблемы дальнейшего развития транспортных коммуникаций. Строительство дорог, мостов и тоннелей неразрывно связано с использованием строительных машин.

Требования, предъявляемые к строительным машинам.

Общая характеристика приводов и силового оборудования строительных машин.

Трансмиссии строительных машин.

Механические передачи.

Тема 1.2. Характеристики приводов

Гидравлический привод. Пневматический привод.

Ходовое оборудование строительных машин.

Системы управления в строительных машинах.

Технико-эксплуатационные показатели строительных машин.

Раздел II. МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ. УСТРОЙСТВО И РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН.

Тема 2.1. Подъемно-транспортные машины

Подъемно-транспортные машины: транспортирующие, погрузочно-разгрузочные и грузоподъемные машины.

Транспортирующие машины и установки. Машины и установки непрерывного транспорта: строительные конвейеры: ленточные, пластинчатые, ковшовые, скребковые, винтовые, цепные, роликовые, установки вертикального транспорта, оборудование для пневматического транспортирования.

Грузоподъемные машины: домкраты, тали и лебедки; строительные подъемники, строительные краны.

Тема 2.2. Машины для земляных работ

Общая характеристика рабочего процесса. Землеройные рабочие органы и их взаимодействие с грунтом.

Машины для подготовительных работ.

Землеройно-транспортные машины: бульдозеры, скреперы, автогрейдеры.

Землеройные машины: экскаваторы.

Тема 2.3. Машины для производства строительных смесей

Машины и оборудование для измельчения каменных материалов.

Машины и оборудование для сортирования материалов.

Дробильно-сортировочные установки и заводы.

Машины и оборудование для приготовления бетонных смесей.

Заводы и передвижные установки для приготовления цементобетонных смесей.

Машины и оборудование для транспортирования бетонных смесей.

Машины для уплотнения бетонных смесей.

Тема 2.4. Машины для отделочных работ

Ручные машины.

Машины для отделочных работ.

Раздел III. АВТОМАТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Тема 3.1. Классификация систем управления

Автоматический контроль. Автоматическое управление. Автоматическое регулирование.

Элементы система автоматического управления.

Микропроцессорная и компьютерная техника в строительных машинах и оборудовании.

Тема 3.2. Автоматизация рабочих процессов машин

Автоматизация бульдозеров.

Автоматизация автогрейдеров и скреперов.

Автоматизация многоковшовых экскаваторов.

Контроль качества уплотнения грунта.

Автоматизация подъемно-транспортных машин.

Перспективы и проблемы автоматизации и роботизации строительных и дорожных машин.

Раздел IV. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Тема 4.1. Эксплуатация строительных машин

Система плано-предупредительного технического обслуживания и ремонта (ППР).

Техническое обслуживание и ремонт машин.

Техника безопасности при эксплуатации строительных машин.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
очная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5 семестр							
1.	Раздел I. Основы и принципы создания строительных машин. Приводы строительных машин							
1.1	Механические трансмиссии	1			4			Защита лабораторной работы
1.2	Характеристики приводов	1			4			Защита лабораторной работы
2.	Раздел II. Механизация строительных работ. Устройство и рабочий процесс строительных машин.							

2.1	Подъемно-транспортные машины							Защита лабораторной работы
2.1.1	Транспортирующие машины и установки	4						
2.1.2	Грузоподъемные машины	3						
2.1.2.1	Строительные подъемники	3			4			
2.1.2.2	Строительные краны	3			2			
2.2	Машины для земляных работ							Защита лабораторной работы
2.2.1	Общая характеристика рабочего процесса. Землеройные рабочие органы и их взаимодействие с грунтом.	1						
2.2.2	Машины для подготовительных работ	1						
2.2.3	Землеройно-транспортные машины	2						
2.2.3.1	Бульдозеры	2			2			
2.2.3.2	Скреперы	1			2			
2.2.3.3	Автогрейдеры	1			2			
2.2.4	Землеройные машины	1			4			
2.3	Машины для производства строительных смесей							Защита лабораторной работы
2.3.1	Машины и оборудование для измельчения каменных материалов.	2			2			
2.3.2	Машины и оборудование для сортирования материалов.	1			2			
2.3.3	Дробильно-сортировочные установки и заводы.	1						
2.3.4	Машины и оборудование для приготовления бетонных смесей.	1			4			
2.3.5	Заводы и передвижные установки для приготовления цементобетонных смесей.	1						

2.3.6	Машины и оборудование для транспортирования бетонных смесей.	1						
2.3.7	Машины для уплотнения бетонных смесей.	1			2			
2.4	Машины для отделочных работ	2						
3	Раздел III. Автоматизация строительных машин. Системы автоматического управления.							
3.1	Системы управления строительных машин							
3.2	Автоматизация рабочих процессов машин							
4.	Раздел IV. Техническая эксплуатация строительных машин							
4.1	Эксплуатация строительных машин							
	Итого за семестр	34			34			зачет
	Всего аудиторных часов				68			

1.2 КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Глава 1. ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Раздел 1. Приводы строительных машин

Тема 1. Механические трансмиссии

Машина представляет собой устройство, совершающее полезную работу с преобразованием одного вида энергии в другой. Она состоит из ряда механизмов различного назначения, объединенных общим корпусом, рамой или станиной. *Механизмами* называют систему тел, предназначенную для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемые движения других тел.

Механизмы включают в себя узлы в виде законченных сборочных единиц, представляющих совместно работающие детали. Деталь является частью машины, изготовленной в основном из однородного по наименованию и марке материала без использования сборочных операций. Их подразделяют на простые (заклепка, штифт, шпонка), сложные (распределительный вал, корпус редуктора и двигателя), общего (болты, валы, зубчатые колеса) и специального назначения, применяемые в различных видах машин (крюки кранов, корпуса ковшей экскаваторов, поршни насосов).

Основными материалами для изготовления деталей машин являются стали, чугуны, цветные металлы и сплавы.

Широко используются в строительных машинах неметаллические материалы: резина (шины, амортизаторы, элементы упругих муфт, ремни, детали уплотнения), кожа (амортизаторы, манжеты, прокладки, ремни), графит (токосъемные щетки, смазка трущихся поверхностей), асбест, металлокерамика и различные виды пластмасс. Более широкое применение этих материалов ограничивается их склонностью к «старению» (изменение механических и линейных характеристик в процессе эксплуатации).

Определенные требования, наряду с деталями, предъявляются к сборочным единицам и к самим машинам. Основные требования, характеризующие одновременно качество строительных и дорожных машин, можно представить рядом показателей: назначения, надежности, стандартизации и унификации, безопасности, технологичности, транспортабельности, а также экологические, эргономические, эстетические, патентно-правовые и экономические.

Качество - обобщенная способность машины удовлетворять определенным потребностям, связанным с их назначением.

Требования, предъявляемые к строительным машинам и оборудованию, регламентируются соответствующими заводскими, отраслевыми, государственными и международными правилами, нормами и стандартами.

Машины состоят из ряда сборочных единиц (элементов), выполняющих определенные функции при ее работе: силового оборудования (одного или нескольких

двигателей) для получения механической энергии; рабочего оборудования для непосредственного воздействия на перерабатываемый материал и выполнения заданного технологического процесса; ходового оборудования (у переносных и стационарных машин оно отсутствует) для передвижения машины и передачи ее веса и рабочих нагрузок на опорную поверхность; передаточных механизмов (трансмиссии), связывающих рабочее и ходовое (у самоходных машин) оборудование с силовым; системы управления для запуска, останова и изменения режимов работы силового оборудования, включения, выключения, реверсирования, регулирования скоростей и торможения механизмов и рабочего органа машины; несущей рамы для размещения и закрепления на ней всех узлов и механизмов машины. Сборочные единицы многих строительных машин унифицированы.

Основное силовое оборудование, применяемое в современных строительных машинах: электродвигатели постоянного и переменного тока с питанием от внешней силовой сети (стационарные, переносные и передвижные машины); двигатели внутреннего сгорания - карбюраторные и дизели (последние наиболее распространены), устанавливаемые преимущественно на передвижных (самоходных) строительных машинах (стреловые краны, погрузчики, экскаваторы и др.).

Электродвигатели отличаются удобством пуска и управления, простотой реверсирования, экономичностью и пригодностью для индивидуального привода отдельных механизмов машин. К преимуществам двигателей внутреннего сгорания относится их автономность от внешнего источника энергии.

Дизельные двигатели являются основной комбинированного дизель-электрического привода, широко применяемого в самоходных строительных машинах (стреловых кранах, экскаваторах) с индивидуальным электрическим приводом каждого рабочего механизма (т. е. многомоторным приводом). Электроэнергия для питания электродвигателей вырабатывается генератором тока, установленным непосредственно на машине и получающим вращение от дизеля. Дизель-электрический привод не зависит от внешних силовых электрических сетей, упрощает кинематику машин (отсутствуют сложные механические трансмиссии, свойственные машинам с одномоторным приводом) и обеспечивает в широком диапазоне плавное бесступенчатое регулирование рабочих скоростей исполнительных механизмов.

От основного силового оборудования могут получать механическую энергию гидравлический и пневматический приводы рабочего и вспомогательного оборудования строительных машин.

Т р а н с м и с с и я представляет собой систему механизмов для передачи энергии от двигателя к исполнительным органам машины с изменением скоростей, крутящих моментов, направления и вида движения. В зависимости от способа передачи энергии их делят на механические, электрические, гидравлические и пневматические. В рассматриваемых ниже механических передачах наиболее распространенными являются

передачи вращательного движения, одни из которых используют трение (фрикционные и ременные), а другие - зацепление (зубчатые, червячные, цепные и винтовые). В каждой передаче вал, передающий мощность, называется ведущим (входным), а воспринимающий ее - ведомым (выходным).

Механические передачи по принципу работы делят на передачи трением с непосредственным контактом тел качения (фрикционные) и с гибкой связью (ременные); передачи зацеплением с непосредственным контактом (зубчатые и червячные) и с гибкой связью (цепные).

Ременная передача состоит из ведущего и ведомого шкивов и ремня, надетого на шкивы с натяжением и передающего окружные усилия с помощью сил трения. Ремни выполняют плоскими, клиновыми, поликлиновыми и круглого сечения. Необходимым условием работы ременной передачи является натяжение ремня, которое должно сохраняться в условиях эксплуатации. Натяжение осуществляется перемещением одного из шкивов натяжным роликом или пружиной, автоматическим устройством, обеспечивающим регулирование натяжения в зависимости от нагрузки. Ременные передачи, как правило, применяют для передачи движения параллельными валами, вращающимися в одну сторону (открытые передачи). В легких передачах благодаря закручиванию ремня возможна передача движения между параллельными валами, вращающимися в разные стороны, и между перекрещивающимися.

Основными требованиями, предъявляемыми к ремням, являются необходимая прочность при переменных напряжениях и износостойкость, достаточный коэффициент трения со шкивом, невысокая изгибная жесткость.

Этим требованиям удовлетворяет высококачественная кожа, однако вследствие дефицитности применяется редко. Наиболее распространенными являются прорезиненные тканевые ремни, имеющие достаточно высокую нагрузочную способность, удовлетворительную долговечность при работе со скоростями до 30 м/с. Основным несущим элементом является высокопрочная хлопчатобумажная ткань - бельтинг.

В современных конструкциях машин применяют ремни из синтетических материалов, допускающие рабочие скорости до 75 м/с и имеющие значительно большую прочность и долговечность. Передачи с клиновыми ремнями обладают большей тяговой способностью за счет клинового эффекта.

Передаточное отношение ременной передачи с учетом наличия упругого скольжения ремня по шкивам

$$i = n_1 / n_2 = D_1 / D_2 \zeta,$$

где n_1 - частота вращения ведущего вала; n_2 - частота вращения ведомого вала; D_1 - диаметр ведущего шкива ременной передачи; D_2 - диаметр ведомого шкива; ζ - коэффициент, учитывающий упругое относительное скольжение ремня; $\zeta = 0,98 \dots 0,99$.

Достоинствами ременных передач являются простота конструкции, возможность передачи движения на большие расстояния, способность предохранять механизмы привода от перегрузок за счет проскальзывания. К недостаткам относятся большие габариты передачи и недостаточная долговечность ремней. При эксплуатации ременных передач во избежание резкого снижения тягового усилия необходимо следить, чтобы смазка не попадала на шкивы и ремень передачи.

Зубчатые передачи. Эти механизмы с помощью зубчатого зацепления передают или преобразуют движение с изменением угловых скоростей и моментов. Зубчатые передачи между параллельными осями осуществляются цилиндрическими колесами с прямыми, косыми и шевронными зубьями. Передачи между пересекающимися осями осуществляются коническими колесами, передачи между перекрещивающимися осями винтовыми колесами. Меньшее зубчатое колесо в паре называется *шестерней*, большее - *колесом*.

Зубчатые передачи в строительных машинах применяются наиболее широко. По сравнению с другими механическими передачами они имеют малые габариты, высокий КПД ($\eta = 0,97 \dots 0,99$), большую долговечность и надежность, постоянство передаточного отношения ввиду отсутствия проскальзывания, возможность применения в широком диапазоне моментов, скоростей и передаточных отношений. К недостаткам относятся шум при работе на значительных скоростях и недостаточно качественном исполнении. Они просты в изготовлении и имеют малые скорости скольжения и достаточные радиусы кривизны в точках контакта, что обеспечивает высокий КПД, прочность и долговечность зубьев колес. Эвольвентное зацепление малочувствительно к отклонениям межцентрового расстояния, a_w .

Элементы зубчатых зацеплений стандартизованы. Расстояние между одноименными профилями соседних зубьев, измеренное по дуге начальной окружности зубчатого колеса, называется окружным шагом r_f . Модуль зубьев является основным параметром.

Основными параметрами, определяющими зубчатую передачу, кроме модуля и шага являются: число зубьев шестерни и колеса, передаточное число; межосевое расстояние - выбирается из стандартизованных рядов; высота зуба, высота головки зуба.

Червячные передачи (рис. 1.1) передают вращение между перекрещивающимися осями и относятся к зубчато-винтовым передачам. Они состоят из винта - червяка с трапецидальной или близкой к ней резьбой и косозубого червячного колеса с зубьями особой формы, получаемой в результате взаимного сгибания с витками червяка. В отличие от винтовых передач осуществляется линейный контакт.

В строительных машинах червячные передачи применяются с передаточным числом $i = 8 \dots 60$ при количестве заходов червяка соответственно 1-4. При этом $\eta = 0,65 - 0,9$. Для повышения КПД червячной пары за счет снижения сил трения зубья колеса делают из антифрикционного материала - качественной бронзы, а зуб червяка

закалывают и шлифуют. Вследствие низких КПД червячные передачи используют в основном в передачах с небольшими мощностями – 40...50 кВт и реже до 200 кВт при скоростях до 13 м/с. Основными параметрами червячной передачи являются шаг p_t (мм) и модуль m (мм). Расчет межцентрового расстояния и размеров зуба ведется исходя из контактной и изгибной прочности применительно к червячному колесу, изготовленному обычно из бронзы или чугуна, обладающих меньшей прочностью по сравнению со стальным червяком.

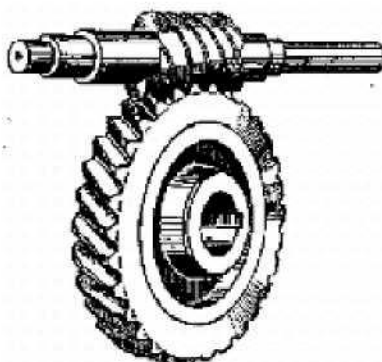


Рис. 1.1. Общий вид червячной передачи

Кроме прямых червяков с различными профилями зубьев изготавливаются вогнутые так называемые глобоидные охватывающие зубья колеса на некоторой дуге. Такие червячные передачи обладают высокой несущей способностью вследствие большого количества зубьев, находящихся одновременно в зацеплении. Однако они более сложны в изготовлении, монтаже и регулировке, особенно после некоторого износа зубьев колеса.

Цепные передачи предназначаются для передачи движения между двумя параллельными валами при достаточно большом расстоянии между ними. Передача состоит из ведущей и ведомой звездочек и цепи, охватывающей их. Кроме этих основных элементов имеются натяжное и смазочное устройства, а также ограждения.

В строительных машинах в качестве приводных цепей наиболее широко применяют втулочно-роликовые цепи, состоящие из валиков, на которых насажены наружные пластины и свободно поворачивающиеся втулки. На втулки напрессованы внутренние пластины и свободно посажены ролики. В качестве тяговых цепей в конвейерах, рабочих органах цепных экскаваторов используются обычно длиннорыльчатые втулочно-роликовые цепи.

К достоинствам цепных передач относят: возможность передачи движения на значительные расстояния; меньшие, чем у ременных передач, габариты, отсутствие скольжения; достаточно высокий КПД ($\eta = 0,94...0,98$), возможность легкой замены цепи. К недостаткам цепных передач относят: сравнительно быстрый износ шарниров, работающих в условиях попадания абразива; требуют более сложного ухода - смазки,

регулировки в сравнении с клиноременными передачами; значительные вибрации и шум при достаточно высоких скоростях и невысокой точности элементов конструкции.

Основные параметры цепи определяются из шага t , по которому они приводятся в ГОСТах. В строительных машинах в зависимости от мощностей и скоростей применяют как однорядные, так и многорядные цепные передачи.

Валы и оси имеют аналогичные формы и служат для поддержания вращающихся деталей. В отличие от осей валы предназначены для передачи крутящего момента вдоль своей оси. Многие типы валов подвержены действию как крутящих моментов, поперечных и осевых сил, изгибающих моментов.

Для соединения вращающихся деталей с валами применяют шпонки (от одной до трех по окружности вала) или делают шлицевые соединения. Валы в большинстве случаев выполняют ступенчатыми. Эта форма удобна в изготовлении и сборке, уступы валов могут воспринимать большие осевые силы. Основными материалами для валов и осей служат углеродистые и легированные стали.

Гибкие валы применяют для передачи крутящего момента между узлами машин или агрегатами, меняющими свое относительное положение при работе. Основными свойствами гибких валов являются их малая жесткость при изгибе и значительная жесткость при кручении. Их применяют в основном в механизированном инструменте, вибраторах, приборах дистанционного управления и контроля, следящих приводах.

Гибкие валы состоят из сердечника и нескольких плотно навитых слоев проволоки. Соседние слои имеют противоположное направление навивки. Толщина проволоки наружных слоев больше, чем внутренних, гибкие валы заключают в металлическую, резиновую или тканевую броню, которая защищает гибкий вал от повреждений, загрязнений и сохраняет на нем смазку.

Подшипники предназначены для поддержания вращающихся валов и осей в пространстве и восприятия действующих на них нагрузок. Кроме осей и валов подшипники могут поддерживать детали, вращающиеся вокруг осей и валов, например, катки, шкивы, шестерни и др.

По виду трения подшипники разделяют на подшипники скольжения и качения. *Подшипники скольжения* - это опоры вращающихся деталей, работающих в условиях относительного скольжения поверхности цапфы по поверхности подшипника, разделенных слоем смазки. *Подшипники качения* - это опоры вращающихся или качающихся деталей, использующие элементы качения (шарики или ролики) и работающие на основе трения качения.

В качестве отдельных узлов механических передач в строительных машинах широко применяют редукторы, коробки скоростей, коробки отбора мощности, реверсы.

Зубчатые и червячные редукторы - это механизмы, выполняемые в виде отдельных агрегатов и служащие для понижения угловых скоростей, и увеличения крутящих моментов.

На рис. 1.2 приведены схемы зубчатых цилиндрических, конических и червячных редукторов. Для малых передаточных чисел - до $i = 8 \dots 10$ во избежание увеличения габаритов применяют одноступенчатые редукторы (рис. 1.2, а). Основное распространение получили двухступенчатые редукторы с $i = 8 \dots 50$ (рис. 1.2, б, в) и

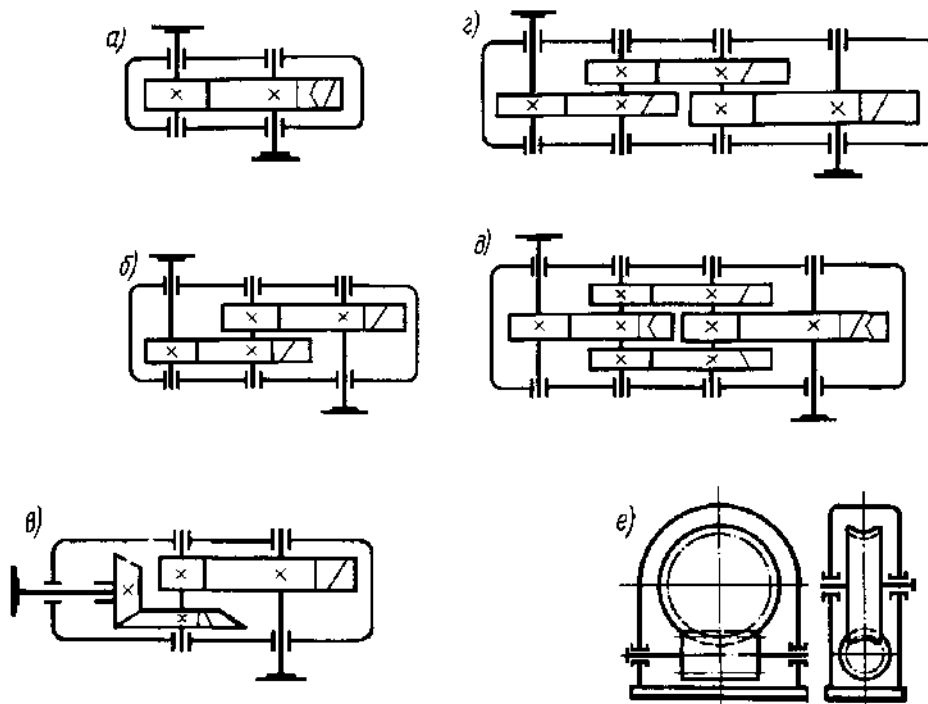


Рис. 1.2. Кинематические схемы редукторов

одноступенчатый червячный редуктор (рис. 1.2, е). При больших передаточных числах используют трехступенчатые передачи (рис. 1.2, г, д).

Тема 2. Характеристики приводов

Гидравлический привод используют главным образом для сообщения поступательного, возвратно-поступательного и вращательного движения исполнительным механизмам и рабочему органу машины, а также в системах управления машиной. Привод состоит из насоса (или насосов), системы распределения (гидрораспределителей), бака с жидкостью, соединительных трубопроводов и гидравлических двигателей поступательного (силовые гидравлические цилиндры) и вращательного (гидромоторы) действия. В гидродвигателях давление рабочей жидкости, создаваемое гидронасосом, преобразуется в поступательное движение поршня со штоком или во вращательное движение ротора, связанных с рабочим органом.

Основными достоинствами гидравлического привода (по сравнению с механическим), определяющими его широкое применение в качестве силового оборудования строительных машин, являются: высокий КПД, экономичность, удобство

управления и реверсирования, способность обеспечивать большие передаточные числа, бесступенчатое независимое регулирование в широком диапазоне скоростей исполнительных механизмов, простота преобразования вращательного движения в поступательное, предохранение двигателя и механизмов от перегрузок, компактность конструкции и надежность в работе.

Пневматический привод состоит в основном из тех же элементов, что и гидравлический, но приводится в действие энергией сжатого до 0,8 МПа воздуха, вырабатываемого компрессорами. Низкий КПД пневматического привода (вследствие утечки воздуха и падения давления в системе) ограничивает его применение в качестве силового оборудования. Такой привод используют в паровоздушных молотах для забивки свай, в ручных пневмомашинках и в системах управления строительных машин для плавного включения механизмов в работу и их торможения.

Ходовое оборудование, применяемое в строительных машинах, делят на рельсовое, пневмокошечное и гусеничное.

Рельсовое оборудование имеет башенные, кошечные и мостовые краны, подвесные электротельферы, копры и т. д.

Пневмокошечное оборудование применяется для самоходных и прицепных строительных машин (стреловые краны, скреперы, погрузчики, одноковшовые строительные экскаваторы и т. п.), требующих значительной маневренности, мобильности и скорости перемещения при работе и транспортировании, а также частых перебросок своим ходом с одного объекта на другой при движении по любым дорогам. Проходимость таких машин в условиях бездорожья обеспечивается за счет применения шин сверхнизкого давления, равного 0,02...0,08 МПа.

Гусеничное оборудование (обычно двухгусеничное) характеризуется сравнительно небольшим удельным давлением на грунт и применяется для самоходных строительных машин, часто передвигающихся с малыми скоростями в условиях плохих дорог и полного бездорожья. Погрузчики, стреловые краны и экскаваторы оснащаются нормальным гусеничным ходом для работы на уплотненных грунтах и уширенно-удлиненным гусеничным ходом для работы на слабых, переувлажненных и заболоченных грунтах. Многие самоходные строительные машины монтируют на базе серийных автомобилей, тракторов (кошечных и гусеничных) и пневмокошечных тягачей.

Системы управления в строительных машинах могут быть: рычажные (механические) - с помощью рычагов, перемещаемых рукоятками и педалями; гидравлические (насосные и безнасосные), где рычаги заменены полностью или частично гидравлическими устройствами; пневматические, отличающиеся от гидравлических тем, что в них вместо жидкости применяется сжатый до 0,7 МПа воздух; электрические - с помощью контроллеров, кнопок, магнитных станций - контакторов, тормозных электромагнитов и конечных выключателей; смешанные - пневмоэлектрические, электрогидравлические и т. д.

Технико-эксплуатационные показатели строительных машин

Технико-экономические показатели строительных машин определяются их конструктивно-эксплуатационными характеристиками, зависящими от основных параметров машин и от условий их эксплуатации, которые могут быть случайными. Наиболее важными из них являются: производительность, маневренность, проходимость, устойчивость, надежность, социальная приспособленность. Производительность машин измеряется количеством строительной продукции, вырабатываемой в единицу времени.

Принято различать три вида производительности строительных машин: теоретическую (конструктивную), техническую и эксплуатационную.

Теоретическая (конструктивная) производительность определяется в условиях непрерывного режима работы при расчетных скоростях рабочих движений и нагрузках:

для машин циклического (периодического) действия

$$P_0 = q / t_{\text{ц}}$$

где q - расчетное количество материала, вырабатываемого машиной за один цикл работы; $t_{\text{ц}}$ - расчетное время цикла;

для машин непрерывного действия при перемещении насыпных материалов сплошным непрерывным потоком

$$P_0 = 3600 \times F \times v,$$

где F - расчетное количество материала, перемещаемого единицей длины его потока; v - скорость перемещения рабочего органа (или машины).

Техническая производительность машины определяется максимальным количеством продукции, получаемой в данных конкретных условиях при непрерывной работе:

$$P_{\text{т}} = P_0 \times K_{\text{у}}$$

где $K_{\text{у}}$ - коэффициент, учитывающий конкретные условия работы машины.

При ее определении учитываются лишь минимальные перерывы (для заправки горючим, технического обслуживания, передвижения в забое и т. п.). Эту характеристику применяют в основном для комплектования комплексов машин и для оценки максимальных их возможностей.

Эксплуатационная производительность машины определяется объемом продукции в час, смену, год, получаемым реально при правильной эксплуатации машины работниками средней квалификации. При этом учитываются перерывы в работе. По эксплуатационной производительности определяют годовые директивные нормы выработки на машину и определяют плановые задания для строительных организаций.

Часовая эксплуатационная производительность

$$P_{\text{э.ч}} = P_{\text{т}} \times K_{\text{в.см}} \times K_{\text{м}},$$

где $K_{\text{в.см}}$ - коэффициент использования машины по времени в течение смены, учитывающий перерывы на техническое обслуживание и ремонт машины, смену рабочего оборудования, передвижку машины на территории объекта, потери времени по метеорологическим условиям, отдых машиниста и др.;

$$K_{\text{в.см}} = (T_{\text{см}} - \sum t_{\text{п}}) / T_{\text{см}},$$

здесь $T_{см}$ - продолжительность смены, ч; $\sum t_{п}$ - суммарное время перерывов в работе машины за смену, ч; $K_M = 0,85 - 0,95$ - коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста и качество управления.

Сменная эксплуатационная производительность

$$P_{э.см} = t_{см} \times P_{э.ч},$$

где $t_{см}$ - количество часов в смене.

При расчете месячной и годовой производительности учитываются простои в работе машины за соответствующий период времени.

Годовая эксплуатационная производительность

$$P_{э.год} = 365 \times P_{э.см} \times K_{в.год} \times K_{см},$$

где $K_{в.год}$ - коэффициент использования машины по времени в течение года;

$$K_{в.год} = T_{год} / 365 = (365 - t_{в} - t_{рем} - t_{пр}) / 365,$$

где $T_{год}$ - количество дней работы машины в году; $t_{в}$ - количество выходных и праздничных дней; $t_{рем}$ - количество дней, необходимое для выполнения текущего, среднего и капитального ремонтов; $t_{пр}$ - продолжительность простоев организационных и по метеорологическим причинам; $K_{см}$ - коэффициент сменности.

Эксплуатационная производительность является главным рабочим параметром, по которому подбирают комплекты машин для комплексной механизации технологически связанных трудоемких процессов в строительстве. В комплект машин входят согласованно работающие основная (ведущая) и вспомогательные машины, взаимно увязанные по производительности, основным конструктивным параметрам и обеспечивающие заданный темп производства работ.

Эксплуатационная производительность основной машины $P_{э.о}$ должна быть равной или несколько меньшей (на 10...15%) эксплуатационной производительности вспомогательных машин $P_{э.в}$.

Значительное влияние на эксплуатационную производительность машин оказывают показатели надежности, которые характеризуются безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью, сохраняемостью и транспортабельностью. Чем лучше показатели надежности, тем меньше времени затрачивается в процессе эксплуатации на внеплановые ремонты, связанные с устранением внезапных отказов и отказов, связанных с недостаточной долговечностью узлов и деталей. Чем выше показатели ремонтпригодности у машины, тем меньше времени затрачивается на ее ремонт и техобслуживание. Высокие показатели по сохраняемости машины способствуют уменьшению затрат времени на их подготовку к работе после значительных перерывов и перебазировок, а, следовательно, увеличивают время их полезной работы.

Приспособленность машин к транспортированию между объектами работы характеризуется показателем транспортабельности, который также способствует снижению непроизводительного времени машины и повышению ее эксплуатационной производительности. Показатели надежности зависят не только от основных свойств машины, заложенных в нее при создании, но и в значительной мере от условий ее эксплуатации. Качественная эксплуатация строительных машин способствует получению высоких показателей их надежности и существенному росту эксплуатационной производительности (до 30...40 %).

При оценке технического уровня и качества строительных машин кроме перечисленных выше используют еще и другие показатели, например, показатель экономической эффективности использования машин. Оценка экономической эффективности производится по обобщенному показателю суммарных приведенных затрат.

В общем виде приведенные затраты, руб.

$$Z = C_{\text{год}} + E_n \times K$$

где $C_{\text{год}}$ - расчетная себестоимость годового объема продукции машины; K - единовременные капитальные вложения на создание машины; E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, устанавливаемый соответствующими методиками.

Для сравнения вариантов машин, используемых на одних и тех же работах, обычно пользуются не суммарной годовой величиной приведенных затрат, а их удельной величиной, принимаемой как отношение приведенных затрат к годовой эксплуатационной производительности. Эффективная работа машины будет соответствовать минимуму приведенных затрат. Для обеспечения этого положения необходимо добиваться, чтобы производительность машины была максимальной, затраты времени и других ресурсов на перемещение машины между объектами должны быть минимальными, расход энергии, эксплуатационных материалов, а также затраты времени и других ресурсов на ремонты, техническое обслуживание и управление - минимальными.

Эффективность новой машины оценивается также по сроку ее окупаемости

$$T_o = K / \Delta g,$$

где Δg - годовая экономия от внедрения новой машины.

Основными технико-экономическими показателями, позволяющими сравнивать качество различных машин одного назначения, являются удельные металлоемкость и энергоемкость, стоимость единицы продукции и выработка на одного рабочего.

Удельные металлоемкость и энергоемкость машины представляют собой соответственно отношение массы машины и мощности, установленных на ней двигателей (двигателя), к единице часовой технической производительности или к ее главному параметру (вместимости рабочего органа, грузоподъемности, грузовому моменту и т.п.).

Стоимость единицы продукции определяется как отношение стоимости машиносмены к сменной эксплуатационной производительности машины.

Выработка продукции на одного рабочего

$$V_{\text{уд}} = P_{\text{э.см}} / n_p,$$

где $P_{\text{э.см}}$ - эксплуатационная производительность машины; n_p - количество рабочих, обслуживающих машину.

Степень механизации строительно-монтажных работ оценивается уровнем комплексной механизации, механовооруженностью и энерговооруженностью строительства.

Уровень комплексной механизации характеризуется процентным отношением объема строительно-монтажных работ, осуществленных комплексно-механизированным способом, к общему объему строительно-монтажных работ в натуральном выражении, выполненных на строительной площадке:

$$У_{к.м} = (P_{к.м} / P_o) 100,$$

где $P_{к.м}$ - объем работ, выполненный средствами комплексной механизации; P_o - общий объем выполненных работ.

Механовооруженность строительства - отношение стоимости машинного парка строительной организации к стоимости строительно-монтажных работ (%), выполняемых в течение года:

$$M_c = (C_m / C_o) 100,$$

где C_m - балансовая стоимость средств механизации, тыс. руб.; C_o - годовой объем строительно-монтажных работ, тыс. руб.

Механовооруженность труда определяют отношением балансовой стоимости средств механизации к среднесписочному числу рабочих, занятых на данном строительстве:

$$M_T = C_m / n.p.c.p.,$$

где $n.p.c.p.$ - среднесписочное число рабочих.

Энерговооруженность строительства - отношение суммарной мощности двигателей машинного парка строительства к среднесписочному числу рабочих:

$$Э_c = \sum P_{дв} / n.p.c.p.,$$

где $\sum P_{дв}$ - суммарная мощность двигателей машин, кВт.

Глава 2. МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Раздел 2. Устройство и рабочий процесс строительных машин

Классификация и индексация строительных машин

Классификация. В строительстве эксплуатируются большое количество машин, различающихся между собой по назначению, конструкции, принципу действия, размерам, параметрам и т.п.

Строительные машины классифицируют: по назначению (технологическому признаку); режиму работы; виду силового оборудования; степени подвижности и универсальности; уровню автоматизации.

По назначению строительные машины делят на следующие группы: транспортные; транспортирующие; погрузочно-разгрузочные; грузоподъемные; для земляных работ; для свайных работ; для переработки и сортировки каменных материалов; для приготовления, транспортировки, укладки и уплотнения бетонных и растворных смесей; для уплотнения грунтов; для ремонта и содержания дорог; для отделочных работ; ручные машины. Каждая группа машин разделяется на подгруппы (например, бульдозеры, скреперы, экскаваторы в группе машин для земляных работ). Внутри подгрупп машины отдельных типов различаются конструкцией узлов или машин в целом (экскаваторы одноковшовые с прямой или обратной лопатой, траншейные роторные или цепные, шагающие, с поперечным копанием). Каждый тип машин имеет ряд типоразмеров (моделей), сходных по конструкции, но отличающихся отдельными параметрами (емкость ковша, размеры, масса, мощность, производительность). При

производстве машин одного типоразмерного ряда широко используются стандартные детали и унифицированные сборочные единицы.

По режиму работы (принципу действия) различают машины периодического (циклического) действия, выполняющие работу путем периодического многократного повторения одних и тех же чередующихся рабочих и холостых операций с циклической выдачей продукции (бульдозеры, скреперы, одноковшовые экскаваторы) и машины непрерывного действия, выдающие или транспортирующие продукцию непрерывным потоком (конвейеры, многоковшовые экскаваторы и погрузчики, насосы для транспортирования смесей и др.).

По виду силового оборудования различают машины, работающие от электрических двигателей и двигателей внутреннего сгорания, электрических, гидравлических и пневматических двигателей. Многие строительные машины имеют комбинированный привод, например, дизель-электрический, дизель-гидравлический (наиболее распространены), дизель-пневматический, электрогидравлический, электропневматический и т. п.

По степени подвижности машины делят на переносные, стационарные и передвижные (в том числе в кузове автотранспорта, прицепные и полуприцепные к грузовым автомобилям, тракторам, тягачам и самоходные).

По типу ходового оборудования различают машины на гусеничном, пневмоколесном, рельсовом ходу, шагающие и комбинированные.

По степени универсальности машины подразделяют на универсальные многоцелевого назначения, снабженные различными видами быстросъемных рабочих органов, приспособлений и оборудования для выполнения большого разнообразия технологических операций (строительные одноковшовые экскаваторы, погрузчики) и специализированные, имеющие один вид рабочего оборудования и предназначенные для выполнения только одного технологического процесса (дробильные машины, бетононасосы).

По уровню автоматизации различают машины с механизированным управлением, с автоматизированным управлением и контролем на базе микропроцессорной техники, с автоматизированным управлением на расстоянии, с автоматическим управлением на базе микропроцессоров и мини-ЭВМ, строительные манипуляторы и роботы, а также роботизированные машины и комплексы.

Индексация строительных машин. В строительных машинах широко используется единая система индексации, в соответствии с которой каждой машине разработчиком присваивается индекс (марка), содержащий буквенное и цифровое обозначение. Основные буквы индекса, располагаемые перед цифрами, обозначают вид машины. Например, буквенная часть индекса одноковшовых строительных экскаваторов содержит буквы ЭО, экскаваторов траншейных роторных - ЭТР, цепных - ЭТЦ, землеройно-транспортных машин - ДЗ, машин для подготовительных работ и разработки

мерзлых грунтов - ДП, машин для уплотнения грунтов и дорожных покрытий - ДУ, кранов стреловых самоходных - КС, строительных башенных кранов - КБ, оборудования для погружения свай - СП, бурильных и бурильно-крановых машин - БМ, машин для отделочных работ - СО, лебедок - ТЛ, погрузчиков многоковшовых - ТМ и одноковшовых - ТО, подъемников - ТП, конвейеров и питателей - ТК, машин для уборки и очистки городов - КО, ручных машин электрических - ИЭ, пневматических - ИП, вибраторов - ИВ и т. п. Цифровая часть индекса означает техническую характеристику машины. После цифровой части в индекс могут быть включены дополнительные буквы, обозначающие порядковую модернизацию машины, вид ее специального исполнения и т. п.

Все строительные машины выпускают в соответствии с стандартами (ГОСТами). В каждом ГОСТе указываются область его распространения, основные параметры и размеры, технические требования, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение машин. Предусмотренные в Государственных стандартах показатели и нормы отражают достигнутый передовой уровень техники.

Подъемно-транспортные машины

Подъемно-транспортные машины предназначены для подъема, опускания и перемещения штучных, пакетированных и насыпных грузов в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и на транспорте. Специально сконструированные пассажирские подъемно-транспортные машины используются для подъема, опускания и перемещения людей. В зависимости от назначения подъемно-транспортные машины подразделяются на транспортирующие, погрузочно-разгрузочные и грузоподъемные машины.

Тема 2. Транспортирующие машины

Транспортирующие машины и установки предназначены для перемещения непрерывным потоком сыпучих, пластичных, кусковых и мелкоштучных массовых грузов. Их применяют на карьерах - для подачи материалов и породы от места добычи к месту погрузки на транспортные средства; камнедробильных и бетонных заводах, предприятиях по производству железобетонных и других строительных изделий и конструкций - для перемещения материалов, полуфабрикатов и изделий по всем операциям технологического цикла, от склада готовой продукции, при выполнении производственных процессов непосредственно на строительной площадке (по перемещению грунта в насыпь, по транспортированию и укладке бетонной смеси в сооружение, перемещению кирпича и т.д.).

Основное эксплуатационное преимущество транспортирующих установок и машин непрерывного действия: высокая производительность (до нескольких тысяч тонн в 1 ч), что позволяет многие транспортирующие установки использовать на перемещении больших масс грунта, сыпучих и других материалов. Однако для эффективной работы машин необходима непрерывная подача и безотказный съем

материалов, что требует четкой организации смежных процессов. К недостаткам оборудования непрерывного транспорта относят сложность перестановки большинства транспортирующих машин и возможность их использования в основном в виде стационарных и полустационарных установок. Простота управления машинами непрерывного транспорта создает предпосылки их автоматизации. В класс машин и установок непрерывного транспорта входят следующие группы:

ленточные строительные конвейеры - транспортирующие установки, рабочим органом которых является подвижная бесконечная плоская или желобчатая лента. Они предназначены для перемещения сыпучих мелкокусковых материалов на складах и в карьерах, а также в качестве агрегатов строительных машин (многоковшовых экскаваторов, грейдер-экскаваторов, бетоноукладчиков и др.);

винтовые конвейеры (шнеки) - транспортирующие установки, рабочим органом которых служит винт, установленный в закрытом неподвижном кожухе (желобе) с полукруглым днищем. Их применяют для горизонтального или наклонного перемещения непрерывным потоком сыпучих, влажных и тестообразных материалов;

установки вертикального транспорта, к гибкому тяговому органу которых прикреплены ковши. Их применяют в составе растворных, бетонных и асфальтобетонных узлов и дробильно-сортировочных установок;

оборудование для пневматического транспортирования. С его помощью перемещают сыпучие материалы (цемент, песок, опилки и др.), по трубам во взвешенном состоянии. Выбор вида установок для непрерывного транспорта зависит от характеристик перемещаемого материала и его расположения относительно мест доставки (перемещение в горизонтальном, вертикальном или наклонном положении). Пылевидные материалы, например, цемент, перемещают в закрытых установках (ковшовых элеваторах или пневмотранспортных установках).

Штучные грузы больших размеров целесообразно транспортировать на роликовых конвейерах. Важно учитывать также абразивность и липкость материала, так как эти качества влияют на режим эксплуатации, износ и срок службы несущих деталей.

Конвейеры

Конвейеры или транспортеры различают по виду рабочего органа (ленточные, пластинчатые, ковшовые, скребковые, винтовые, цепные, роликовые) и по области применения (передвижные, стационарные, агрегаты строительных машин).

Наибольшее применение в строительстве получили передвижные ленточные конвейеры. Они имеют небольшую длину - до 20 м и оборудуются, как правило, колесами для удобства перемещения. Стационарные конвейеры устанавливают на объектах с большим объемом работ и при длительной работе на одном объекте, например, в карьере или на бетонном узле. Их длина достигает нескольких сотен метров.

Ленточный конвейер (рис. 2.1) состоит из металлической рамы с роlikоопорами, воспринимающими массу грузовой и холостой ветви ленты, приводного и натяжного

барабанов, обеспечивающих движение и натяжение ленты, разгрузочных устройств, выгружающих материал с ленты конвейера. В качестве рабочего органа в них используются резинотканевые и резинотросовые ленты. Резинотканевая лента состоит из тканевых полос, пропитанных резиной и склеенных между собой ее слоями. Наружные поверхности ленты защищены резиновыми обкладками. Некоторые типы резинотканевых лент снабжены боковыми бортами, предотвращающими просыпание сыпучего материала с боков ленты при транспортировании. Борты выполняются из резиновых пластин, вертикальная гофрировка которых предохраняет их от повреждения при огибании лентой барабанов и роликов. Отношение высоты борта к ширине ленты (Н/В) должно превышать 0,4.

Пластинчатые конвейеры применяют при транспортировании крупнокусковых, абразивных и горячих материалов, а также крупных штучных грузов по горизонтали и под небольшим углом наклона или по извилистой в плане траектории. Груз размещается на плоских или фасонных пластинах, прикрепленных к тяговому органу - цепи либо стальному канату. Допустимый угол наклона пластинчатого конвейера с плоскими пластинами обычно меньше, чем ленточного, так как угол трения материала грузов о металл пластин в 2,5...3 раза меньше, чем о резинотканевую ленту. Фасонные пластины, имеющие поперечные выступы на рабочих поверхностях, позволяют увеличить угол наклона конвейера.

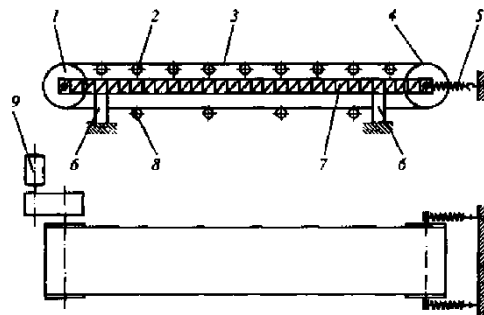


Рис. 2.1. Ленточный конвейер: 1 - приводной барабан; 2 - роlikоопора грузовой ветви; 3 - конвейерная лента; 4 - натяжной барабан; 5 - натяжное устройство; 6 - опоры конвейера; 7 - рама конвейера; 8 - роlikоопора холостой ветви; 9 - привод конвейера

Производительность ленточных и пластинчатых конвейеров определяется по формуле

$$P = 3600 \times \rho \times F \times U_{mp} \times K_v,$$

где ρ - плотность материала, кг/м; F - средняя площадь поперечного сечения транспортируемого материала, м; U_{mp} - скорость перемещения материала, м/с; K_v - коэффициент использования конвейера в течение смены.

У выпускаемых строительных конвейеров скорость движения ленты 1,6 м/с. При средних значениях угла наклона конвейера с гладкой лентой $F = 0,05 B^2$, а с желобчатой лентой $F = 0,11 B^2$. При этих значениях эксплуатационная производительность

конвейеров составляет соответственно 58 и 125 м³/ч. Для определения производительности конвейеров при перемещении штучных грузов необходимо в формулу расчета Π , подставить вместо F отношение массы одного элемента к среднему расстоянию между перемещаемыми элементами на ленте или роликах.

Ковшовые конвейеры (или элеваторы) перемещают сыпучие материалы вертикально вверх и под большим углом наклона. Транспортирующими органами этих машин служат ковши (рис. 2.2), прикрепленные к тяговым цепям (как правило, пластинчатым роликовым), обегаящим ведущие и натяжные звездочки, расположенные на разных уровнях. Если элеватор предназначен для горячих или пылевидных материалов, его закрывают кожухом, предотвращающим остывание и распыление груза.

Скребокковые конвейеры перемещают сыпучие малоабразивные грузы по неподвижному коробу пластинами (скребками), расположенными перпендикулярно к направлению движения и закрепленными верхней своей частью на пластинчатых тяговых цепях (рис. 2.3), огибающих ведущие и натяжные звездочки.

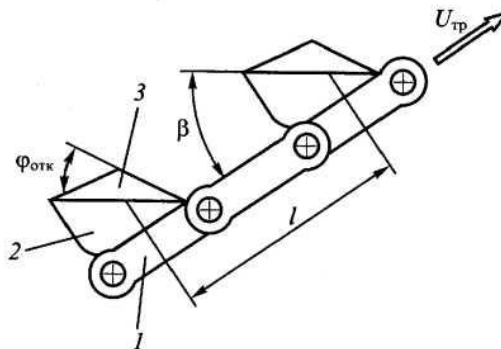


Рис. 2.2. Элементы ковшового конвейера: 1 - тяговая цепь; 2 - ковш; 3 - перемещаемый груз; l - шаг установки ковшей; β - угол наклона конвейера; $\varphi_{отк}$ - угол естественного откоса перемещаемого груза; $U_{тр}$ - скорость движения цепи

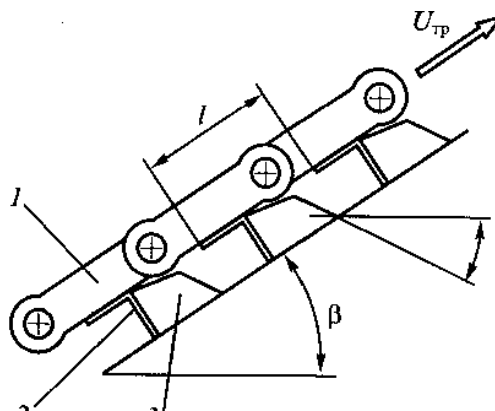


Рис. 2.3. Элементы скребоккового конвейера: 1 - тяговая цепь; 2 - скребок; 3 - перемещаемый груз; l - шаг установки скребков; β - угол наклона конвейера; $\varphi_{отк}$ - угол естественного откоса перемещаемого материала; $U_{тр}$ - скорость движения цепи

Эксплуатационная производительность ковшовых и скребокковых конвейеров (Π) может рассчитываться по общей формуле

$$\Pi = 3600 \times (V_{\text{ед}} \times U_{\text{тр}} \times K_{\text{в}}) / L,$$

где $V_{\text{ед}}$ - объем материала, переносимого одним ковшом или скребком; $U_{\text{тр}}$ - скорость движения цепи; $K_{\text{в}}$ - коэффициент использования времени смены; L - шаг установки ковшей или скребков.

Объем материала, переносимого одним ковшом или скребком, может определяться замером или простейшими вычислениями с учетом угла естественного откоса транспортируемого материала, угла наклона конвейера и размеров ковшей или скребков.

Шнековые (или винтовые) конвейеры перемещают сыпучие и вязкие материалы в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях. Роль транспортирующего органа играет архимедов пинт (шнек), винтовая поверхность которого перемещает материал, ограниченный ею и стенками неподвижного желоба (рис. 2.4).

Эксплуатационная производительность шнекового конвейера определяется по формуле

$$\Pi = 60 \times [(\pi \times D^2 \times L \times \gamma \times n) / 4] \times K_{\text{зап}} \times K_{\text{накл}} \times K_{\text{в}}$$

где D - диаметр шнека, м; L - шаг лопастей шнека, м; γ - насыпная плотность транспортируемого материала, кг/м³; n - частота вращения шнека, мин⁻¹, $K_{\text{зап}}$ - коэффициент заполнения поперечного сечения кожуха шнека ($K_{\text{зап}} = 0,3$); $K_{\text{накл}}$ - коэффициент снижения производительности при наклоне конвейера к горизонту ($K_{\text{накл}} = 1,0 \dots 0,65$); $K_{\text{в}}$ - коэффициент использования времени смены.

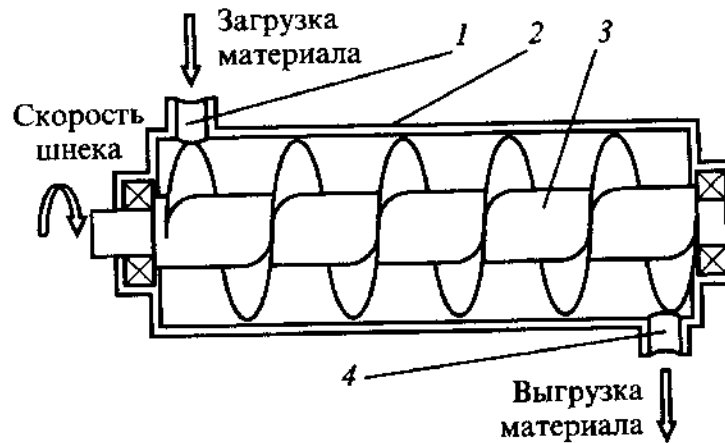


Рис. 2.4. Шнековый конвейер: 1 - загрузочный люк; 2 - корпус; 3 - шнек; 4 - разгрузочный люк

Роликовые конвейеры пригодны для перемещения штучных грузов, имеющих, как минимум, одну плоскую поверхность, на которой они могут сохранять устойчивое положение (рис.2.5). Цилиндрические свободно вращающиеся ролики расположены так близко друг к другу, что груз лежит на нескольких из них. Под действием массы расположенного на них груза ролики вращаются, позволяя ему свободно перемещаться по горизонтали и по наклонной плоскости вверх.

Производительность роликовых конвейеров зависит от скорости подачи $U_{\text{тр}}$ и шага L размещения пакетированного груза. Она рассчитывается по формулам:

для количества мест в единицу времени

$$\Pi = 3600 \times U_{\text{тр}} \times K_{\text{в}} / L$$

для общей массы грузов в единицу времени

$$\Pi = U_{\text{ТР}} \times G_{\text{ГР}} \times K_{\text{В}} / L$$

для максимальной массы груза в единицу времени

$$\Pi = 3600 \times U_{\text{ТР}} \times K_{\text{В}} \times q_{\text{РОЛ}} \times b_{\text{КОНВ}}$$

где $U_{\text{ТР}}$ - линейная скорость перемещения груза, м/с; $K_{\text{В}}$ - коэффициент использования времени смены; L - шаг размещения отдельных мест груза, м; $G_{\text{ГР}}$ - средняя масса одного груза, кг; $q_{\text{РОЛ}}$ - допустимая нагрузка на единицу длины ролика, кг/м; $b_{\text{КОНВ}}$ - ширина конвейера, м.

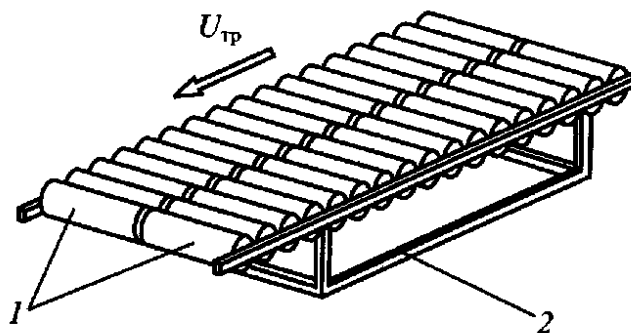


Рис. 2.5. Элементы роликового конвейера: 1 - транспортирующие ролики; 2 - станина конвейера

У приводных конвейеров скорость подачи определяется скоростью вращения роликов, у не приводных - углом наклона. Если в опорах не приводных роликов используются подшипники качения, угол наклона конвейера должен быть не менее 4 град.

Тема 3. Грузоподъемные машины

В городском строительстве широко применяют грузоподъемные машины, предназначенные для подъема груза, удержания его на требуемой высоте, плавного опускания, а также для перемещения груза на относительно небольшие расстояния.

По характеру рабочих движений грузоподъемные машины разделяют на три основные группы. Первая группа машин сообщает грузу только вертикальное, горизонтальное или наклонное прямолинейное движение (домкраты, лебедки, подъемники с жестким грузонесущим органом); вторая группа кроме вертикального подъема и опускания перемещает груз по монорельсу (электротали, подъемники с выдвижным грузонесущим органом); третья группа обеспечивает подъем (опускание) и перемещение груза в любую точку обслуживаемой площади (краны).

Домкраты, тали и лебедки

Домкраты представляют собой переносные грузоподъемные механизмы незначительных размеров и веса. Они служат для подъема груза на высоту 200...500 мм, перемещения его по горизонтали и для выверки конструкций при их установке.

Домкраты применяются в строительстве на монтажных и ремонтных работах, в установках для бестраншейной прокладки коммуникаций, в строительных машинах (выносные опоры кранов, подъемников) и т. д. По конструкции домкраты делятся на реечные, винтовые и гидравлические, с ручным и электрическим, гидравлическим и пневматическим приводом.

Электромеханические винтовые подъемники, применяемые для подъема перекрытий строящихся зданий, имеют грузоподъемность до 100 т. КПД винтового домкрата равен 0,3...0,4.

Грузоподъемность реечных домкратов достигает 10 т, высота подъема - до 0,4 м. КПД реечной передачи равен 0,65...0,85.

Гидравлический домкрат по сравнению с реечным и винтовым обладают большей грузоподъемностью и более высоким КПД.

Грузоподъемность гидравлических домкратов с ручным приводом достигает 200 т, высота подъема - до 0,2 м. Для подъема сборных этажей зданий, пролетов мостов применяют домкраты, соединенные в общую батарею и питаемые жидкостью от одного насоса с электроприводом. Применяемая при этом аппаратура позволяет регулировать скорость подъема и опускания любого домкрата в батарее. Грузоподъемность этих домкратов до 3×10^3 т. Для подъема грузов на высоту, превышающую ход домкрата, используют телескопические и реверсивные (двойного действия) домкраты. КПД гидравлического домкрата равен 0,80 - 0,90.

Тали представляют собой компактные грузоподъемные устройства, подвешиваемые на опорах. Они применяются при выполнении монтажных, ремонтных и такелажных работ. По типу привода различают ручные и электрические тали.

Ручные тали по конструкции делятся на шестеренные и червячные с ручным приводом от рычажно-храпового механизма или от бесконечной цепи. Червячная таль подвешивается к элементам на крюке, шарнирно соединенном с корпусом. В корпусе расположен червяк, входящий в зацепление с червячным колесом, которое вместе с грузовой звездочкой жестко закреплено на валу. Поднятый груз удерживается на высоте дисковым грузоупорным тормозом с храповым остановом, установленным на валу червяка. КПД тали равно 0,55...0,75. При необходимости горизонтального перемещения поднятого груза тали подвешивают к ходовым тележкам, передвигающимся по двутавровой балке - монорельсу. Тележки талей грузоподъемностью 0,5...1,0 т обычно не имеют механизма передвижения и перемещаются за счет усилия рабочего, а у тележек талей грузоподъемностью 1,0...5,0 т устанавливается механизм передвижения с ручным приводом. Грузоподъемность ручных талей составляет от 0,5 до 10 т, а высота подъема груза - до 3 м.

Электрические тали применяют для перемещения груза самостоятельно или в качестве грузоподъемных механизмов кранов (поворотные и неповоротные на колонне

краны, кран-балки, козловые краны и т. д.). Они могут быть неподвижными и передвижными с ручным и электроприводным механизмом передвижения.

Управление электроталями ведется с пола через гибкий кабель, снабженный пультом с пусковыми кнопками. Грузоподъемность электроталей - 0,2...10 т, подъема груза - до 35 м, скорость подъема - 0,13 м/с, тележки - 0,33...0,5 м/с.

Строительные лебедки представляют собой грузоподъемные механизмы, предназначенные для подъема или перемещения грузов на монтажных, ремонтных и погрузочно-разгрузочных работах с помощью каната, навиваемого на барабан или протягиваемого через рычажный механизм. Их подразделяют:

- по виду привода - на ручные (с ручным приводом) и приводные (с механическим приводом);
- по назначению - на подъемные (для подъема груза), тяговые (только для перемещения груза по горизонтальной или наклонной поверхности);
- по числу барабанов - на одно-, двухбарабанные и без барабана (с канатоведущим шкивом) и рычажные.

Главным параметром лебедок является тяговое усилие каната (кН).

Ручные лебедки приводятся в действие мускульной силой рабочего и могут быть однобарабанными или рычажными (без барабана).

Лебедки в рабочем положении крепятся на горизонтальной площадке и могут работать на открытом воздухе при температуре окружающей среды от -40 гр. до +40 гр.

Промышленность выпускает лебедки ручные ТЛ-2А с тяговым усилием 12,5 кН, ТЛ-3А (32,5 кН) и ТЛ-5А (50 кН).

Все лебедки имеют единую конструктивную схему, выполнены двухскоростными, оборудованы автоматически действующими грузоупорными дисковыми тормозами и различаются между собой тяговым усилием, канатоемкостью барабана, числом валов, габаритами и т. п.

Приводные лебедки приводятся в действие, как правило, от электродвигателей, подключаемых к сети переменного тока с напряжением 220/380 В. По числу барабанов лебедки могут быть одно- и двухбарабанными, а по виду кинематической связи между двигателем и барабаном - реверсивными, маневровыми и зубчато-фрикционными.

У реверсивных однобарабанных лебедок - жесткая неразмыкаемая кинематическая связь между электродвигателем и барабаном; подъем и опускание груза осуществляются реверсируемым электродвигателем. Маневровые двухбарабанные лебедки имеют размыкаемую кинематическую связь между электродвигателем, и вспомогательным барабанами, что позволяет подключать к двигателю с помощью кулачковых муфт попеременно один из барабанов.

У зубчато-фрикционных лебедок между двигателем и барабаном с помощью конусной или ленточной фрикционной муфты обеспечивается плавно размыкаемая в процессе работы кинематическая связь. Подъем груза осуществляется двигателем при

включенной муфте, опускание груза - за счет собственной силы тяжести при выключенной муфте.

Пусковая аппаратура лебедок включает реверсивный магнитный пускатель и кнопочный пульт управления, с помощью которого осуществляется отключение работающего двигателя, его полный останов и включение на обратное направление вращения.

Управляют лебедкой с помощью электромагнитных пускателей кулачкового контроллера и кнопок управления. Дистанционное управление лебедкой осуществляется путем отсоединения шкафа с электроаппаратурой от лебедки, его переноса и крепления в необходимом для работы месте.

Реверсивные лебедки обеспечивают тяговое усилие каната 4,5...50 кН, имеют диаметр барабана 200...250 мм, канатоемкость барабана 80...250 м.

Промышленность выпускает лебедки реверсивные ТЛ-14А с тяговым усилием 4,5 кН, ТЛ-9А.1 (12,5 кН) и ТЛ-7А.1 (50 кН).

Строительные подъемники

Строительные подъемники предназначены для подъема (опускания) в грузонесущих органах строительных грузов и людей на этажи и крыши зданий и сооружений при выполнении строительно-монтажных, отделочных и ремонтных работ. Грузонесущие органы строительных подъемников (клеть, кабина, платформа, ковш, крюк, бункер, бадья, захваты и т. д.) движутся, как правило, по вертикальным жестким направляющим.

Строительные подъемники классифицируют по назначению, способу установки, конструкции направляющих, типу грузонесущего органа и механизма подъема, способу монтажа и степени мобильности. Подъемники различают:

по назначению - грузовые, предназначенные только для транспортирования грузов, и грузопассажирские - для транспортирования грузов и людей;

по способу установки - передвижные (самоходные и несамоходные), способные перемещаться относительно здания в процессе работы, и стационарные, которые могут быть приставными, прикрепляемыми к зданию, и свободностоящими - без крепления к зданию. Передвижные подъемники на рельсовом или пневмоколесном ходу используют сравнительно редко.

По конструкции направляющих грузонесущего органа - с подвесными (гибкими) и жесткими направляющими.

Подъемники с жесткими направляющими бывают мачтовыми, скиповыми и шахтными. Тип грузонесущего органа подъемника определяется его назначением. Грузопассажирские подъемники оборудуются кабинами, грузовые - выдвигными и невыдвигными, поворотными и неповоротными платформами, выдвигными рамами, выкатными консолями, монорельсами и направляющими, с подвесной клетью, а также саморазгружающимися ковшами. Механизмы подъема подъемников разделяют на

канатные и бесканатные. В канатных механизмах подъема используются канатно-блочная система и лебедка, в бесканатных - зубчато-реечные или цепочно-реечные механизмы модульного типа.

По способу монтажа подъемники делят на мобильные, перевозимые с объекта на объект в собранном виде, и немобильные разбираемые при демонтаже на секции и перевозимые в таком виде монтажа.

Подъемники не имеют единой системы индексации.

Главным параметром подъемников является грузоподъемность - максимально допустимая масса груза, поднимаемая подъемником. К основным параметрам относятся: наибольшая высота груза (расстояние по вертикали от уровня земли до нижнего уровня груза, находящегося в крайнем верхнем положении); скорость подъема и опускания груза; величина перемещения груза по горизонтали (максимальное расстояние от оси мачты подъемника до платформы, введенной в оконный проем, или до оси крюка, на котором подвешен груз); величина вертикального перемещения груза, введенного в здание (максимальное расстояние по вертикали между крайними верхним и нижним положениями груза); скорость подачи груза (скорость горизонтального перемещения груза); для передвижных подъемников колея (расстояние между осями рельсов или между колесами, расположенными на одной оси) и база (расстояние между осями крайних ходовых колес, расположенных на одном рельсе или одной стороне подъемника); установленная мощность; конструктивная и общая масса подъемника; шаг настенных опор (расстояние, по вертикали между соседними креплениями подъемника к стене здания или сооружения); производительность и т. д.

Грузовые подъемники выпускают мачтовыми и шахтными. Шахтные подъемники применяют при возведении кирпичных труб высотой до 120 м.

Мачтовые подъемники наиболее распространены в городском строительстве и предназначены для подъема и поэтажной подачи через оконные и дверные проемы зданий различных строительных материалов и деталей при санитарно-технических, отделочных, ремонтных и других работах. Различают грузовые и грузопассажирские мачтовые подъемники. Последние применяют для подъема не только грузов, но и людей при строительстве многоэтажных зданий, подъемник состоит из опорной рамы, вертикальной направляющей мачты, подъемной грузовой платформы (у грузовых) или кабины (у грузопассажирских), механизма подъема платформы (кабины), органов управления и предохранительных устройств. В механизмах подъема используются реверсивные лебедки с электроприводом. По конструкции мачты различают подъемники с одной направляющей мачтой (одностоечные) и с двумя направляющими мачтами (двухстоечные). Одностоечные и двухстоечные оснащаются жесткими и выдвижными грузонесущими органами. Подъемники с жестким грузонесущим органом имеют одно рабочее движение - подъем груза, с выдвижным -

два рабочих движения: подъем груза и горизонтальное его перемещение внутрь здания через проем.

Грузовой мачтовый подъемник (рис. 2.6, *а*) состоит из опорной рамы 3, реверсивной грузовой лебедки 4, канатно-блочной системы, вертикальной мачты 7, в направляющих которой перемещается грузонесущий орган (стрела, платформа, монорельс) 1, системы управления и предохранительных устройств. В мобильных подъемниках, перевозимых в прицепе к автомобилю, предусмотрены колеса на пневмошинах 5, которые во время работы подъемника вывешиваются винтовыми опорами (аутригерами) 6. Мобильные свободностоящие подъемники имеют неразборную на отдельные секции мачту высотой до 12 м, жесткую платформу и применяются на строительстве зданий малой этажности. Монтаж - демонтаж подъемника осуществляется с помощью грузовой лебедки в течение 10...15 мин. Грузоподъемность мобильных грузовых подъемников - 320 кг.

Приставные грузовые подъемники имеют секционно-разборную мачту и выдвижной грузонесущий орган.

Мачты подъемников представляют собой решетчатые конструкции прямоугольного и треугольного сечения с одной или двумя направляющими для роликов грузонесущего органа.

Мачты крепят к зданию настенными опорами. Мачты подъемников для многоэтажного строительства выпускают разборными, состоящими из взаимозаменяемых секций длиной 1,5...3 м. Вдоль мачты с помощью канатно-блочной системы или реечного зацепления перемещаются жесткие или подвижные в пространстве грузонесущие органы. К жестким органам относят вертикально перемещаемые платформы.

В последнее время все большее распространение получают грузовые мачтовые подъемники с бесканатным механизмом подъема. Бесканатный реечный механизм подъема монтируется непосредственно на грузонесущем органе и включает электродвигатель, тормоз и редуктор, на выходном валу которого закреплена шестерня, входящая в зацепление с зубчатой или цевочной рейкой, установленной по всей длине мачты. При своем вращении шестерня перемещается поступательно вдоль рейки, увлекая за собой платформу. Реечные подъемные механизмы включают один или два подъемных модуля.

Грузоподъемность приставных грузовых мачтовых подъемников с канатным механизмом подъема - 500 кг, с реечным механизмом - 600...800 кг, высота подъема груза подъемников с канатным подъемным механизмом до 75 м (скорость подъема груза 0,4...0,5 м/с) с реечным механизмом до 150 м (скорость подъема груза 0,55...0,60 м/с).

Грузопассажирские подъемники (см. рис. 2.6, *б*) представляют собой приставные немобильные (разбираемые при демонтаже) машины, которые по конструкции жестких направляющих разделяют на шахтные и мачтовые. Шахтные

подъемники имеют ограниченное применение и используются для строительства кирпичных и монолитных железобетонных дымовых труб. Мачтовые грузопассажирские подъемники широко применяют в строительном производстве.

Составными частями каждого грузопассажирского мачтового подъемника являются решетчатая мачта прямоугольного или треугольного сечения, опорная рама, грузонесущий орган - кабина для размещения грузов и людей, противовес и механизм подъема. Мачты подъемников крепятся к зданию настенными опорами. На мачтовых грузопассажирских подъемниках применяют подъемные механизмы двух типов - канатные и бесканатные (реечные). В канатных механизмах подъема используют реверсивные барабанные лебедки и лебедки с канатоведущим шкивом.

Грузопассажирский подъемник (см. рис. 2.6, б) грузоподъемностью 1000 кг с канатным механизмом подъема состоит из решетчатой мачты 7, установленной на опорной раме 3, кабины 1, противовеса 8, машинного отделения 4 с механизмом подъема и ограждением 11. Через отводные блоки головки 9 мачты запасованы три грузовых каната, на одних концах которых через балансирующую подвеску подвешена кабина, а на других - противовес с тремя резервными барабанами для сматывания излишков каната при малой высоте мачты.

Кабина по мачте перемещается на ходовых роликах и снабжена входной и выходной дверями и откидным трапом 2 для высадки пассажиров на этажах. Мачта крепится к зданию 13 настенными опорами 12. Механизм подъема включает канатно-блочную систему и лебедку с канатоведущим шкивом. Лебедка снабжена автоматическим колодочным тормозом.

Канатоведущий шкив с тремя кольцевыми ручьями на поверхности огибают три грузовых каната, располагаемые в ручьях. Канаты прижимаются к поверхности ручьев за счет натяжения, создаваемого весом кабины и противовеса. Тяговое усилие каждому канату сообщается за счет трения между контактирующими поверхностями каната и ручья шкива.

Монтаж подъемника осуществляют методом наращивания сверху секции с помощью монтажного барабана лебедки, монтажного каната и самоподъемной монтажной головки с наклоняющейся стрелой 10 (см. рис. 2.6, б) и собственным механизмом перемещения головки по мачте.

Подъемник можно монтировать также с помощью башенного крана, монтажного блока, каната и вспомогательной лебедки.

При наращивании мачты во время монтажа грузовые канаты, запасованные на максимальную высоту подъема кабины, постепенно сматываются с резервных барабанов.

Подъемником управляет один машинист. Безопасность работы подъемника обеспечивается ограничителем скорости, установленным на каретке, и ловителями, срабатывающими при ослаблении натяжения или обрыве подъемного каната.

Максимальная высота подъема - 150 м, скорость подъема - 0,7 м/с.

Грузопассажирские подъемники с бесканатным механизмом подъема используют на строительстве зданий высотой 70...150 м. Их грузоподъемность составляет 580...1000 кг.

Возвратно-поступательное движение кабины обеспечивается реечным приводным устройством, состоящим из двух унифицированных моноблочных приводных модулей закрытого типа.

Каждый модуль включает (электродвигатель со встроенным дисковым тормозом и червячный редуктор на выходном валу, которого закреплена ведущая шестерня, входящая в зацепление с рейкой мачты. Модули смонтированы в кабине, роликовые башмаки которой охватывают направляющие стойки мачты с трех сторон.

Кабина снабжена центробежным фрикционно-дисковым узлом безопасности с постоянным усилием торможения. Узел безопасности растормаживается при неработающем механизме подъема вручную за 20...30с с помощью привода. Уравновешивание кабины обеспечивается противовесом, подвешенным на канатах, огибающих блоки оголовка. Скорость подъема составляет 0,5...0,65 м/с.

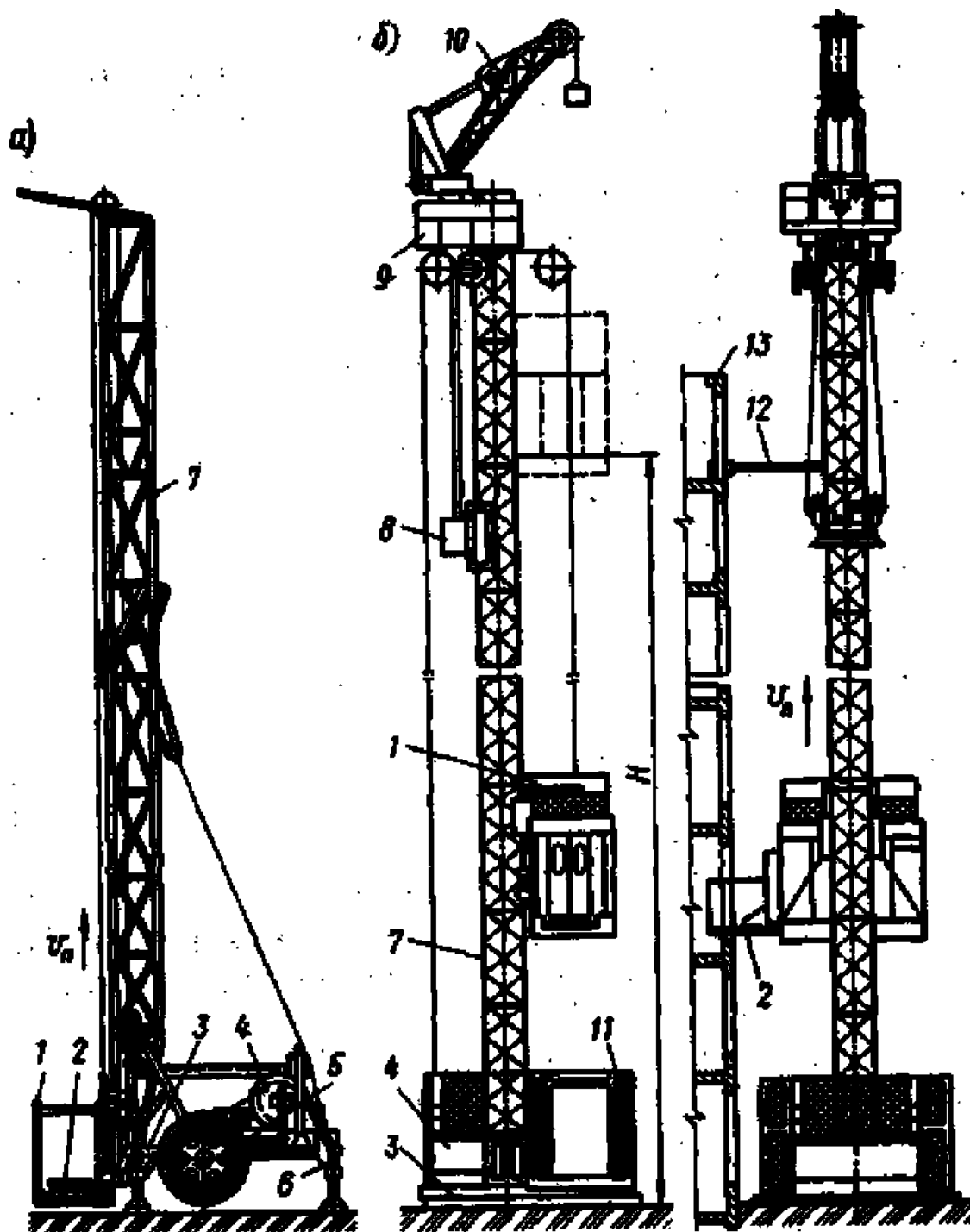


Рис. 2.6. Мачтовые строительные подъемники: *а* - грузовой; *б* - грузопассажирский

Обеспечение безопасной эксплуатации мачтовых подъемников осуществляется автоматически действующими клиновыми и эксцентриковыми ловителями, останавливающими и удерживающими платформу или кабину в случае превышения номинальной скорости опускания (при обрыве, ослаблении грузового каната или при выходе из строя механизма подъема бесканатного типа - реечного зацепления), а также концевыми выключателями, звуковыми и световыми сигнализаторами, блокировочными

выключателями замков на двери нижнего ограждения и входной двери кабины, блокировочными выключателями слабины канатов противовеса и перепуска, путевыми выключателями точной остановки и т. п.

Строительные краны

Краны - самоходные грузоподъемные машины, состоящие из металлической конструкции и смонтированных на ней крановых механизмов. Различают краны плавающие и с рельсоколесным, пневмоколесным, гусеничным движителем.

Общая характеристика и разновидности кранов. Краны применяют на строительном-монтажных работах по возведению зданий и вертикальных промышленных сооружений, в подсобных производствах и прочих хозяйствах для выполнения технологических операций погрузочно-разгрузочных работ, вертикального и горизонтального транспортирования строительных грузов, монтажа технологического оборудования. Краны классифицируют по нескольким признакам. По конструкции краны делятся на шесть групп: стреловые, башенные, мостовые, мачтовые, порталные и с несущими канатами.

По возможности перемещения в ходе выполнения технологических операций: самоходные, самоподъемные, переставные и стационарные краны.

По конструкции ходового устройства: плавающие, рельсовые, железнодорожные, гусеничные, пневмоколесные, автомобильные краны и на специальном шасси автомобильного типа.

По типу двигателей: с электрическими двигателями, двигателями внутреннего сгорания и комбинированными двигателями. К последним относятся дизель-электрические краны с собственной силовой установкой. Краны могут быть одно- и многомоторными. В первом случае все механизмы приводятся в действие от одного общего двигателя (например, автокран), а во втором может быть два двигателя - для передвижения крана и отдельно для привода грузовой лебедки (краны на специальном шасси автомобильного типа) или многомоторный привод к механизмам передвижения, поворота башни или оголовка, подъема стрелы, передвижения каретки (самоходный башенный кран с балочной стрелой).

Рабочим оборудованием кранов являются основные и удлиненные (со вставками) стрелы, гуськи, передвижные каретки, а рабочим органом - крюк, к которому навешиваются различные грузозахватные устройства: стропы, траверсы, электромагниты, специальные устройства для захвата стандартных контейнеров. В отдельных случаях рабочим органом является грейферный ковш.

В каждой группе краны различаются по своим рабочим характеристикам: максимальной грузоподъемности, вылету крюка, т. е. его удалению от вертикальной оси поворота крана, высоте подъема крюка, скорости подъема и опускания крюка, передвижения крана (с грузом или без груза), передвижения каретки, поворота вокруг вертикальной оси.

Почти у всех видов кранов грузоподъемность снижается по мере увеличения вылета крюка, поскольку при этом увеличивается грузовой момент, т. е. произведение максимальной массы груза q , подвешенного к крюку, на расстояние от крюка до вертикальной оси крана. За определенным для каждого марок крана пределом увеличение грузового момента может привести к опрокидыванию крана. Поэтому у большинства кранов (кроме мостовых) главным параметром считается грузовой момент. Грузовой момент измеряется в кН м.

Рабочие органы кранов (грузозахватные устройства) несколько снижают высоту подъема груза по сравнению с высотой подъема крюка. Обычно эта разница составляет от 2 до 4,5 м, но при некоторых типах грузозахватных устройств, например, для подъема ферм, многоярусной подвески плит перекрытия, эта разница увеличивается до 9,5 м, что необходимо учитывать при выборе той или иной марки крана для конкретных условий возведения зданий (сооружения).

Стреловые самоходные краны. В строительстве наибольшее распространение получили стреловые краны - 71% от их общей численности, в том числе автокраны - 44%, гусеничные - 11% и пневмоколесные - 10%. Доля башенных кранов составляет 16% и остальные виды кранов - 13%. Каждая группа строительных кранов имеет свою систему индексации, отражающую вид машины, ее основной параметр и исполнение. В настоящее время не существует единой индексации строительных машин. В основу действующей в машиностроении системы индексации стреловых самоходных кранов (см. рис. 2.7) приняты следующие признаки: первые две буквы - КС, т. е. кран стреловой; первая цифра - размерная группа (1 - максимальная грузоподъемность 4 т; 2 - 6,3 т; 3 - 10 т; 4 - 16 т; 5 - 25 т; 6 - 40 т; 7 - 63 т; 8 - 100 т, 9 - 160 т; 10 - 250 т); вторая цифра - тип ходового устройства (1 - гусеничное нормальное; 2 - гусеничное уширенное; 3 - пневмоколесное; 4 - специальное шасси автомобильного типа; 5 - шасси грузового автомобиля; 6 - шасси трактора; 7 - прицеп); третья цифра - исполнение рабочего оборудования (6 - с гибкой подвеской; 7 - с жесткой подвеской; 8 - телескопическое); четвертая цифра - порядковый номер модели; пятая цифра или буква - очередная модернизация (А, Б, В и т.д.); шестой знак (буквенный) - климатическое исполнение (ХЛ - северное; Т - тропическое; ТВ - для влажных тропиков).

Таким образом, марка крана КС-4561А означает, что кран стреловой, четвертой размерной группы (т. е. максимальной грузоподъемностью 16 т), автомобильный с гибкой подвеской стрелы, первой модели и первой модернизации.

Марка крана КС-5363ХЛ означает, что кран стреловой, пятой размерной группы (т. е. максимальной грузоподъемностью 25 т), пневмоколесный, с гибкой подвеской стрелы, третьей модели в северном исполнении.

В эту группу входят автомобильные краны, краны на специальном шасси автомобильного типа длинно- и короткобазовые, гусеничные, пневмоколесные и

железнодорожные. Название каждого из указанных типов кранов определяет базовую машину.



Рис. 2.7. Система индексации стреловых самоходных кранов

Преимуществом стреловых кранов по сравнению с башенными является их высокая мобильность, кроме гусеничных кранов большой грузоподъемности (100 т и более), которые при перебазировке необходимо демонтировать на отдельные узлы.

Общим недостатком всех стреловых кранов является быстрое снижение грузоподъемности при увеличении вылета крюка и неполное использование подстрелового пространства, поскольку стрелы этих кранов в рабочем состоянии всегда наклонены под углом от 85...86 град. к горизонту при минимальном вылете крюка и соответственно максимальной высоте его подъема, до 23.25 град. при максимальном вылете крюка. Это снижает возможности применения стреловых кранов на монтаже крупногабаритных конструкций. Это же обстоятельство требует увеличения рабочей площадки при использовании таких кранов на монтаже зданий.

Частично этот недостаток компенсируется применением гуськов и башенно-стрелового оборудования у пневмоколесных, гусеничных и железнодорожных кранов, более мощных и устойчивых, чем автомобильные. Однако применение такого оборудования снижает грузоподъемность кранов.

Автомобильные краны (автокраны) смонтированы на шасси грузовых автомобилей и предназначены для выполнения относительно небольших объемов погрузочно-разгрузочных, монтажных работ, вертикального транспорта грузов и быстрого перемещения с одного объекта строительства на другой, используя транспортную скорость базового автомобиля (рис. 2.8, 2.9). Эти краны полноповоротные. Однако их рабочая зона в плане составляет не более 270 град., так как над кабиной водителя подъем и опускание грузов недопустимы.

Для ограничения нагрузок на шасси и обеспечения устойчивости при работе крановой установки в конструкцию шасси введена дополнительная рама с выдвижными опорами (аутригерами): домкратного типа винтовыми и с гидроприводом. Максимальная грузоподъемность автокранов, выпускаемых промышленностью на шасси грузовых автомобилей ГАЗ, ЗИЛ, МАЗ, КрАЗ составляет 4; 6,3; 10 и 16 т, соответственно.

Автокраны современных конструкций могут работать без установки на аутригеры и перемещаться по строительной площадке с грузом на крюке. Однако при этом их грузоподъемность уменьшается на 60...80% от максимальной.

Автокраны оборудованы решетчатыми стрелами (основными и удлиненными) на канатной подвеске и телескопическими стрелами на жесткой подвеске. Применение последних обеспечило существенное увеличение вылета и высоты подъема крюка, а также удобство работы в случае необходимости в течение смены подачи строительных материалов и конструкций на различную высоту и расстояние. Кроме того, наличие телескопической стрелы обеспечивает снижение продольного габарита автокрана, что повышает его маневренность и скорость переезда от одного объекта к другому. Угол подъема стрел автокранов не превышает 75 град.

Привод к ходовому и крановому механизмам осуществляется от двигателя внутреннего сгорания (бензинового или дизельного) через систему механических или гидравлических передач. Отдельные модели автокранов (например, КС-4561 А) имеют комбинированный дизель-электрический привод с исполнительными электромоторами для подъема груза, поворота стрелы и гидронасоса для выдвижения аутригеров.

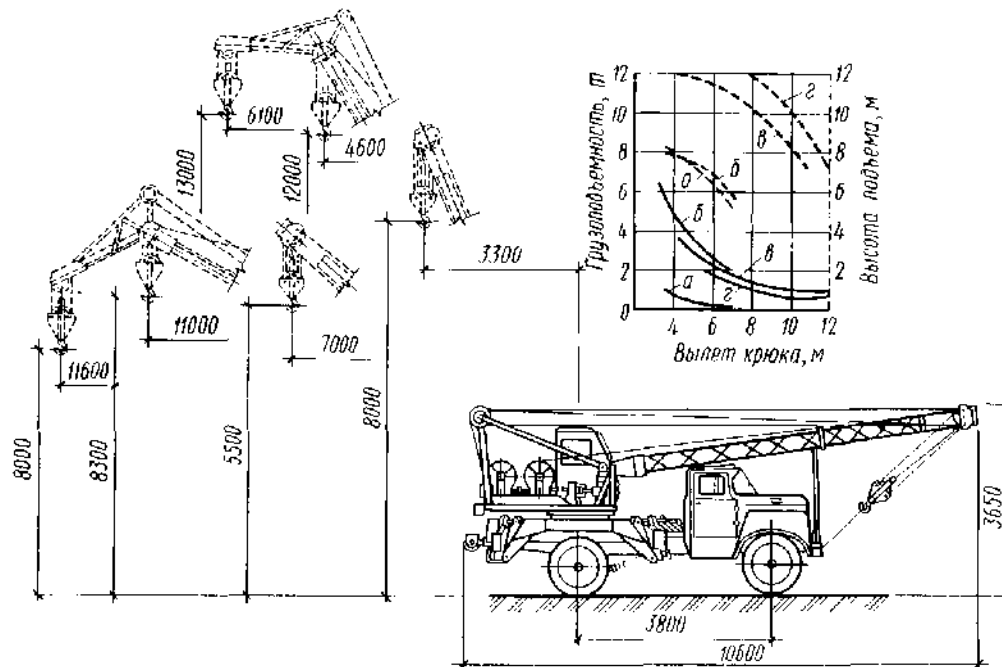


Рис. 2.8. Автомобильный кран КС-2561Е и его грузовые характеристики для стрелы длиной 8 м без установки на аутригеры (а); для той же стрелы при установке на аутригеры (б); для стрелы 12 м (в); для стрелы 12 м с гуськом 1,5 м (г)

Краны на специальном шасси автомобильного типа длинно- и короткобазовые являются развитием автокранов, обладают теми же преимуществами и используются для выполнения тех же технологических операций и процессов. Их типоразмерный ряд включает краны грузоподъемностью 25; 40; 63; 100 и 160 т. За рубежом выпускают такие краны грузоподъемностью до 1000 т.

Эти краны оборудованы телескопическими стрелами (2-, 3- и 4- секционными) на жесткой подвеске, имеют дизельный двигатель хода и двигатель, приводящий в действие гидронасос для подъема крюка, подъема и поворота стрелы, выдвижения аутригеров.

Многоосное шасси длиннобазовых кранов с ведущими и управляемыми осями (рис. 2.10), имеющими балансирную подвеску, обеспечивает движение этих кранов по дорогам различной категории со скоростью до 60 км/ч. Габаритные размеры и высокие мобильные свойства позволяют таким кранам двигаться в составе транспортных потоков.

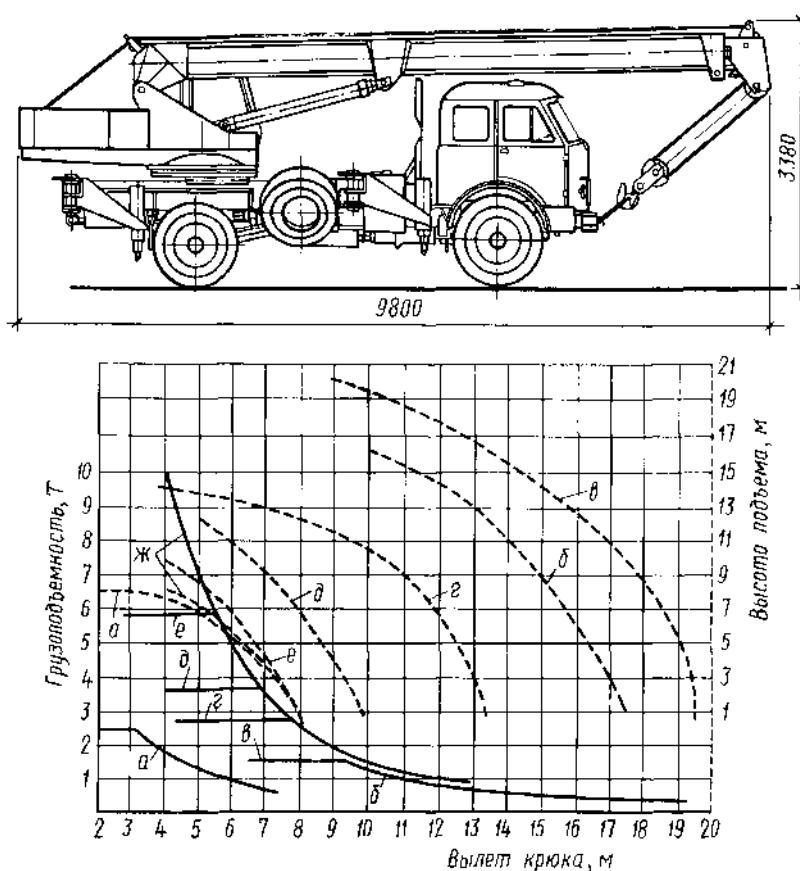


Рис. 2.9. Автомобильный кран КС-3571 с жестко подвешенной телескопической стрелой и его грузовая характеристика для стрел длиной 8 м без установки на аутригеры (*а*); для стрелы длиной 14 м с гуськом 6 м под углом к оси стрелы 126 град. (*б*) и под углом 180 град. (*в*); для стрел длиной 14 м (*г*); 12 м (*д*); 10 м (*е*) и 8 м (*ж*)

Короткобазовые краны имеют транспортную скорость до 40 км/ч, жесткую подвеску двух- и трехосного шасси и благодаря малому радиусу поворота (около 5 м) весьма удобны для работы в стесненных условиях строительных площадок, при реконструкции цехов действующих предприятий, их техническом перевооружении.

На телескопической стреле у отдельных моделей кранов на специальном шасси автомобильного типа можно устанавливать удлинитель в виде дополнительной решетчатой стрелы или управляемый гусек. Угол подъема стрелы этих кранов достигает 85 град. В связи со значительно меньшей серийностью выпуска специальных шасси по сравнению с грузовыми автомобилями и большей их сложностью оптовые цены кранов на специальном шасси автомобильного типа на единицу их максимальной грузоподъемности в среднем в 2,5 раза выше, чем у автокранов, что снижает экономическую эффективность их применения.

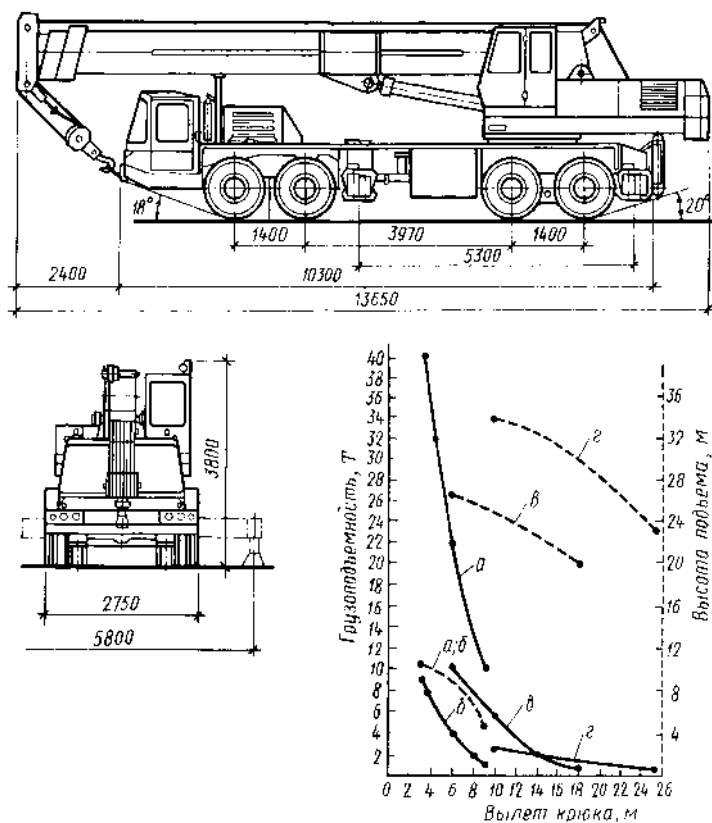


Рис. 2.10. Кран на специальном шасси автомобильного типа КС-6471 и его грузовые характеристики: при выдвинутом телескопе, т. е. длине стрелы 11 м на аутригерах (а); то же, без аутригеров (б): при выдвинутом телескопе на 27 м и гуське 8,5 м (б), то же, при вспомогательном крюке (г)

Гусеничные краны применяют для выполнения больших объемов монтажных работ, главным образом на строительстве одноэтажных промышленных зданий и вертикальных сооружений, где используются строительные конструкции и технологическое оборудование большой массы, в том числе сблокированное в виде строительных, строительско-технологических и технологических блоков (комплектно-блочный монтаж, монтаж блоков покрытий).

Типоразмерный ряд включает краны 16; 25; 40; 63 и 100 т. Они имеют основные и дополнительные решетчатые стрелы на гибкой подвеске, управляемые и неуправляемые гуськи, башенно-стреловое оборудование (рис. 2.11). Кроме основного крюка на гуське может использоваться вспомогательный. Гусеничный ход и большая конструктивная масса крана обеспечивают их устойчивость, возможность работы без аутригеров и перемещение с грузом, масса которого составляет до 90 % от максимальной грузоподъемности.

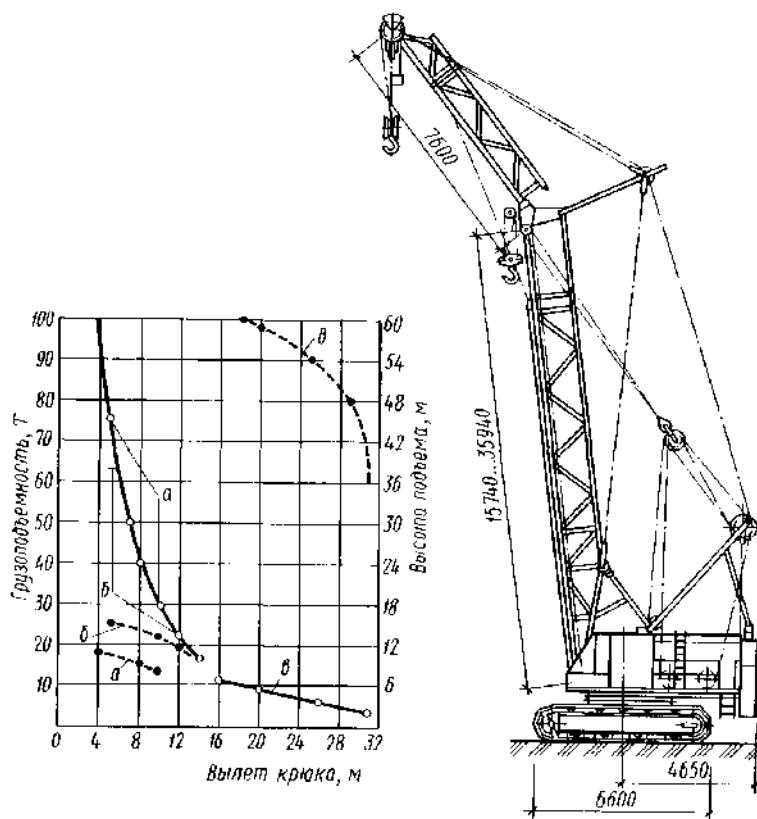


Рис. 2.11. Гусеничный кран КС-8161 и его грузовые характеристики с дополнительным противовесом 13,2 т; для стрелы длиной 12 м (а); 15,7 м (б); для стрелы 36 м с гуськом длиной 29 м (в)

Перебазировка гусеничных кранов с одного объекта на другой осуществляется на большегрузных прицепах (трейлерах) в большинстве случаев без их разборки. Состыковывается только стрела у кранов грузоподъемностью 40 т и более. Краны грузоподъемностью 100 т перевозятся в демонтированном состоянии. Все гусеничные краны имеют дизельный или дизель-электрический привод с возможностью питания электроэнергией от внешней сети.

В качестве гусеничных кранов могут использоваться универсальные одноковшовые экскаваторы с механическим приводом и крановым оборудованием. Однако свободный спуск груза у этих машин, скорость которого регулируется только тормозом, усложняет и повышает опасность посадочных операций. Применяются только гусеничные краны на базе одноковшовых экскаваторов с ковшом вместимостью 1,25 и 2,5 м³. Их максимальная грузоподъемность соответственно 20 и 60 т.

Пневмоколесные краны (рис. 2.12) используют, так же, как и гусеничные, в основном на выполнении монтажных работ. Пневмоколесное шасси с жесткой подвеской обеспечивает их большую мобильность. В пределах 3...5 км такие краны перемещаются собственным ходом со скоростью 10...18 км/ч. На большие расстояния и на территории городов пневмоколесные краны буксируют автотягачом.

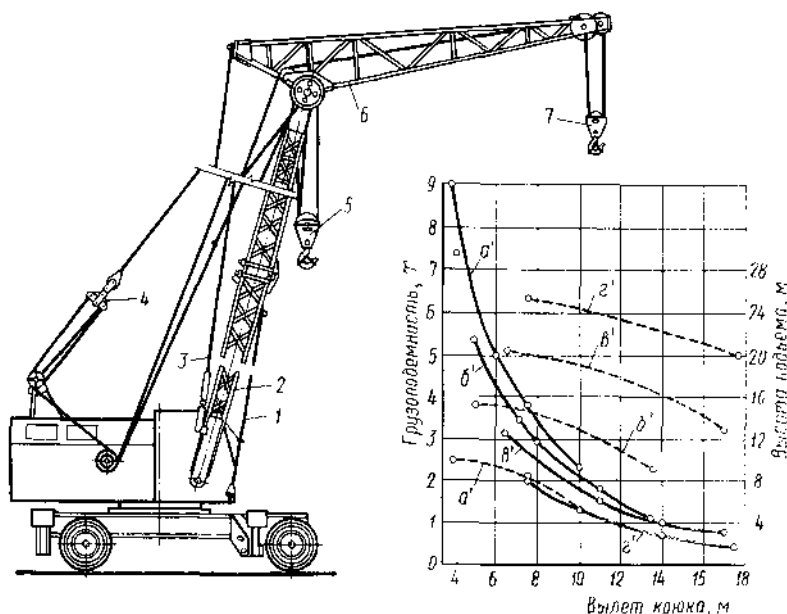


Рис. 2.12. Пневмоколесный кран КС-4361 А и его грузовые характеристики на аутригерах для стрел длиной 10,5 м (а); 15,5 м (б); 20,5 м (в); 25,5 м (г): 1 - ограничитель подъема стрелы; 2 - стрела; 3 - оттяжка; 4 - стреловой полиспаст; 5 - крюковая подвеска основного крюка; 6 - гусек; 7 - крюковая подвеска вспомогательного крюка

Рабочим оборудованием являются решетчатые стрелы на гибкой подвеске, основные и удлиненные с помощью вставных секций, а также гуськи. Типоразмерный ряд включает краны грузоподъемностью 16; 25; 40; 63 и 100 т. Эти краны имеют винтовые и гидравлические аутригеры, но могут работать и без них со снижением максимальной грузоподъемности на 50%. Крановый двигатель - дизельный или дизель-электрический.

Башенные строительные краны. Строительные башенные краны являются ведущими грузоподъемными машинами в строительстве и предназначены для механизации строительно-монтажных работ при возведении жилых, гражданских и промышленных зданий и сооружений, а также для выполнения различных погрузочно-разгрузочных работ на складах, полигонах и перегрузочных площадках. Они обеспечивают вертикальное и горизонтальное транспортирование строительных конструкций, элементов зданий и строительных материалов непосредственно к рабочему месту в любой точке строящегося объекта. Темп строительства определяется производительностью башенного крана, существенно зависящей от скоростей рабочих движений.

Для башенных кранов (см. рис. 2.13) принята следующая индексация: первые две буквы - КБ, т. е. кран башенный; первая цифра - размерная группа (3 - грузовой момент до 1000 кН м; 4 - более 1000 до 2000 кН м; 5 - более 2000 и до 3000 кН м и 6 - более 3000 до 5000 кН м); вторая и третья цифры - от 01 до 70 - краны с поворотной башней и от 71 до 90 - с неповоротной башней; четвертая цифра - порядковый номер модели.

Так, марка КБ-674А-3 означает, что кран башенный, с грузовым моментом более 3000 кН м неповоротной башней (т. е. с поворотным оголовком), первая модель, третье исполнение.

Применяется и другая индексация кранов: марка МСК-10-20 означает: монтажный строительный кран, максимальной грузоподъемностью 10 т и вылетом крюка 20 м; МКГ-25БР - монтажный кран гусеничный, максимальной грузоподъемностью 25 т, с башенно-стреловым оборудованием.



Рис. 2.13. Система индексации башенных кранов

Рабочими движениями башенных кранов являются подъем и опускание груза, изменение вылета стрелы (крюка) с грузом, поворот стрелы в плане на 360 град., передвижение самоходного крана. Отдельные движения могут быть совмещены, например, подъем груза с поворотом стрелы в плане. Все башенные краны снабжены многодвигательным электроприводом с питанием от сети переменного тока напряжением 220/380 В. В общем случае каждый башенный кран - это поворотный кран с подъемной (рис. 2.14, а), балочной (рис. 2.14, б) или комбинированной (рис. 2.14, в) стрелой, шарнирно закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни.

Классификация. Башенные краны классифицируют по назначению, конструкции башен, типу стрел, способу установки и типу ходового устройства.

По назначению различают краны для строительно-монтажных работ в жилищном, гражданском и промышленном строительстве, для обслуживания складов и полигонов заводов железобетонных изделий и конструкций, для подачи бетона на гидротехническом строительстве.

По конструкции башен различают краны с поворотной и неповоротной башнями. Башни кранов могут быть постоянной длины и раздвижными (телескопическими).

У кранов с поворотной башней (рис. 2.15) опорно-поворотное устройство, на которое опирается поворотная часть крана, расположено внизу на ходовой раме крана или на портале

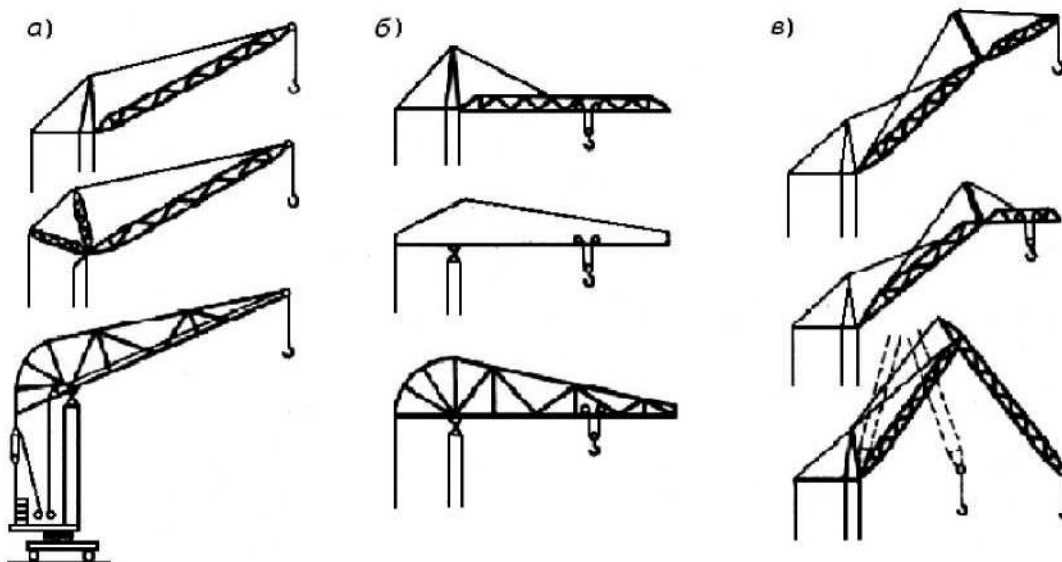


Рис. 2.14. Стрелы башенных кранов: *а* - подъемные; *б* - балочные горизонтальные; *в* - комбинированные

У кранов с неповоротной башней (рис. 2.16) опорно-поворотное устройство расположено в верхней части башни. Поворотная часть таких кранов включает поворотный оголовок, механизм поворота, стрелу и противовесную консоль, на которой размещены лебедки и противовес, служащий для уменьшения изгибающего момента, действующего на башню крана.

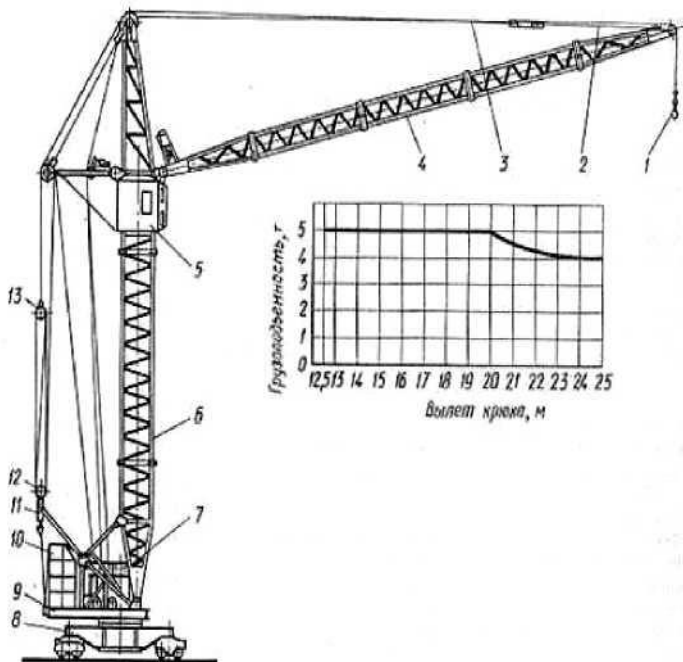


Рис. 2.15. Башенный кран КБ-100. ОАС-1 с поворотной башней и его грузовая характеристика: 1 - крюк; 2 - стреловой канат; 3 - грузовой канат; 4 - стрела; 5 - кабина; 6 - башня; 7 - электрооборудование; 8 - рама ходовая; 9 - платформа поворотная; 10 - противовес; 11 - стойка монтажная; 12 - обойма нижняя; 13 - обойма верхняя

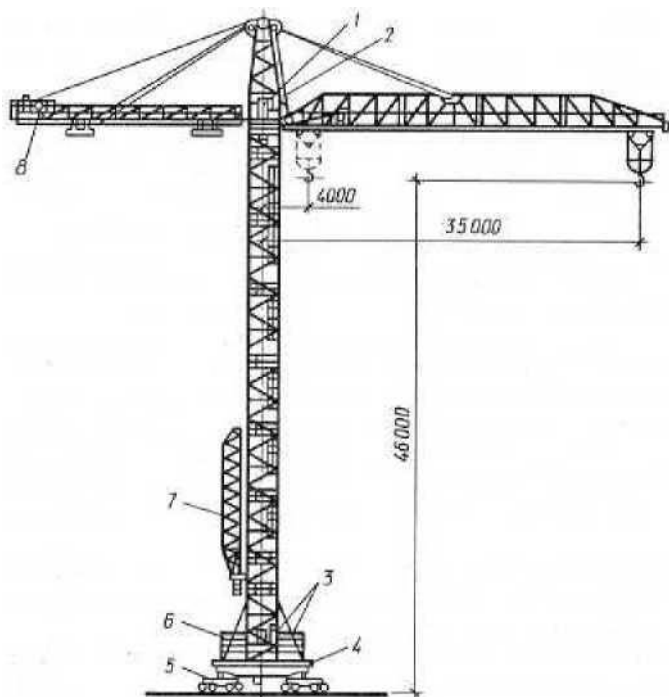


Рис. 2.16. Башенный кран КБ-647 с поворотным оголовком: 1 - кабина управления; 2 - поворотный оголовок; 3 - основание башни; 4 - рама ходовая; 5 - тележка ходовая; 6 - балласт; 7 - монтажная мачта; 8 - лебёдка грузовая

На ходовой раме кранов с неповоротной башней уложены плиты балласта, а с боковой стороны башни расположены монтажная стойка с лебедкой и полиспастом, предназначенная для поднятия и опускания верхней части крана при его монтаже и демонтаже. Ходовые рамы опираются на ходовые тележки, которые обеспечивают передвижение кранов по подкрановым путям.

Самоподъемные башенные краны. В современных условиях все больше внимания в городском строительстве уделяется возведению зданий повышенной этажности с использованием самоподъемных башенных кранов, опирающихся на элементы возводимых зданий, что позволяет значительно повысить эффективность строительно-монтажных работ, снизить стоимость строительства. При возведении монолитных зданий самоподъемные краны опираются на специально предусмотренные окна в стенах лифтовой шахты и по мере роста здания самоподнимаются по ней. В сборных зданиях с металлическим или железобетонным каркасами для опирания самоподъемного крана используют ячейки каркаса.

Применение самоподъемных кранов позволяет возводить здания в стесненных условиях и на косогорах, обеспечивать одним краном строительство зданий со сложной конфигурацией в плане, повысить безопасность эксплуатации кранов, снизить

эксплуатационные расходы, улучшить условия труда строителей-монтажников. Самоподъемные краны изготавливают с широким использованием унифицированных узлов, серийно выпускаемых башенных кранов.

На рис 2.17 показан самоподъемный башенный кран четвертой размерной группы с балочной стрелой и грузовой моментом 160 т м. Кран оборудован гидравлическим механизмом выдвижения и применяется на строительстве монолитных зданий.

Башня 4 крана опирается на нижнюю секцию с элементами 1 опирания крана в окна лифтовой шахты 17. В верхней части башни смонтировано опорно-поворотное устройство 5, состоящее из неповоротной рамы, поворотной платформы, роликового опорно-поворотного круга и механизма поворота. К поворотной платформе шарнирно крепятся противовесная консоль 8 балочного типа и одноподвесная балочная стрела 14 трехгранной (в сечении) формы. Консоль и стрела подвешены соответственно на расчалах 9 и 13. На консоли 8 смонтированы грузовая лебедка 7 и плиты противовеса 6. В корневой части стрелы установлена лебедка 12 передвижения грузовой тележки 15 с крюковой подвеской 16. К верхней части поворотной платформы крепится оголовок 10 с проушинами для крепления расчалов стрелы и консоли противовеса. К поворотной платформе крепится кабина управления 11.

Выдвижная обойма 2 представляет собой решетчатую трубчатую металлоконструкцию квадратного сечения. К верхней части обоймы присоединены штоки четырех гидроцилиндров 3, служащих для выдвижения башни относительно обоймы, а также движения обоймы относительно башни. В нижней части обоймы установлены фланцы для опирания на торец лифтовой шахты. Кран опирается в окна лифтовой шахты на двух уровнях на расстоянии двух этажей. Башня крана свободно перемещается внутри лифтовой шахты. Две нижние секции башни имеют в основании направляющие для упоров, выдвигаемых в окна лифтовой шахты. На поясах башни по диагоналям приварены упоры для самоподъема и опускания (при демонтаже). Каждый упор представляет собой поршень, задвигаемый вручную в направляющую трубу.

Поршень фиксируется в направляющей трубе башни специальным стержнем.

Процесс подъема крана в шахте лифта состоит из следующих последовательно выполняемых операций: опирание обоймы на лифтовую шахту, подъем крана в рабочее положение, закрепление в шахте лифта.

Гидрооборудование крана обеспечивает вертикальное перемещение башни (подъем и опускание) внутри лифтовой шахты. Гидросистема включает насосную станцию с электроприводом, четыре гидроцилиндра и дистанционный (выносной) пульт управления.

Гидроцилиндры установлены рядом с вертикальными поясами башни и соединены с ней попарно по диагонали. Для безопасности работы каждый гидроцилиндр снабжен гидрозамком (управляемым обратным клапаном).

Монтаж самоподъемного крана осуществляется стреловым самоходным краном грузоподъемностью не менее 25 т. Затем самоподъемный кран монтирует вокруг себя полутюбинги лифтовой шахты или сооружает монолитную лифтовую шахту, после чего возводит первый этаж. Далее самоподъемный кран возводит второй, третий и четвертый этажи с расклиниванием зазоров между лифтовой шахтой и перекрытиями.

После возведения четырех этажей здания и сооружения лифтовой шахты 5-го этажа выдвижная обойма с помощью гидроцилиндров опускается на торец лифтовой шахты 5-го этажа; включением двух диагонально расположенных гидроцилиндров нагрузка снимается с нижней секции башни и передается на торец лифтовой шахты. Затем отстыковывается башня от нижней секции, закрепленной на анкерных болтах, теми же двумя гидроцилиндрами кран приподнимается вдоль ствола лифтовой шахты до совпадения выдвижных опорных балок с окнами лифтовой шахты на 1-м и 3-м этажах. Опорные балки выдвигаются в окна лифтовой шахты и надежно закрепляются в них. Таким образом, кран устанавливается в шести окнах шахты на каждом этапе (в данном случае на 1-м и 3-м этажах). Затем выдвижная обойма с помощью гидроцилиндра поднимается вверх по башне до оголовка, и кран может продолжать сооружение 5-го этажа, стоя на опорных балках. После возведения 5-го этажа и лифтовой шахты 6-го этажа выдвижная обойма снова опускается на торец лифтовой шахты 6-го этажа. С помощью гидроцилиндра кран вывешивается, выдвижные опорные балки задвигаются в башню, и кран выдвигается на один этаж вверх до совпадения опорных балок с окнами в лифтовой шахте 2-го и 4-го этажей.

Кран опирается балками на окна и далее операции повторяются до возведения последнего этажа здания.

Нижняя секция башни на дне шахты по окончании демонтажа крана разбирается и так же демонтируется, как и самоподъемный кран.

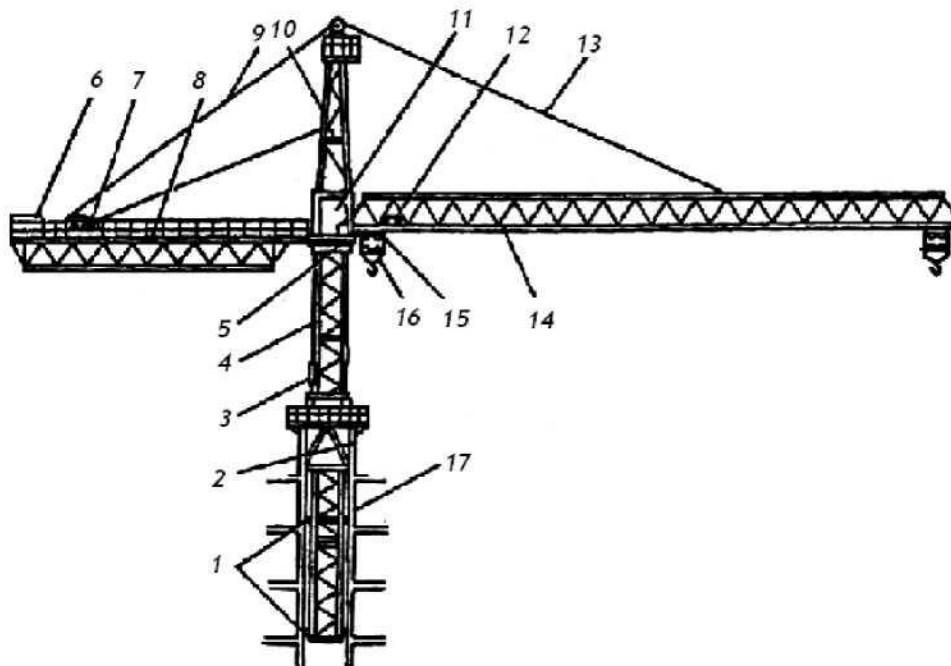


Рис. 2.17. Самоподъемный башенный кран

Самоподъемный кран демонтируется с помощью приставного крана, установленного на легком инвентарном фундаменте или с помощью стрелового самоходного крана грузоподъемностью 25 т со стрелой длиной не менее 30 м, оборудованной гуськом.

Грузоподъемность при максимальном вылете стрелы (32 м) составляет 5 т, максимальная грузоподъемность (при вылете 16м) - 10 т, высота подъема максимальная - 100 м.

Предусмотрено производство самоподъемных башенных кранов с грузовым моментом 200, 250, 300 т м и вылетом стрелы до 60 м.

Перевозка башенных кранов в зависимости от их конструкций и параметров осуществляется автотягачами на подкатных пневмоосях в сложенном виде (мобильные краны), без промежуточных секций башни (перевозятся отдельно), с разборкой на отдельные узлы (под регламентированные габариты автотранспорта).

Работа свободностоящих, передвижных и стационарных кранов возможна до определенной высоты. Для сохранения устойчивости крана при увеличении высоты подъема его башню крепят к конструкциям возводимого здания или сооружения одним, двумя, а иногда тремя креплениями, устанавливаемыми на различной высоте крана по мере его наращивания. В современных высотных кранах серии КБ на расчетной высоте между промежуточными секциями башни закладывают вставки с проушинами, к которым крепятся подкосы, образующие рамы крепления.

Все башенные краны оборудуются приборами безопасности. К ним относятся ограничители крайних положений всех видов движения, расположенные перед упорами: передвижения крана, грузовой и контргрузовой тележек, угла наклона стрелы, поворота, высоты подъема, выдвигения башни и т. д. Для защиты кранов от перегрузки при подъеме груза на определенных вылетах применяют ограничители грузоподъемности. Краны также оснащают тормозами на всех механизмах рабочих движений, нулевой и концевой электрозащитой, аварийными кнопками и рубильниками, анемометрами с автоматическим определением опасных порывов ветра и подачей звуковых и световых сигналов для предупреждения машиниста об опасности, рельсовыми захватами на ходовых тележках, указателями вылета крюка и грузоподъемности на данном вылете при соответствующей высоте подъема груза и т. п. Для прохода машиниста в кабину и к удаленным узлам для проведения технического обслуживания и ремонта на кранах устанавливают лестницы, площадки и настилы, имеющие необходимое ограждение.

Эксплуатация башенных кранов в соответствии с правилами Госпромнадзора разрешается только после регистрации в отделах надзора, а также после технического освидетельствования (включающего в себя осмотр крана, статическое и динамическое испытания) и разрешения на пуск в работу.

Сменная эксплуатационная производительность башенного крана (т/ч):

$$P_{э.см} = t_{см} \times Q \times n \times K_2 \times K_B,$$

где $t_{см}$ - продолжительность смены, ч; Q - грузоподъемность крана, т; K_2 - коэффициент использования крана по грузоподъемности ($K_2 = 0,5 \dots 0,9$); K_B - коэффициент использования крана по времени ($K_B = 0,70 \dots 0,85$); $n = 3600/T_{ц}$ - число циклов, совершаемых краном за один час работы (где $T_{ц}$ - продолжительность цикла, с).

Общее время цикла $T_{ц}$ складывается из машинного времени t_m и времени, расходуемого на выполнение ручных операций tp :

$$T_{ц} = t_m + tp + t_B \times z$$

$$t_m = [(H_1/V_1) + (H_2/V_2) + (L_1/V_3) + (L_2/V_4) + (2a/360 n_n)] \times K$$

$$tp = t_3 + t_y + t_0$$

где H_1 и H_2 - соответственно высота подъема и опускания крюка, м; L_1 и L_2 - путь передвижения грузовой тележки (или изменения вылета), крана, м; V_1, V_2, V_3, V_4 - скорости подъема и опускания груза, передвижения грузовой тележки (или изменения вылета) и крана, м/мин; a - угол поворота стрелы крана, мин^{-1} ; n_n - частота вращения стрелы крана, мин^{-1} ; K - коэффициент совмещения операций (зависит от технических возможностей крана и мастерства машиниста); t_3 - время строповки груза, мин; t_y - время наводки и установки груза в проектное положение, мин; t_0 - время расстроповки груза, мин; t_B - время вспомогательных машинных операций, мин; z - число вспомогательных машинных операций (подъем, передвижение, поворот с грузом, обратный поворот, опускание и т. д.).

Мостовые краны, передвигающиеся по рельсам, установленным на стационарных опорах (эстакадах), используются только на базовых складах для разгрузки поступающих строительных грузов и их погрузки в транспортные средства

для доставки на объекты строительства. В отдельных случаях, когда эти краны являются технологическим оборудованием строящихся или реконструируемых зданий производственного назначения (металлургии, тяжелого машиностроения и др.), они используются для монтажа крупногабаритных, тяжелых станков и другого оборудования.

Более широко используется разновидность мостовых кранов на передвижных опорах, перемещающихся по рельсам, установленным на шпалах, козловые краны. Рельсы, по которым перемещаются опоры, располагаются по обе стороны возводимого объекта, а мост (ригель) находится над объектом. Вдоль моста перемещается грузовая тележка (перпендикулярно направлению рельсовых путей). Эти краны используют при строительстве наземных сооружений железных дорог, станций метрополитена и некоторых других объектов. Благодаря высокой устойчивости (опоры с двух сторон моста) они обладают большой грузоподъемностью (до 200 т). Однако небольшая высота подъема крюка (до 12 м) и необходимость в большинстве случаев держать второй стреловой кран для подачи грузов в зону действия козлового крана сокращают область его эффективного применения.

Мачтовые краны, являющиеся стационарными, представляют собой стальную решетчатую мачту, вертикально поставленную на специальную раму и фундамент и закрепленную четырьмя тросовыми растяжками (вантами) к якорям. К низу мачты шарнирно прикреплена стрела. Грузоподъемность таких кранов достигает 100 т и более. Однако их применение вызывает большие затраты труда, времени и средств на устройство якорей, фундамента, монтаж самого крана. Кроме того, мачтовый кран может быть использован только при наличии больших свободных площадей для устройства якорей, поскольку угол наклона тросовых растяжек не должен превышать 30 гр. Так, если высота мачты составляет 20 м, то необходима свободная площадь минимум 70 x 70 м.

Ранее такие краны использовались для монтажа вертикальных сооружений, главным образом предприятий черной металлургии и нефтехимии. С появлением мощных стреловых самоходных кранов грузоподъемностью 60...160 т и более область применения мачтовых кранов непрерывно уменьшается.

Портальные рельсовые краны состоят из портала - четырех опор, связанных общей рамой, на которой закреплено поворотное устройство. К нему шарнирно прикреплена стрела, установлены машинное отделение и кабина машиниста. Стрела маневренная, уравновешенная маятниковым противовесом. В строительстве такие краны используются для погрузки и разгрузки строительных материалов в речных и морских портах.

Плавающие краны, полноповоротные, грузоподъемностью от 20 до 1,2 тыс. т. смонтированы на специальных самоходных понтонах, используются для строительства

портовых сооружений, укрепления берегов морей железобетонными конструкциями и монтажа сооружений для добычи нефти, и газа в шельфах морей.

Краны с несущими канатами - кабельные краны - состоят из двух решетчатых мачт, закрепленных на фундаментах и расчаленных вантовыми растяжками так же, как и мачтовые краны. Несущий канат закреплен на оголовках мачт. По этому канату перемещается грузовая тележка с крюковой подвеской. По тем же причинам, что и мачтовые краны, кабельные краны в настоящее время применяются весьма редко.

К строительным кранам относятся также тракторные краны поворотные и неповоротные. Последние называют трубоукладчиками и используют почти исключительно на монтаже трубопроводов. Их грузоподъемность составляет от 5 до 60 т. Поворотные тракторные краны грузоподъемностью до 6,3 т применяют чаще всего при выполнении работ в условиях бездорожья при строительстве ЛЭП, в сельском рассредоточенном строительстве.

Переставные краны грузоподъемностью 0,3-1 т относятся к средствам малой механизации и используются для вертикального транспорта мелкоштучных и рулонных строительных материалов на строящееся или реконструируемое здание при выполнении отделочных, кровельных работ, санитарно-технических и электромонтажных работ.

Выбор кранов для выполнения работ по возведению здания или сооружения осуществляется в два этапа. На первом этапе, исходя из габаритов возводимого здания (сооружения), максимальной массы сборного элемента и его расположения в плане здания, размеров строительной площадки (условий стесненности производства работ) выбирают краны (стреловой, башенный и др.), которые по своим техническим характеристикам могут обеспечить выполнение технологических операций и процессов.

На втором этапе выбирают конкретную модель крана на основе выполнения расчетов сравнительного экономического эффекта.

Принципиальным отличием всех видов кранов от других строительных машин циклического действия является то, что они в большинстве случаев в течение рабочей смены и даже одного машино-часа используются для выполнения трех различных технологических процессов: монтажа сборных элементов, вертикального транспорта материалов и погрузки или разгрузки различных материалов и конструкций. Процессы погрузки (разгрузки) и вертикального транспорта включают технологические операции зацепления груза (вручную), его горизонтального и вертикального перемещения (механизированным способом), отцепления груза (вручную) и возврата крюка в первоначальное положение (механизированным способом), а в процессе монтажа кроме указанных выполняют операции посадки в проектное положение (одновременно вручную и механизированным способом), выверки и закрепления конструкции в этом положении (также вручную и механизированным способом для поддержки конструкции до ее закрепления).

Продолжительность цикла в каждом из технологических процессов различна и зависит от объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, определяющих виды грузов, от удобства их зацепления грузозахватными устройствами, высоты подъема или расстояния горизонтального перемещения грузов, необходимости поддержки груза (сборного элемента) в ходе выполнения технологических операций по его выверке и закреплению в проектном положении и меньше всего от скоростных характеристик крана (скорость подъема и опускания крюка, поворота, перемещения крана или грузовой тележки и пр.).

Так, при монтаже 12-этажных крупнопанельных зданий продолжительность выполнения полностью механизированных операций в среднем составляет 15...20% продолжительности монтажного цикла. При монтаже колонн и большепролетных ферм одноэтажных промышленных зданий продолжительность выполнения этих операций не превышает 10% монтажного цикла. Только при монтаже многоэтажных зданий (выше 12-го этажа) увеличение скорости подъема и опускания крюка начинает влиять на продолжительность монтажного цикла и цикла вертикального транспорта строительных грузов. Именно поэтому у кранов с большой высотой подъема крюка имеется повышенная скорость его опускания.

При выполнении технологических процессов погрузки (разгрузки) строительных грузов скоростные характеристики кранов практически не оказывают влияния на время цикла в связи с его малой продолжительностью (в среднем 1,5...2 мин) и невозможностью увеличения скорости поворота крюка, так как это неизбежно приведет к увеличению раскачки груза, увеличению затрат времени на его «успокоение» и тем самым к увеличению продолжительности цикла погрузки (разгрузки) и снижению производительности крана.

В этой связи техническая производительность кранов определяется по каждому их виду в зависимости от области применения, для которой они предназначены, имея в виду, что автомобильные краны преимущественно заняты на погрузке и разгрузке строительных грузов - в среднем 70.90% рабочего времени (в зависимости от их грузоподъемности), а остальное время - на монтаже и вертикальном транспорте строительных грузов. Гусеничные и пневмоколесные краны заняты на монтаже конструкций 65...80% рабочего времени, около 10% на вертикальном транспорте грузов, а остальное время на выполнении погрузки и разгрузки строительных грузов. Башенные краны в зависимости от грузоподъемности и высоты подъема крюка, определяющих область их применения, от 30 до 70% заняты на монтаже конструкций, 25...35% - на вертикальном транспорте грузов и от 5 до 35% - на погрузке и разгрузке строительных грузов.

Эксплуатационная производительность стреловых самоходных кранов

(т/ч):

$$P_{\text{Э}} = Q \times n \times K_{\Gamma} \times K_{\text{В}},$$

где Q - номинальная грузоподъемность крана на данном вылете стрелы, т; K_G - коэффициент использования крана по грузоподъемности ($K_G = 0,5 \dots 0,9$); K_B - коэффициент использования крана по времени ($K_B = 0,70 \dots 0,85$); $n = 3600/T_{Ц}$ - число циклов совершаемых краном за один час работы (где $T_{Ц}$ - продолжительность цикла, с).

Общее время цикла $T_{Ц}$ складывается из машинного времени t_m и времени, расходуемого на выполнение ручных операций t_p .

Пути повышения производительности кранов состоят в уменьшении продолжительности цикла и увеличении средней массы грузов, перемещаемых за цикл. С этой целью в проектах зданий необходимо предусматривать выравнивание масс монтируемых элементов, применять укрупненную сборку легких элементов, контейнеры и пакеты. Продолжительность ручных операций снижают за счет применения автоматических захватов и прогрессивных технологических схем принудительного монтажа.

Тема 4. Машины для земляных работ

Машины для земляных работ в промышленном и гражданском строительстве используют при рыхлении плотных, скальных и мерзлых грунтов, планировании строительных площадок, подготовке оснований под дороги и проезды, разработке котлованов под фундаменты зданий и сооружений, рытье траншей открытым способом при прокладке городских коммуникаций и строительстве подземных сооружений, копании ям и приямков, зачистке дна и откосов земляных сооружений, обратной засыпке котлованов и траншей после возведения фундаментов и укладки коммуникаций, уплотнении грунтов и т.п.

Машины осуществляют разработку грунтов тремя основными способами: механическим, при котором грунт отделяется от массива пассивными и приводными (активными) режущими органами - ножами, зубьями, скребками, клиньями, резцами, фрезами и т.п.; гидромеханическим, при котором грунт разрушается в открытом забое направленной с помощью гидромонитора струей воды под давлением до 6 МПа или всасыванием предварительно разрушенного (гидромонитором или фрезой) грунта со дна реки или водоема грунтовым насосом-землесосом; взрывным, при котором разрушение грунта (породы) происходит под давлением расширяющихся продуктов сгорания (газов), взрывчатых веществ. Иногда применяют комбинированные способы разработки грунтов, например, взрывной (предварительное рыхление) в сочетании с механическим (последующая разработка землеройной машиной с ножевым или ковшовым рабочим органом).

В настоящее время около 95% земляных работ в строительстве осуществляется механическим способом. При выполнении земляных работ используется широкая номенклатура различных по назначению, конструкции и принципу действия машин, которые разделяются на: машины для подготовительных работ; землеройно-

транспортные; экскаваторы; бурильные; для бестраншейной прокладки коммуникаций; для гидромеханической разработки грунта; для уплотнения грунтов.

Взаимодействие рабочих органов машин с грунтом. На процесс взаимодействия рабочего органа землеройной машины с грунтом существенное влияние оказывают физико-механические свойства грунта, конструкция, геометрические параметры и режимы работы рабочего органа.

Рабочие органы землеройных машин (рис. 2.18), отделяющие грунт от массива механическим способом, могут быть выполнены в виде: зуба на стойке для рыхления разрабатываемой среды, ковша определенной вместимости со сплошной режущей кромкой или оснащенной зубьями, отвала, снабженного в нижней части режущими ножами. Рабочие органы в виде ковшей называют ковшовыми, в виде отвала с ножами - отвальными или ножевыми. Рабочий процесс землеройных машин с ковшовыми и ножевыми рабочими органами состоит из последовательно выполняемых операций отделения грунта от массива, его перемещения (транспортирования) и отсыпки. Рабочие органы отделяют грунт от массива резанием и копанием. Резание - процесс отделения грунта от массива режущей частью рабочего органа. Копание - это совокупность процессов, включающих резание грунта, перемещение срезанного грунта по рабочему органу и впереди его в виде призмы волочения, а у некоторых машин и перемещение грунта внутри рабочего органа. Сопротивление грунта копанию в 1,5...2,8 раза больше, чем сопротивление грунта резанию.

Машины для подготовительных работ

Кусторезы. Предназначены для срезания травяного растительного слоя, кустарника и мелколесья при расчистке площадок, отведенных под земляные работы или сооружения. Кусторез состоит из косо поставленного отвала с одной отвальной поверхностью (рис. 2.19, а) или симметричного относительно продольной оси отвала с двумя отвальными поверхностями (рис. 2.19, б), образующими в плане треугольник, обращенный вершиной вперед. Ножевая система отвала оснащена сменными ножами с гладкой или пилообразной режущей кромкой. Выступающая вперед часть режущей кромки усилена массивным литым или кованным выступом, называемым колуном. Над отвалом устанавливается защитное ограждение в виде решетки, рамы или кожуха, прикрывающего систему его подвески.

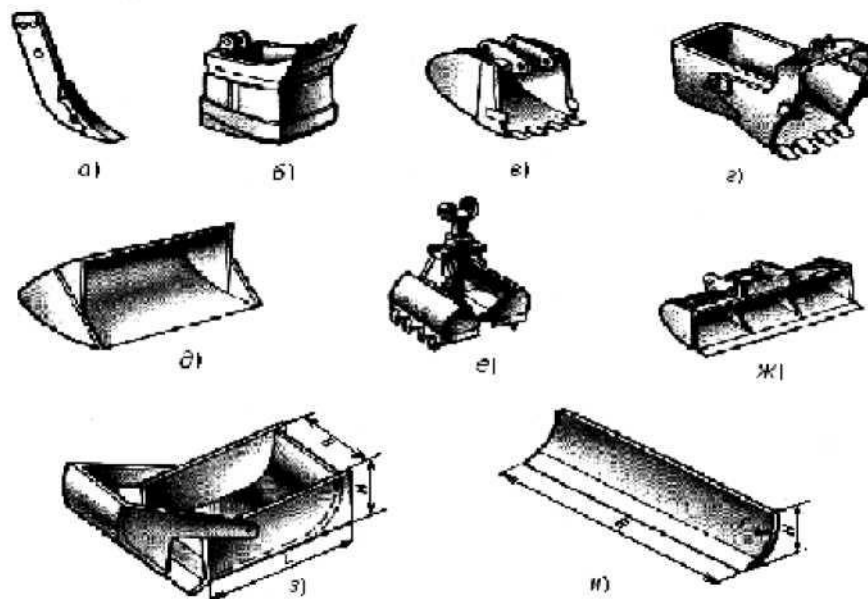


Рис. 2.18. Рабочие органы землеройных машин: *а* - зуб рыхлителя; *б - ж* - экскаваторные ковши прямой и обратной лопат, драглайна, погрузчика, планировщика; *з* - ковш скрепера; *и* - отвал бульдозера

С помощью центрального шарового шарнира, боковых подкосов и раскосов отвал крепится к U-образной тяговой раме, соединенной с рамой тягача двумя шарнирами и гидроцилиндрами ее подъема/опускания. В качестве базового тягача, на котором монтируется рабочее оборудование кустореза, как правило, используется промышленный гусеничный трактор, лучше приспособленный к движению по неровной, рыхлой или топкой поверхности.

При движении по расчищаемой площадке ножи с прямой или пилообразной режущей кромкой срезают дерн, кустарник и мелкие деревья на глубине 30...50 мм от поверхности. Срезанная почва и растительность сдвигаются отвальной поверхностью в одну сторону либо по обе стороны от машины, образуя боковые валики. Крупные стволы, пни, и коряги перед срезкой раскалывают колуном. Защитные ограждения предохраняют тягач, элементы крепления отвала и механизмы, расположенные за ним, от повреждения стволами и камнями и, в то же время, не заслоняют от оператора пространство перед машиной при поднятом отвале. Защитный кожух выполняет те же функции лучше, чем решетка, но ухудшает видимость пространства перед отвалом.

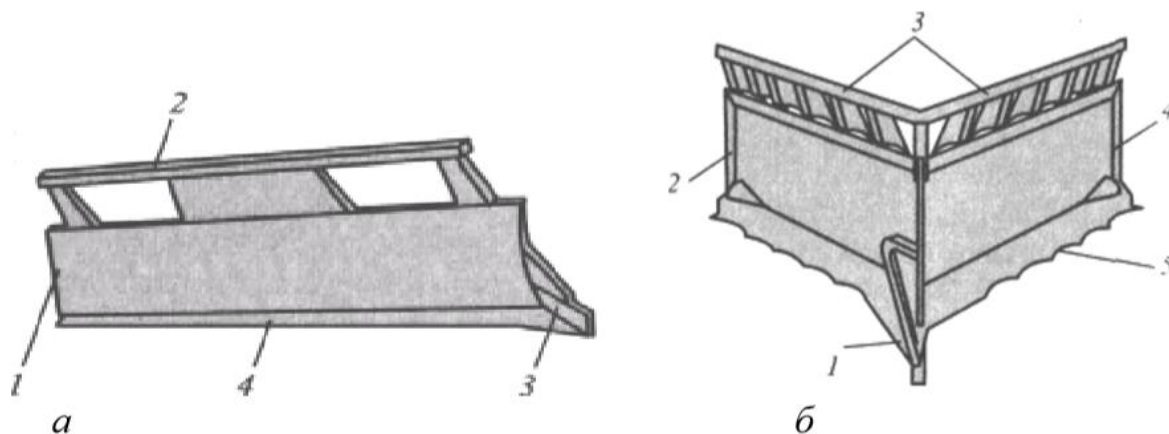


Рис. 2.19. Отвал кустореза: *a* - с одной отвальной поверхностью: *1* - отвальная поверхность; *2* - ограждающая рамка; *3* - колун; *4* - режущая кромка; *b* - с двумя отвальными поверхностями: *1* - колун; *2, 4* - отвальные поверхности соответственно правая и левая; *3* - ограждающая решетка; *5* - пилообразная режущая кромка

Иногда для срезки растительности при подготовительных работах используются машины с активными рабочими органами, такими как горизонтальные дисковые и цепные пилы, фрезерно-роторные измельчители и ножевые косилки. Производительность таких машин значительно выше, чем машин с отвалами, но их применение предполагает отбор мощности на рабочий орган и привлечение дополнительной техники для валки толстых стволов, сбора срезанной растительности, срезки и складирования дерна.

Корчеватели. Предназначены для очистки участков, отведенных под земляные работы, от оставшихся после кусторезов корней и пней, а также, для извлечения из грунта крупных камней. Они подразделяются на корчеватели и корчеватели-собиратели, различающиеся рабочим оборудованием и технологией работы. В обоих случаях в качестве базовой машины используется промышленный гусеничный трактор. Рабочее оборудование корчевателя представляет собой шарнирно - рычажную систему, установленную в задней части тягача.

Рыхлители. Предназначены для послойного разрыхления прочных талых и мерзлых грунтов, горных пород и дорожных покрытий с целью их последующей разработки и/или перемещения.

Рыхлительное оборудование монтируется на тягаче (как правило, промышленном гусеничном тракторе) и состоит из одного или нескольких рыхлительных зубьев, несущей металлоконструкции, воспринимающей рабочие усилия, и рычажного механизма (подвески), фиксирующего положение узлов рыхлителя относительно тягача (рис. 2.20). Обычно рыхлители устанавливаются в задней части тягачей, оснащенных бульдозерным оборудованием (рис. 2.21). Такая компоновка выравнивает давление гусениц бульдозерно - рыхлительного агрегата на опорную поверхность, что улучшает его тяговые характеристики, и позволяет обойтись одной машиной при совмещении бульдозерных и рыхлительных работ на одном объекте.

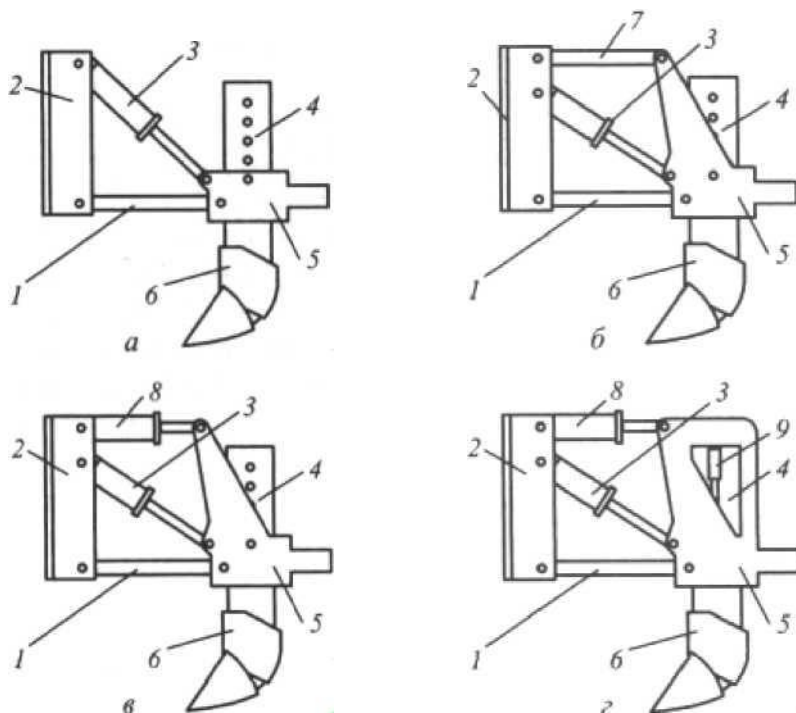


Рис. 2.20. Варианты компоновки и элементы рыхлительного оборудования: *а* - трехточечная подвеска; *б*, *в*, *г* - параллелограммная подвеска; 1 - нижняя тяговая рама; 2 – опорная рама, 3 - гидроцилиндр подъема/опускания зуба; 4 - стойка зуба; 5 - рабочая балка; 6 - наконечник зуба; 7 - верхняя тяговая рама; 8 - гидроцилиндр наклона рабочей балки; 9 - гидроцилиндр изменения вылета зуба

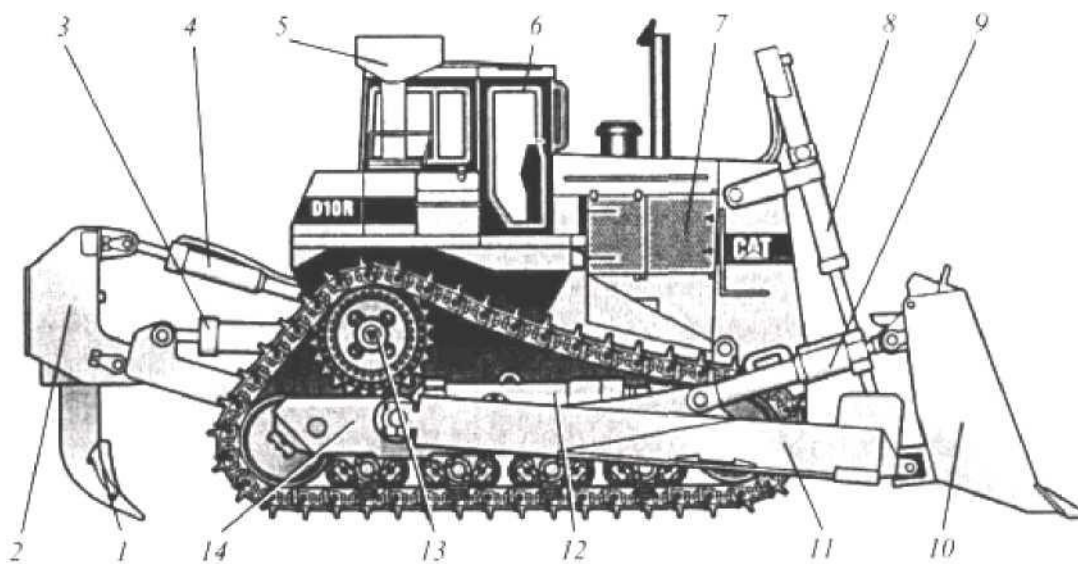


Рис. 2.21. Гусеничный бульдозерно -рыхлительный агрегат с треугольным контуром гусениц: 1 - зуб рыхлителя; 2 - рама рыхлителя; 3 - гидроцилиндр подъема/опускания рыхлителя; 4 - гидроцилиндр наклона зуба рыхлителя; 5 - конструкция ROPS; 6 - кабина; 7 - моторный отсек; 8 - гидроцилиндр подъема/опускания отвала; 9 - гидравлический подкос; 10 - бульдозерный отвал; 11 - толкающий брус; 12 - гидроцилиндр натяжения гусеницы; 13 - ведущая звездочка; 14 - рама гусеничной тележки

Все узлы и агрегаты базовых тягачей закрываются корпусными и облицовочными панелями, призванными защитить их от влаги, грязи и вандализма, а также обеспечить

звукоизоляцию и придать машине привлекательный внешний вид. Операторская кабина изолирует машиниста от внешней среды и служит центром управления работой машины. Специальные ограждения сохраняют жизненное пространство внутри кабины при опрокидывании машины (конструкции ROPS) или при падении на кабину тяжелых предметов (конструкции FOPS).

Заглубление зубьев рыхлителя в грунт начинается после движения тягача. Этим обеспечивается лучшее использование его силы тяги на начальном этапе процесса рыхления, когда сопротивление заглублению снижает сцепную массу машины.

При взламывании прочной корки (замерзший грунт, твердое покрытие), покрывающей менее прочное основание, практикуется работа из прямка предварительно отрытой выемки, достаточной для погружения зубьев рыхлителя и по глубине соответствующей заданной глубине рыхления. Глубина рыхления должна минимум на 20% превышать глубину копания следующих за рыхлителем машин, чтобы исключить соприкосновение их рабочих органов с неразрыхленным грунтом.

Землеройно-транспортные машины

Землеройно-транспортными называют машины с ножевым рабочим органом, выполняющие одновременно послойное отделение от массива и перемещение грунта к месту укладки при своем поступательном движении. К этой группе машин относятся: бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдеры. Первые два типа машин, особенно бульдозеры, широко используются в промышленном и гражданском строительстве.

Каждая модель землеройно-транспортной машины имеет индекс, включающий буквенные и цифровые обозначения. Две начальные буквы индекса ДЗ обозначает группу машин, последующие за ними цифры - порядковый номер регистрации модели, буквы после цифровой части индекса - порядковую модернизацию (А, Б, В.) и климатическое (северное С и ХЛ) исполнение машины. В индекс модернизированных самоходных скреперов кроме указанных выше букв могут быть включены буквы М и П. В индекс бульдозеров и скреперов с автоматизированной системой управления наличие последней обозначается цифрой 1, следующей через тире за основными цифрами индекса, а у модернизированных машин - после букв, обозначающих модернизацию. В индекс автогрейдеров после указанных выше цифр и букв включаются через тире цифры 1, 2, 4, 6, обозначающие их модификации.

Бульдозер - землеройно-транспортная машина на базе гусеничного трактора или колесного тягача со сменным навесным оборудованием для послойной разработки и перемещения грунта (см. рис. 2.22). Оборудование состоит из отвала - лобового щита с боковыми открьлками, рамы и механизма управления отвалом.

Применяются бульдозеры с неповоротным и поворотным отвалом. Неповоротный отвал установлен постоянно перпендикулярно продольной оси трактора, и бульдозер может перемещать грунт только впереди отвала. У бульдозеров второго типа отвал

можно повернуть в любую сторону и установить под углом 60 град. по отношению к продольной оси трактора и наклонить на 6...10 град. в вертикальной плоскости. Такой бульдозер может перемещать грунт в сторону и выполнять предварительные планировочные работы, т. е. имеет большие технологические возможности.

В транспортном положении отвал поднят, в рабочем - опущен на основание и при движении бульдозера врезается в грунт. По типу привода бульдозеры бывают: с механическим, гидравлическим и дизель-электрическим приводом. В бульдозерах применяются преимущественно гидравлические насосные и электрические системы управления.

По типу управления отвалом различают бульдозеры с канатным и гидравлическим управлением. Более эффективным является гидравлическое управление, обеспечивающее принудительное заглубление отвала, тогда как при канатном управлении он опускается на грунт только под действием собственной массы.

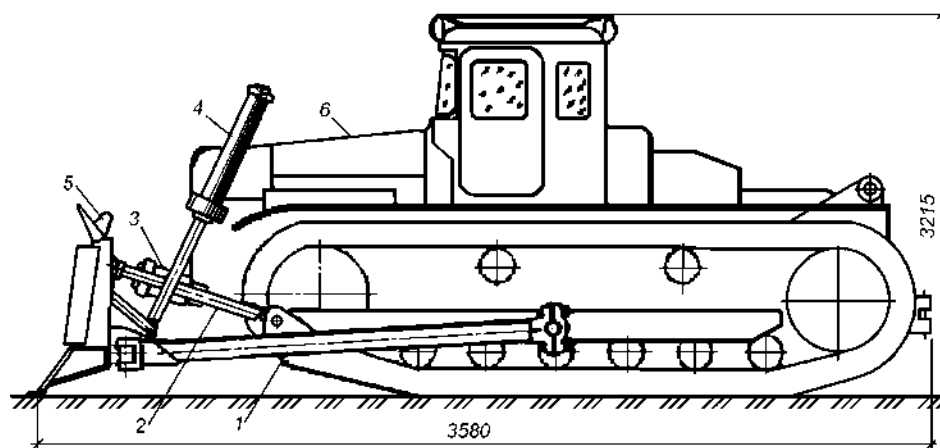


Рис. 2.22. Бульдозер: 1 - толкающая рама; 2 - откос; 3 - гидроцилиндр перекося; 4 - гидроцилиндр подъема - опускания; 5 - козырек; 6 - базовый трактор

Отвал сконструирован таким образом, чтобы обеспечить наиболее эффективную разработку, накопление грунта в призму и его перемещение. При движении бульдозера срезаемый слой грунта накапливается до тех пор, пока не достигнет верха отвала. В транспортном положении отвал поднимается на поверхность грунта, срезая неровности или, засыпая грунтом впадины, происходит планировка поверхности. Если же бульдозер делает послойную отсыпку насыпи, то отвал находится на расстоянии от основания, равном толщине отсыпаемого слоя.

Область применения бульдозеров: разработка и перемещение грунта на расстояние до 100 м при устройстве автодорожных и железнодорожных насыпей из резервов, сооружение плотин, устройство котлованов и каналов, планировка площадок и отделка земляных сооружений. Кроме этих основных работ бульдозер может выполнять многочисленные подготовительные, вспомогательные и хозяйственные работы. Это расчистка строительных площадок, очистка дорог и аэродромов от снега, уборка мусора и др. Бульдозеры работают и в комплекте с другими землеройными машинами,

выполняя, например, послойное разравнивание грунта для уплотнения при отсыпке насыпей автосамосвалами. Их используют также в качестве толкачей скреперов при наборе грунта. Для этой цели бульдозерный отвал оборудуют дополнительным навесным устройством - толкающей рамой. Мощные бульдозеры имеют в качестве навесного оборудования рыхлители, что существенно расширяет область их применения, позволяя использовать в плотных и мерзлых грунтах. Столь обширная область применения бульдозеров позволила сделать эти машины наиболее распространенными (наряду с экскаваторами) в строительстве. Ими выполняются около 40% общего объема земляных работ. В зависимости от технических и технологических характеристик земляных сооружений и видов выполняемых работ к бульдозерам предъявляют различные производственные требования и применяют машины, соответствующие этим требованиям мощностью, ходовым оборудованием, типом привода, наличием навесного оборудования и другими техническими характеристиками.

Главным параметром бульдозера является тяговый класс или тяговое усилие базового трактора (тягача). Наибольшее распространение в строительстве получили три группы бульдозеров: 1) легкие, с тяговым усилием до 60 кН; 2) средние, с тяговым усилием 100...150 кН; 3) тяжелые, с тяговым усилием 250 кН и выше. Машины первой группы применяют в основном как комплектующие на вспомогательных и хозяйственных работах, а в малогабаритном исполнении - в стесненных условиях. Машины второй группы используют на основных работах при разработке грунтов первой - третьей групп (с рыхлителями и более плотных), а тяжелые бульдозеры выполняют основные работы на крупных объектах и в районах с экстремальными природными условиями. Например, в группе тяжелых бульдозеров на тракторах тягового класса 25 распространен бульдозер ДЗ-118 с электромеханической трансмиссией и гидравлическим приводом, который обеспечивает подъем и опускание отвала на необходимую высоту или глубину и изменение угла резания. Бульдозер оборудован на базе промышленного трактора ДЭТ-250М мощностью 243 кВт. Такая мощность позволяет разрабатывать грунты любой категории, включая мерзлые и взорванные скальные породы.

Эксплуатационная среднечасовая производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) бульдозера при резании и перемещении грунта

$$P_{\text{э}} = 3600 V_{\text{гр}} K_{\text{у}} K_{\text{н}} K_{\text{в}} / T_{\text{ц}}$$

где $V_{\text{гр}}$ - геометрический объем грунта в призме, перемещаемой бульдозерным отвалом, м^3 ;

$$V_{\text{гр}} = B H^2 K_{\text{п}} / (2 r \cdot \text{tg} \varphi),$$

здесь B , H - соответственно длина и высота отвала, м; φ - угол естественного откоса грунта в движении ($\varphi = 35...45$ град.); $K_{\text{н}}$ - коэффициент наполнения геометрического объема призмы волочения грунтом ($K_{\text{н}} = 0,85...1,05$); $K_{\text{р}}$ - коэффициент разрыхления грунта ($K_{\text{р}} = 1,1...1,3$); $K_{\text{п}}$ - коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировке ($K_{\text{п}} = 1 - 0,005 L_{\text{п}}$); $K_{\text{у}}$ - коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность (при работе на подъемах от 5 до 15° $K_{\text{у}}$ уменьшается

от 0,67 до 0,4, при работе на уклонах от 5 до 15° K_u увеличивается с 1,35 до 2,25); K_B - коэффициент использования бульдозера по времени ($K_B = 0,8...0,9$); $T_{\text{ц}}$ - продолжительность цикла, с;

$$T_{\text{ц}} = L_p/V_p + L_{\text{п}}/V_{\text{п}} + L_o/V_o + t_{\text{п}},$$

где L_p , $L_{\text{п}}$, $L_o = L_p + L_{\text{п}}$ - длина соответственно участков резания, перемещения грунта и обратного хода бульдозера, м; V_p , $V_{\text{п}}$, V_o - скорости трактора при резании, перемещении грунта и обратном ходе, м/с; $t_{\text{п}}$ - время на переключение передач в течение цикла ($t_{\text{п}} = 15...20$ с).

Резание грунта производится на скорости 2,5...4,5 км/ч, перемещение грунта - на скорости 4,5...6 км/ч.

Таким образом, производительность бульдозера как машины циклического действия пропорциональна объему $V_{\text{ГР}}$ грунта, перемещаемому за цикл, и обратно пропорциональна времени цикла $T_{\text{ц}}$.

Способы повышения производительности бульдозера связаны с увеличением объема $V_{\text{ГР}}$ грунта в призме, перемещаемой отвалом, и сокращением продолжительности рабочего цикла $T_{\text{ц}}$. Объем $V_{\text{ГР}}$ грунта зависит от размеров, формы отвала, свойств грунта и технологической схемы производства работ. Естественно, чем мощнее базовый трактор, тем больше его отвал, тем выше производительность. Однако известны способы увеличения объема и без изменения мощности трактора. Производственно-технологические требования к характеристикам базового трактора определяются применительно к работе в наиболее сложных условиях - в плотных или мерзлых грунтах. Если же бульдозер работает в легких грунтах (песках, супесях) или под уклон, то его номинальное тяговое усилие может обеспечить разработку, накопление и перемещение большей призмы. Для этого бульдозеры (особенно мощные) комплектуют дополнительно сменным оборудованием: уширителями отвала, открьлками и др. С этой же целью применяют рациональные технологические схемы работы машин. Они позволяют уменьшить потери грунта при перемещении от места разработки в насыпь, которые достигают значительных размеров - 6...7% на каждый метр перемещения бульдозера в несвязных грунтах и 2,5...3% в связных грунтах. Эти потери можно уменьшить примерно вдвое при спаренной работе машин, отвалы которых располагаются одним фронтом на небольшом расстоянии - до 0,5 м один от другого. С этой же целью применяют траншейный способ разработки грунтов. Бульдозер перемещает грунт в траншее, стенки которой удерживают призму грунта.

Применяют также поэтапную схему перемещения грунта на значительные расстояния, при которой устраивают посередине каждой дальности груженого хода промежуточный отвал грунта (до 200 м). Такая схема также сокращает потери грунта и до 10% повышает производительность.

Второй путь повышения производительности бульдозера состоит в сокращении времени цикла $T_{\text{ц}}$. Он основан на тщательном анализе и сокращении продолжительности рабочих операций бульдозера.

Значительно возрастают скорости перемещения бульдозеров на колесном ходу, их производительность при работе в легких грунтах выше на 25...30%. Однако тяговое

усилие колесных тягачей по сцеплению с грунтом недостаточно для разработки, колеса пробуксовывают, изнашиваются, что приводит уже к необходимости оценивать не эффективность, а техническую возможность применения колесных бульдозеров в плотных и тем более скальных грунтах. По этой причине они получили небольшое распространение в строительстве, в основном как бульдозеры-погрузчики.

Важнейшим резервом повышения производительности бульдозера является оборудование его автоматическим устройством управления отвалом и эксплуатационным режимом.

Скреперы. Скрепер - землеройно-транспортная машина циклического действия, выполняющая послойную разработку грунта и набор ковша, транспортирование грунта в ковше к месту укладки, выгрузку с разравниванием и частичным уплотнением грунтов 1...4 категорий при инженерной подготовке территории под застройку, планировке кварталов, возведении насыпей, разработке широких траншей и выемок под различные сооружения и искусственные водоемы и др. В этой машине объединены землеройное и транспортное оборудование, что позволяет одному машинисту управлять процессами разработки и перемещения грунта. В результате снижаются трудоемкость и себестоимость возведения земляных сооружений. Основные агрегаты и узлы скрепера имеют по своему назначению такой же конструктивный замысел, как и у других машин для земляных работ (рис. 2.23). Рабочим оборудованием являются ковш 2, в передней части которого ножи, отверстие для набора и разгрузки грунта и заслонка 3.

Наиболее эффективно скреперы работают на непереувлажненных средних грунтах (супесях, суглинках, черноземах), не содержащих крупных каменистых включений. При разработке скреперами тяжелых грунтов их предварительно рыхлят на толщину срезаемой стружки.

Ковш скрепера на пневмоколесном ходу приводится в движение тягачом - гусеничным или пневмоколесным. Система управления рабочими органами - гидравлическая или канатная. Для набора ковш скрепера опущен на грунт, при движении тягача ножи с усилием гидропривода врезаются в грунт, стружка которого подается в ковш.

После наполнения ковша заслонка закрывается и для транспортирования ковш поднимается над грунтом.

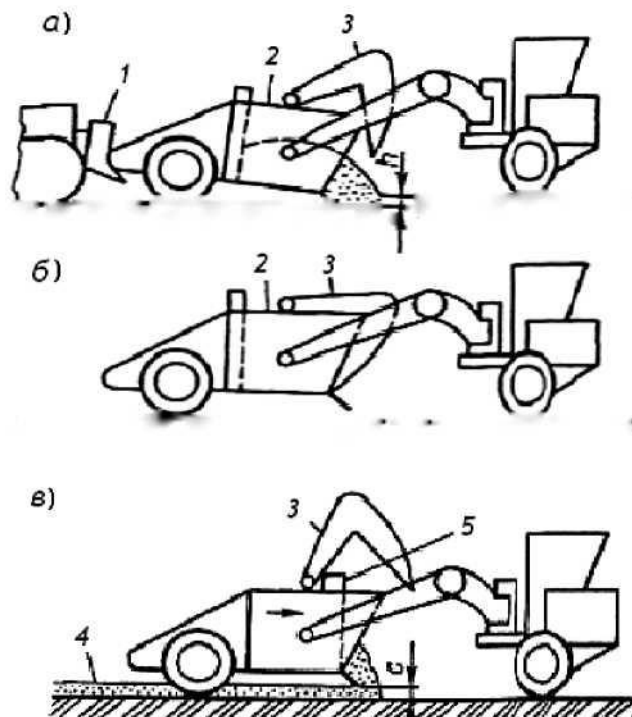


Рис. 2.23. Операции рабочего цикла самоходного скрепера: 1 - бульдозер-толкач; 2 - ковш; 3 - заслонка; 4 - слой укладываемого грунта; 5 - задняя стенка ковша; h - толщина срезаемого грунта; c - толщина укладываемого слоя грунта

При разгрузке грунта в насыпь скрепер продолжает движение, заслонку открывают, а ковш опускают так, чтобы расстояние между днищем и поверхностью было равно заданному слою отсыпаемого грунта. После разгрузки порожний скрепер возвращается к месту набора грунта - в выемку или карьер. По мере наполнения ковша растет сопротивление работе скрепера, которое должно преодолеваться тяговым усилием трактора или колесного тягача. Требуемое тяговое усилие как раз и входит в производственно-технологические требования к энергетическому обеспечению скрепера. Оно должно превышать величину наибольшего суммарного сопротивления работе скрепера, включающего четыре основных составляющих: сопротивление резанию грунта, сопротивление набора грунта в ковш на заключительной стадии его наполнения, сопротивление перемещению груженого скрепера и сопротивление призмы волочения грунта перед ковшом.

Дальность транспортировки грунта самоходными скреперами экономически эффективна на расстояние до 5000 м.

Скреперы широко используются в автодорожном и железнодорожном строительстве для возведения насыпей и разработки выемок, при строительстве гидротехнических сооружений, на вскрышных и многих других работах. Скреперы выполняют около 10% земляных работ. Их классифицируют: по способу соединения с тягачом - прицепные и самоходные (в том числе полуприцепные и седельные); по загрузке ковша - загружаемые тяговым усилием трактора-тягача (и толкача) и с

механизированной элеваторной загрузкой; по способу разгрузки ковша со свободной (самосвальной), полупринудительной и принудительной разгрузкой; по системе управления рабочим органом - с канатным и гидравлическим управлением.

Преимущественно распространены скреперы, загружаемые тяговым усилием - более простые по конструкции и надежные в эксплуатации. Поскольку тягового усилия тягачей (особенно колесных) для загрузки скрепера недостаточно, при наборе грунта применяют толкачи, а также технологию спаренной работы скреперов. В качестве толкачей обычно используют гусеничные тракторы с толкающим щитом.

Прицепные скреперы с гусеничными тракторами (тягачами) на легких и средних грунтах могут работать без толкачей.

При свободной (самосвальной) разгрузке, применяемой обычно на скреперах малой емкости, ковш, прикрепленный шарнирно к раме скрепера, опрокидывается вперед или назад при помощи канатной или гидравлической системы. Самосвальная разгрузка, отличаясь простотой конструкции, не обеспечивает полного опорожнения ковша при работе на липких и сырых грунтах.

При полупринудительной разгрузке, применяемой на скреперах средней и большой емкостей, ковш опорожняется поворотом вперед (по ходу) днища. Грунт при этом высыпается в щель, образующуюся между ножевой плитой и открытой заслонкой или повернутым днищем. Недостатком является неполная разгрузка ковша при работе на липких и влажных грунтах.

При принудительной разгрузке, применяемой на скреперах средней и большой емкости, ковш опорожняется движением вперед (по ходу) задней подвижной стенки полностью на любых грунтах. Разгрузка скрепера вперед позволяет регулировать толщину отсыпаемого слоя (подъемом ковша). При этом грунт планируется ножом или специальным скребком, что создает условия для высококачественного его уплотнения. Прицепные скреперы соединяют обычно с гусеничными тракторами и применяют при тяжелых условиях работы (переменный рельеф, бездорожье и т. п.) и для транспортирования грунта на расстояние 100...500 м (при транспортировке грунта на расстояние менее 100 м целесообразнее использовать бульдозеры).

Чтобы ускорить процесс загрузки ковша и повысить коэффициент его наполнения, применяют скреперы с элеваторной загрузкой. Элеваторы скребкового типа имеют реверс, что позволяет не только загружать, но и разгружать ковш. Такие скреперы с дополнительным механизмом загрузки естественно дороже на 15...20%, их масса больше на 10...20%. Однако потребность в тракторах-толкачах для набора грунта отпадает, повышается производительность. В связи с этим скреперы с элеваторной загрузкой эффективны при значительных объемах работ. Основные тенденции развития конструкции и расширения области применения скреперов состоят в следующем: повышение единичной мощности, увеличение выпуска машин с ковшем 15 и 25 м³. Такие скреперы позволяют снизить себестоимость работ на 20...25%, однако для их

работы необходимо более прочное основание землевозных дорог; повышение транспортных скоростей за счет производства дизель-электрических самоходных скреперов с установкой дополнительных электродвигателей в ходовом оборудовании (мотор - колеса); переход на гидравлическое управление рабочими операциями и принудительную загрузку ковша; совершенствование конструкции ковша, применение шин низкого давления, повышение мощности двигателей.

Эксплуатационная среднечасовая производительность скрепера ($\text{м}^3/\text{ч}$) в плотном теле

$$P_s = n Q K_n K_v / K_p,$$

где n - число циклов в час ($n = 3600 / T_{\text{ц}}$, где $T_{\text{ц}}$ - продолжительность одного рабочего цикла скрепера, с); Q - вместимость ковша скрепера, м^3 ; K_n , K_p - соответственно коэффициенты наполнения ковша ($K_n = 0,6 \dots 1,2$) и разрыхления грунта ($K_p = 1,1 \dots 1,3$); K_v - коэффициент использования скрепера в течение рабочей смены ($K_v = 0,8 \dots 0,9$). Составляющими цикла являются продолжительности набора ковша подъема полного ковша t_n , подъема полного ковша в транспортное положение $t_{\text{пк}}$, разгрузки в насыпь t_r , порожнего (обратного) хода в выемку $t_{\text{пх}}$, поворотов $t_{\text{п}}$, груженого хода $t_{\text{гр}}$. С увеличением дальности перемещения грунта производительность скреперов падает.

В строительстве используют самоходные скреперы с ковшами вместимостью 4,5, 8,3, 15, 16 и 25 м^3 .

Коэффициент наполнения ковша зависит от грунтов и составляет 0,7 для сухих песков и 1,2 для влажных суглинков. В мокрых грунтах скрепер применять нецелесообразно из-за налипания грунта в ковше.

Пути повышения производительности скреперов определяются рациональными технологическими схемами и правильным составом скреперного комплекта. Уменьшение времени набора ковша, и увеличение K_n обеспечивает применение тракторов-толкачей, сдвоенных скреперов и предварительное рыхление грунта.

Самоходные грейдеры (автогрейдеры).

Автогрейдеры представляют собой самоходные планировочно-профилировочные машины, основным рабочим органом которых служит полноповоротный грейдерный отвал с ножами, установленный под углом к продольной оси автогрейдера и размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования (рис. 2.24). При движении автогрейдера ножи срезают грунт, и отвал сдвигает его в сторону. Кроме основного оборудования - отвала на автогрейдер устанавливаются сменные рабочие органы: небольшой бульдозерный отвал, кирковщик для предварительного рыхления плотных и тяжелых грунтов, снегоочиститель, дорожную фрезу и др. Автогрейдер имеет гидравлическую систему управления основным отвалом, которая обеспечивает его поворот в плане на 360 град. и наклон вместе с тяговой рамой в пределах до 90 град.

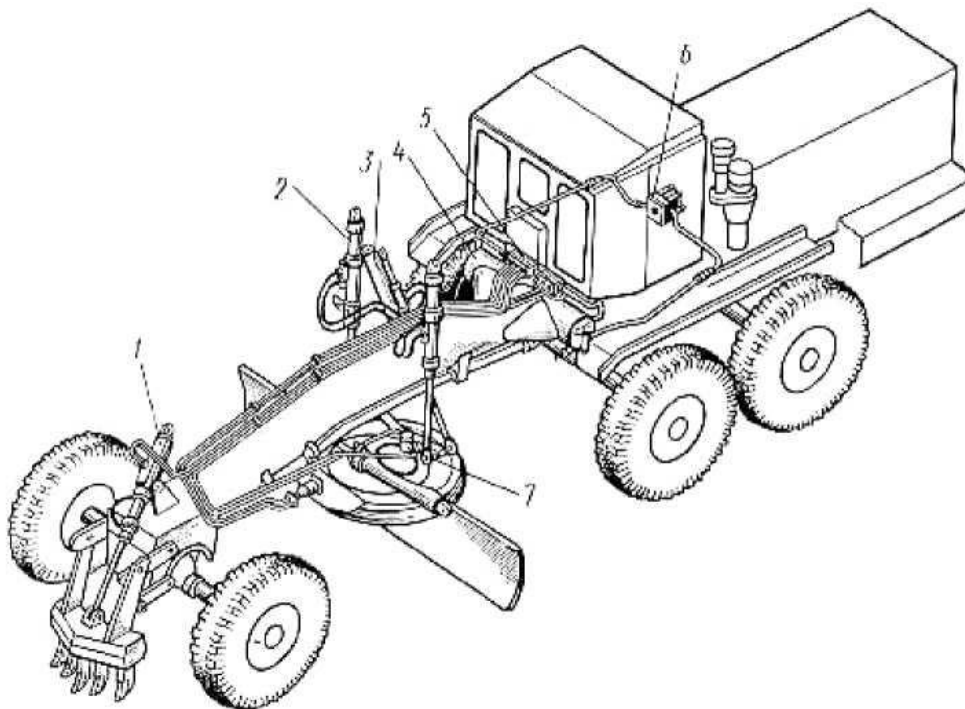


Рис. 2.24. Автогрейдер: 1, 2, 3 - гидродвигатели управления кирковщиком, наклоном и поворотом отвала; 4 - базовый тягач; 5 - распределитель; 6 - насос; 7 – поворотная колонка

Такая конструкция машины обеспечивает ее назначение и область применения: профилирование и отделка дорожного земляного полотна, устройство щебеночного, гравийного и песчаного дорожного покрытия, возведение невысоких (до 0,6 м) насыпей из боковых резервов, планировочные работы, очистка от снега и др. Основное назначение автогрейдера - профилирование дорожного земляного полотна. Чем больше сопротивление и тяжелее условия работы, тем мощнее должен быть автогрейдер. В зависимости от мощности двигателя и массы машины выпускают легкие (до 100 кВт; 9 т), средние (100...150 кВт; 10...15 т) и тяжелые (свыше 160 кВт; свыше 15 т) автогрейдеры. Легкие автогрейдеры используют для содержания автодорог, средние - в автодорожном строительстве в грунтах средней плотности, а тяжелые - при больших объемах земляных работ в плотных грунтах и устройстве дорожных покрытий.

Конструкция большинства автогрейдеров унифицирована, она включает основную раму, тяговую раму, поворотный круг с отвалом, двигатель, трансмиссию, ходовое оборудование и систему управления. Тяговое усилие, маневренность и устойчивость автогрейдера характеризуются схемой ходовой части. В зависимости от производственно-технологических требований и условий работы применяют (и для этой цели выпускаются промышленностью) автогрейдеры с различным количеством колес и ведущих осей, а также системой управления осями и наклоном колес. Колесная схема автогрейдера обозначается формулой А х Б х В, в которой, А- число осей с управляемыми колесами, Б - число ведущих осей, В - общее число осей. Наибольшее распространение получили автогрейдеры, колесная схема которых 1 х 2 х 3.

Промышленность выпускает базовые модели автогрейдеров: легкого типа - ДЗ-148 (взамен ДЗ-99); среднего типа - ДЗ-122А и ДЗ-143; и тяжелого типа - ДЗ-98А и ДЗ-140, которые имеют модификации, различающиеся между собой мощностью силовой установки, типом трансмиссии, наличием и типом автоматической системы управления отвалом, параметрами рабочего оборудования, типом рам.

Эксплуатационная производительность автогрейдера ($\text{м}^3/\text{ч}$) при резании и перемещении грунта

$$P_{\text{э}} = 3600 B \cdot L \cdot h K_{\text{в}} / (t_{\text{р}} + t_{\text{п}}) n,$$

где B - ширина полосы профилирования или планирования отвалом, м; L - длина участка, м; h - толщина срезаемой стружки; $K_{\text{в}}$ - коэффициент использования автогрейдера в течение рабочего дня, равен 0,8...0,95 в зависимости от квалификации обслуживающего персонала, технического состояния машины и организации работ; $t_{\text{р}}$ - время, затрачиваемое на один проход, с; $t_{\text{п}}$ - время, затрачиваемое на один поворот, с; n - необходимое число проходов автогрейдера по одному участку.

Способы повышения производительности автогрейдеров состоят в увеличении рабочей скорости движения машины, сокращении времени на подготовительные операции, сокращении потерь рабочего времени и уменьшении числа проходов по одному месту. Отдельные автогрейдеры могут оснащаться автоматической системой управления отвалом типа "Профиль", предназначенной для автоматической стабилизации отвала в поперечном и продольном направлениях, что позволяет существенно повысить производительность машины и точность обработки поверхности. На автогрейдерах устанавливаются автоматические системы "Профиль-10", "Профиль-20", "Профиль-30", «МОВА» и «САУРО».

Землеройные машины

Экскаваторы. Экскаваторы представляют собой самоходные землеройные машины, предназначенные для копания и перемещения грунта. Различают одноковшовые экскаваторы периодического (циклического) действия с основным рабочим органом в виде ковша определенной вместимости и экскаваторы непрерывного действия

с многоковшовыми, скребковыми и фрезерными (бесковшовыми) рабочими органами. Одноковшовые экскаваторы осуществляют работу отдельными многократно повторяющимися циклами, в течение которых операции копания и перемещения грунта выполняются раздельно и последовательно. В процессе работы машина периодически перемещается на небольшие расстояния для копания очередных объемов грунта. Экскаваторы непрерывного действия копание и перемещение грунта осуществляют одновременно и непрерывно. Производительность таких экскаваторов выше, чем одноковшовых, затрачивающих около 2/3 рабочего времени на перемещение грунта и рабочего оборудования.

По назначению одноковшовые экскаваторы делят на строительные универсальные для земляных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве, карьерные для разработки карьеров строительных материалов, рудных и угольных месторождений и вскрышные для разработки полезных ископаемых открытым способом. Экскаваторы непрерывного действия по назначению делят на машины продольного копания для рытья протяженных выемок прямоугольного и трапецеидального профиля - траншей под трубопроводы и коммуникации различного назначения (траншейные экскаваторы), каналов и водоводов (каналокопатели), поперечного копания для карьерных, планировочных и мелиоративных работ, радиального копания для вскрышных и карьерных работ большого объема.

В промышленном и гражданском строительстве преимущественно используются одноковшовые строительные и траншейные экскаваторы.

Одноковшовые строительные экскаваторы. Строительными называют одноковшовые универсальные экскаваторы с основными ковшами вместимостью 0,25...2,5 м³, оснащаемые различными видами сменного рабочего оборудования. Строительные экскаваторы предназначены для земляных работ в грунтах 1...4 категорий. С помощью унифицированного сменного рабочего оборудования (до 40 видов) они могут выполнять также погрузочно-разгрузочные, монтажные, сваебойные, планировочные, зачистные и другие работы.

Основными частями строительных экскаваторов являются гусеничное или пневмоколесное ходовое устройство, поворотная платформа (с размещенными на ней силовой установкой, механизмами, системой управления и кабиной машиниста) и сменное рабочее оборудование. Поворотная платформа опирается на ходовое устройство через унифицированный роликовый опорно-поворотный круг и может поворачиваться относительно него в горизонтальной плоскости.

Индексация. В индексе одноковшовых строительных экскаваторов, выпущенных до 1971 г., указываются номинальная для данной модели вместимость основного ковша, порядковый номер модели и модернизации. Например, Э-652Б - экскаватор с основным ковшом вместимостью 0,65 м³, модель 2, прошедшая вторую модернизацию.

Действующая система индексации предусматривает следующую структуру индекса (рис. 2.25), дающего более полную характеристику эксплуатационных возможностей машины. Буквы ЭО означают - экскаватор одноковшовый универсальный. Четыре основные цифры индекса последовательно означают: размерную группу машины, тип ходового устройства, конструктивное исполнение рабочего оборудования (вид подвески) и порядковый номер данной модели. Восемь размерных групп экскаваторов обозначаются цифрами с 1 по 8. Размер экскаватора характеризуют масса машины и мощность основного двигателя, а также геометрическая вместимость основного ковша.

Вместимость основных ковшей экскаваторов составляет: для 2-й размерной группы - $0,25...0,28 \text{ м}^3$, 3-й - $0,4...0,65 \text{ м}^3$, 4-й - $0,65... 1,0 \text{ м}^3$, 5-й - $1...1,6 \text{ м}^3$, 6-й - $1,6...2,5 \text{ м}^3$, 7-й - $2,5...4,0 \text{ м}^3$.

Тип ходового устройства указывается цифрами с 1 по 9. Цифра 1 означает гусеничное ходовое устройство (Г), 2 - гусеничное уширенное (ГУ), 3 - пневмоколесное (П), 4 - специальное шасси автомобильного типа (СШ), 5 - шасси грузового автомобиля (А), 6 - шасси серийного трактора (Тр), 7 - прицепное ходовое устройство (Пр.), 8, 9 - резерв. Конструктивное исполнение рабочего оборудования указывается цифрами 1 (с гибкой подвеской), 2 (с жесткой подвеской), 3 (телескопическое). Последняя цифра индекса означает порядковый номер модели экскаватора. Первая из дополнительных букв после цифрового индекса (А, Б, В и т.д.) означает порядковую модернизацию данной машины, последующие - вид климатического исполнения (С или ХЛ - северное, Т - тропическое, ТВ - для работы на влажных тропиках). Например, индекс ЭО-5123ХЛ расшифровывается так: экскаватор одноковшовый универсальный, 5-ой размерной группы, на гусеничном ходовом устройстве, с жесткой подвеской рабочего оборудования, третья модель в северном исполнении. Экскаватор оборудуется основным ковшом вместимостью 1 м^3 , соответствующим 5-й размерной группе, и сменными вместимостью $1,25$ и $1,6 \text{ м}^3$.

Между требуемой мощностью силовой установки N (кВт) экскаватора на гусеничном ходу и его главным параметром - вместимостью ковша q имеет место зависимость $N = 89q$. Мощность силовой установки пневмоколесных экскаваторов должна быть еще выше на 25...30% для обеспечения необходимых скоростей передвижения и повышения мобильности машины.

Рабочее оборудование гидравлического экскаватора с наиболее распространенным ковшом обратная лопата (рис. 2.26) состоит из стрелы, которая включает верхнюю и нижнюю шарнирно соединенные части, рукояти и ковша. Такой механизм позволяет совершать отдельные рабочие операции стрелой, рукоятью и ковшом, а также сочетать их в технологически требуемой последовательности. При этом реализуются значительные усилия копания, так как отбор грунта воспринимается не только массой рабочего оборудования, но и массой всей машины; улучшается управление ковшом. Рабочее оборудование шарнирно крепится к поворотной платформе.

На поворотной платформе расположены также дизель, гидронасос с регулятором расхода рабочей жидкости, механизм поворота и противовес. Принцип действия механизма поворота состоит в передаче вращения от гидромотора к планетарному редуктору, который увеличивает крутящий момент и уменьшает частоту вращения платформы. Поворотная платформа опирается на ходовое оборудование.

Гидропривод ходового оборудования - пневмоколесного или гусеничного хода - состоит из гидромоторов, редукторов, тормозного устройства и ходовой рамы. Гидроцилиндры всех механизмов экскаватора в основном унифицированы и отличаются только ходом поршня. Экскаваторы с гибкой подвеской рабочего органа имеют механический или дизель-электрический привод (у мощных машин) и блочно-канатный механизм управления рабочим оборудованием. Строительные экскаваторы выпускаются с ковшом 0,4; 0,65; 1,0 и 2,5 м³.

Полноповоротные экскаваторы монтируются на гусеничном или пневмоколесном шасси. Количество моделей гусеничных экскаваторов намного больше, чем пневмоколесных, что отражает соотношение между различными условиями эксплуатации.

Гусеничный движитель лучше приспособлен к грунтам с малой несущей способностью и обеспечивает экскаватору лучшую устойчивость к опрокидыванию и протаскиванию, повышенную проходимость по неровной местности и на слабых грунтах, большую маневренность в стесненных условиях и меньшую стоимость. Но перебазировка гусеничных машин требует больших затрат времени, привлечения специальных транспортных средств и соблюдения правил перевозки, оговариваемых транспортным законодательством.



Рис. 2.26. Гусеничный одноковшовый полноповоротный экскаватор

Пневмоколесные машины более эффективны при частых перебросках машин между объектами и эксплуатации их на твердых поверхностях, выдерживающих достаточно высокое удельное давление, что наиболее характерно для городов.

Пневмоколесный движитель обеспечивает экскаватору более высокие транспортные скорости; меньшую массу шасси; меньший объем работ по обслуживанию; сохранность твердых и улучшенных покрытий дорог; меньший шум при передвижении. Колесные машины - это, как правило, варианты гусеничных прототипов, смонтированные на пневмоколесном шасси. Масса пневмоколесных строительных экскаваторов обычно не превышает 22 т, поскольку габариты более тяжелых машин лишают их главного преимущества - мобильности. Эластичность пневмоколес обуславливает обязательное использование на пневмоколесном экскаваторе выносных опор, а также бульдозерного отвала (рис. 2.27), используемого и по прямому назначению, и как опора и противовес.

Колесно-рельсовый, комбинированный и плавучий движители применяются в ситуациях, когда ни гусеничный, ни пневмоколесный движитель не подходят по условиям эксплуатации.



Рис. 2.27. Пневмоколесный одноковшовый полноповоротный экскаватор

Полноповоротные экскаваторы, принадлежащие к разным размерным группам, отличаются не только массой, но и другими особенностями. Так, мини-экскаваторы (рис. 2.28), как правило, монтируются на гусеничном шасси, оснащаются бульдозерным отвалом, а их рабочее оборудование может вращаться в плане относительно поворотной платформы на угол, чуть меньший ± 90 град.

В наборе оборудования механических экскаваторов следует выделить драглайн. Это рабочее оборудование отличается большим радиусом действия и глубиной копания. Оно состоит из стрелы (удлиненной решетчатой конструкции), тягового, подъемного и стрелового канатов, ковша с подвеской. Такая канатная система позволяет реализовать основное преимущество драглайна даже перед гидравлическими экскаваторами - возможность работать в глубоких выемках и планировать откосы с большими рабочими отметками.



Рис. 2.28. Мини-экскаватор

Эксплуатационная производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) одноковшового экскаватора

$$P_{\text{э}} = n q K_{\text{н}} K_{\text{в}} / K_{\text{р}},$$

где q - вместимость ковша, м^3 ; $K_{\text{н}}$ - коэффициент наполнения ковша ($K_{\text{н}} = 1 \dots 1,3$); $K_{\text{р}}$ - коэффициент разрыхления грунта ($K_{\text{р}} = 1,15 \dots 1,4$); $K_{\text{в}}$ - коэффициент использования экскаватора по времени в течение рабочей смены; n - число циклов за час работы; $n = 3600 / T_{\text{ц}}$ (где $T_{\text{ц}}$ - продолжительность цикла работы экскаватора, с).

Как и у других машин циклического действия, производительность пропорциональна главному параметру q и обратно пропорциональна продолжительности $T_{\text{ц}}$ цикла:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{к}} + t_{\text{пв}} + t_{\text{в}} + t_{\text{пз}},$$

где $t_{\text{к}}$, $t_{\text{пв}}$, $t_{\text{в}}$, $t_{\text{пз}}$ - соответственно продолжительность копания, поворота на выгрузку, выгрузки, и поворота в забой, с.

Коэффициент наполнения ковша зависит от вида оборудования и плотности и влажности грунта. Наибольшее наполнение ковша у прямой и обратной лопаты. В песках $K_{\text{н}} = 1,02$, а в глинах - 1,18. Во влажных грунтах его значение равно соответственно 1,15...1,35. Вместе с тем в мокрых глинистых грунтах коэффициент наполнения снижается на 10... 15%. Для драглайна величина $K_{\text{р}}$ меньше на 10... 15%, чем для прямой и обратной лопаты. Продолжительность рабочего цикла у экскаваторов с жесткой подвеской рабочего оборудования меньше на 5...15% в связи с меньшим временем выполнения рабочих операций (особенно набора ковша) гидроприводом по сравнению с механическим приводом. Однако реализация данного преимущества возможна лишь при повышении качества изготовления элементов гидросистемы. Время цикла обратной лопаты больше, чем прямой, до 20...25%, а у драглайна еще больше примерно на 25...30%, чем у прямой лопаты, соответственно меньше производительность. Вместе с тем делать вывод о том, какое сменное оборудование

эффективнее, необходимо с тщательным учетом особенности объекта. Каждое оборудование имеет свою область рационального применения. Например, прямая лопата в принципе непригодна для разработки мокрых выемок и котлованов.

Пути повышения производительности одноковшовых экскаваторов состоят в сокращении за счет рациональных технологических схем продолжительности цикла, правильном выборе и при необходимости своевременной замены рабочего оборудования. Важную роль играет правильный подбор экскаваторных комплектов. Рациональное соотношение вместимости ковша и грузоподъемности автосамосвалов сокращает время технологических перерывов на замену транспортных средств при работе экскаватора с погрузкой грунта.

Формирование комплектов машин заключается в выборе в соответствии с технологическими схемами моделей и количества комплектующих машин, обеспечивающих по своим параметрам наиболее эффективное выполнение заданного на объекте объема работ. Этому требованию наиболее полно соответствует критерий - минимальный размер приведенных удельных затрат на 1 м³ конечной продукции.

На выбор моделей и числа автосамосвалов влияют два противоположно действующих фактора. С увеличением грузоподъемности уменьшаются простои экскаватора для смены автосамосвалов, растет его выработка. Вместе с тем лишние автосамосвалы увеличивают стоимость комплекта. Рациональное соотношение q/Q равно примерно 1:10. Это значит, что в комплекте с экскаваторами с ковшом 0,65м³ целесообразно использовать автосамосвалы МАЗ грузоподъемностью 7 т, с ковшом 1м³- КамАЗ и КрАЗ грузоподъемностью 9...12 т, а с ковшом 2,5м³ - автосамосвалы БелАЗ, 25т.

Количество автосамосвалов может быть примерно определено по формуле

$$N = P_{Э} / P_{А} ,$$

где $P_{Э}$, $P_{А}$ - соответственно среднечасовая производительность экскаватора и автосамосвала.

В зарубежном экскаваторостроении большинство моделей гидравлических экскаваторов имеют шарнирно-сочлененное рабочее оборудование обратной лопаты, состоящее из моноблочной либо составной стрелы с комплектом сменных рукоятей и ковшей. В набор сменного рабочего оборудования экскаватора включают как моноблочную, так и составную стрелы. Применяют и конструкции шарнирно-сочлененного рабочего оборудования, позволяющие с помощью дополнительных гидромеханизмов изменять геометрические параметры.

Ряд моделей гидравлических экскаваторов имеет телескопическое рабочее оборудование, обеспечивающее выполнение не только землеройных, но и планировочных работ.

Совершенствование технологических возможностей гидравлических экскаваторов направлено на увеличение углов поворота стрелы, рукоятки и ковша, внедрение приборов и систем контроля за его положением, а также к снижению времени на замену

рабочих органов. Емкости сменных ковшей выбирают исходя из объемной массы разрабатываемого грунта и грузовой характеристики экскаватора.

Для повышения надежности и долговечности рабочего оборудования используют стали повышенной прочности для изготовления стрелы и рукояти, износостойкие стали для ковша. Установка литых элементов, сваренных в металлоконструкции в местах наибольших нагрузок, применение закаленных хромированных деталей в кинематических парах в сочетании с их уплотнением позволяют значительно повысить срок службы рабочего оборудования и упростить его техническое обслуживание.

Траншейные экскаваторы. Траншейные экскаваторы представляют собой самоходные землеройные машины непрерывного действия с многоковшовым и бесковшовым (скребковым) рабочим органом, которые при своем поступательном движении разрабатывают сзади себя за один проход траншею определенной ширины, глубины и профиля с одновременной транспортировкой грунта в сторону от траншеи. Производительность траншейных экскаваторов, постоянно передвигающихся во время работы и отделяющих грунт от массива с помощью группы непрерывно движущихся по замкнутому контуру ковшей или скребков, в 2...2,5 раза выше, чем у одноковшовых машин, при более высоком качестве работ и меньших энергозатратах на 1 м³ разработанного грунта. Причем траншейные экскаваторы способны разрабатывать как немерзлые, так и мерзлые грунты. Главным параметром экскаваторов является номинальная глубина отрываемой траншеи.

Каждый траншейный экскаватор состоит из трех основных частей: базового пневмоколесного или гусеничного тягача, обеспечивающего поступательное движение (подачу) машины; рабочего оборудования, включающего рабочий орган для копания траншей и поперечное (к продольной оси движения машины) отвальное устройство для эвакуации разработанного грунта в отвал или транспортные средства; вспомогательного оборудования для подъема-опускания рабочего органа и отвального устройства.

Классификация и индексация. Траншейные экскаваторы классифицируют по следующим основным признакам: по типу рабочего органа - на цепные (ЭТЦ) и роторные (ЭТР); по способу соединения рабочего оборудования с базовым тягачом - с навесным и полуприцепным рабочим оборудованием; по типу ходового устройства базового тягача - на гусеничные и пневмоколесные; по типу привода - с механическим, гидравлическим, электрическим и комбинированным приводом. Наибольшее распространение получили машины с комбинированным приводом.

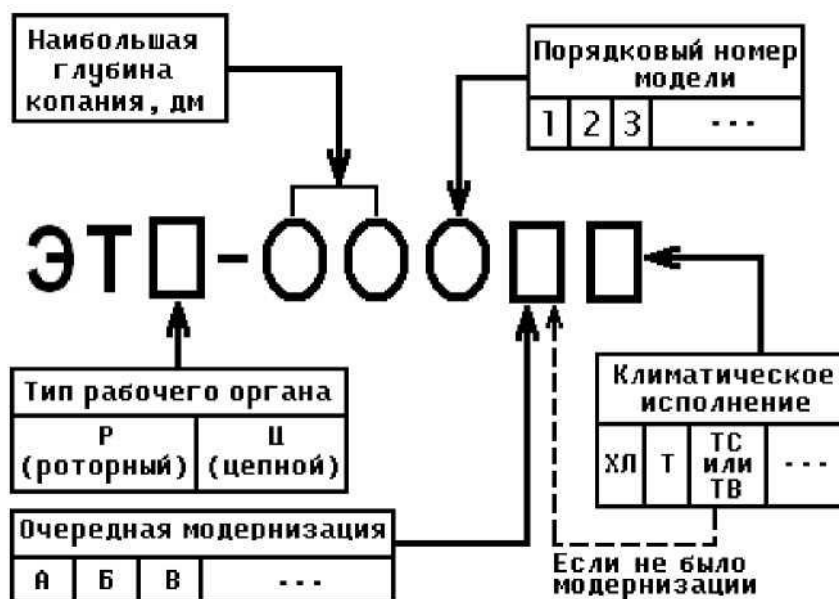


Рис. 2.29. Структура индексации траншейных экскаваторов

В индексе траншейных экскаваторов первые две буквы ЭТ означают - экскаватор траншейный, а третья - тип рабочего органа (Ц - цепной, Р - роторный). Первые две цифры индекса обозначают наибольшую глубину отрываемой траншеи (в дм), третья - порядковый номер модели. Первая из дополнительных букв после цифрового индекса (А, Б, В и т.д.) означает порядковую модернизацию машины, последующие - вид специального климатического исполнения (ХЛ - северное, Т - тропическое, ТВ - для работы во влажных тропиках). Например, индекс ЭТЦ-252А обозначает: экскаватор траншейный цепной, глубина копания 25 дм, вторая модель - 2, прошедшая первую модернизацию - А.

Рабочим органом цепных экскаваторов является однорядная или двухрядная свободно провисающая бесконечная цепь, огибающая наклонную раму и несущая на себе ковши или скребки.

Рабочим органом роторных экскаваторов (рис. 2.30) является жесткий ротор (колесо) с ковшами или скребками, вращающимися на роликах рамы. Ширина отрываемых рабочими органами ЭТЦ и ЭТР траншей прямоугольного профиля зависит от ширины ковша или скребка и расположения на них режущих элементов. На один и тот же базовый тягач могут быть навешены сменные рабочие органы с различной шириной и количеством ковшей (скребков) для рытья траншей с различными параметрами профиля. Для получения траншей трапецеидального профиля рабочие органы ЭТЦ и ЭТР оборудуют активными и пассивными откосообразователями.

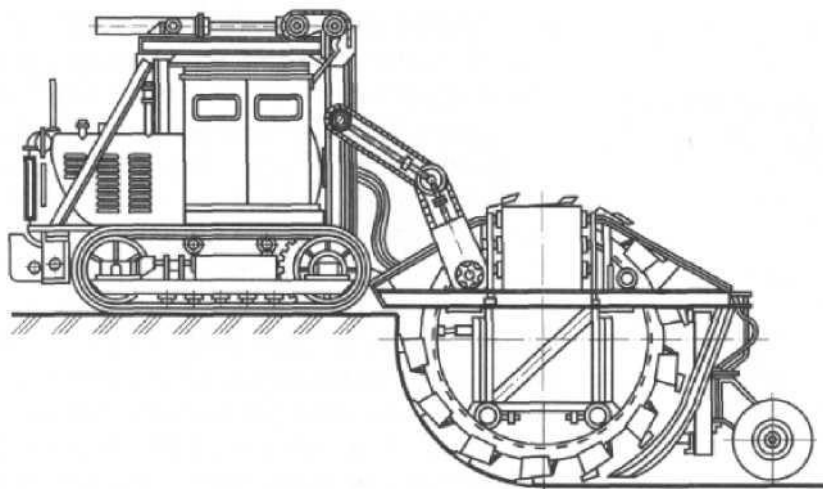


Рис. 2.30. Прицепной траншейный роторный экскаватор с гусеничным тягачом

Машины данного типа сконструированы так, чтобы устранить недостатки циклической экскавации, при которой в течение только около 30 % рабочего времени идет разработка грунта, а остальное время расходуется на маневры рабочим органом и перемещение машины в забое. Принципиальная особенность конструкции заключается в совмещении операций резания, транспортирования и разгрузки грунта.

Наибольшее распространение получили экскаваторы продольного копания. Они предназначены для разработки траншей под кабели связи и трубопроводы, каналов и других выемок с однотипным поперечным сечением.

Рабочее оборудование траншейного цепного экскаватора - цепь с ковшами или скребками приводится в действие ведущей звездочкой. Экскаватор имеет механический или гидравлический привод, а базовой машиной служит трактор, тягач или железнодорожная дрезина. У траншейных роторных экскаваторов ковши укреплены на колесе (роторе).

При прохождении ковшей через верхнюю часть цепи или ротора грунт разгружается на конвейер или другие отвальные устройства и поступает в отвал или на транспортные средства. Рабочий орган траншейного экскаватора - ковш имеет форму, соответствующую прямоугольному или трапецеидальному сечению траншеи, что позволяет ликвидировать финишные операции и снизить затраты труда на отделочных работах.

При малой ширине траншеи, а также для траншейной укладки кабеля вместо ковшей применяют скребки. Они выносят грунт из траншеи или щели на поверхность. В сторону от траншеи грунт сдвигается шнековым устройством.

В экскаваторе предусмотрено управление рабочим оборудованием. Ковшовую цепь или ротор с помощью гидродвигателя опускают на грунт или поднимают в транспортное положение. Конвейер можно сдвигать на правую или левую сторону экскаватора для подачи грунта в нужную сторону траншеи. Длина конвейера 2...4 м.

Экскаваторы оборудованы также автоматическими устройствами для контроля и регулирования глубины траншеи.

Траншейные цепные экскаваторы позволяют механизировать не только земляные работы, но и укладку дренажных труб и фильтрующего материала при устройстве дренажей. Для этой цели к базовому тягачу крепят дополнительное оборудование - барабан с бухтой пластмассовой дренажной трубки. По мере продвижения экскаватора дренажная трубка сматывается и укладывается на дно траншеи. Заданный уклон дна и дренажной трубки выдерживается с помощью электрогидравлической системы управления и копирной проволоки.

Основным эксплуатационным недостатком цепных экскаваторов является повышенный износ цепей, работающих в абразивной среде.

Траншейные роторные экскаваторы (рис. 2.30) имеют по сравнению с цепными (рис. 2.31) более высокий КПД и большую производительность, так как условия работы ковшей на роторе более благоприятные, чем на цепи. Однако для разработки траншей одинаковой глубины габаритные размеры ротора должны быть больше, чем цепной рабочий орган, в связи с чем масса и размеры экскаватора увеличиваются. Их применяют на устройстве линейных земляных сооружений большой протяжённости, чтобы уменьшить число перебазировок между объектами.

Роторная конструкция рабочего оборудования, обеспечивающая высокую производительность, используется в экскаваторах радиального копания, предназначенных для производства вскрышных и добычных работ в карьерах строительных материалов, в мелиоративном строительстве и других особо крупных объектах. Экскаватор имеет шарнирно-подвижную стрелу с ротором, которая может подниматься, опускаться и поворачиваться вместе с поворотной платформой машины.

Ковши разрабатывают грунт и разгружают его отвальный конвейер. С конвейера грунт подается в отвал или на транспортные средства (железнодорожный карьерный транспорт или автосамосвалы большой грузоподъемности). Промышленность выпускает экскаваторы с диаметром роторного колеса до 16,5 м и вместимостью ковша до 4000 л. Высота разрабатываемого забоя - до 70 м. В карьерах применяют и экскаваторы поперечного копания. Рабочее оборудование этих машин - жестко направленная ковшовая цепь при перемещении экскаватора по дну или по верхней отметке карьера, разрабатывает откосы и подает грунт на отвальный конвейер.

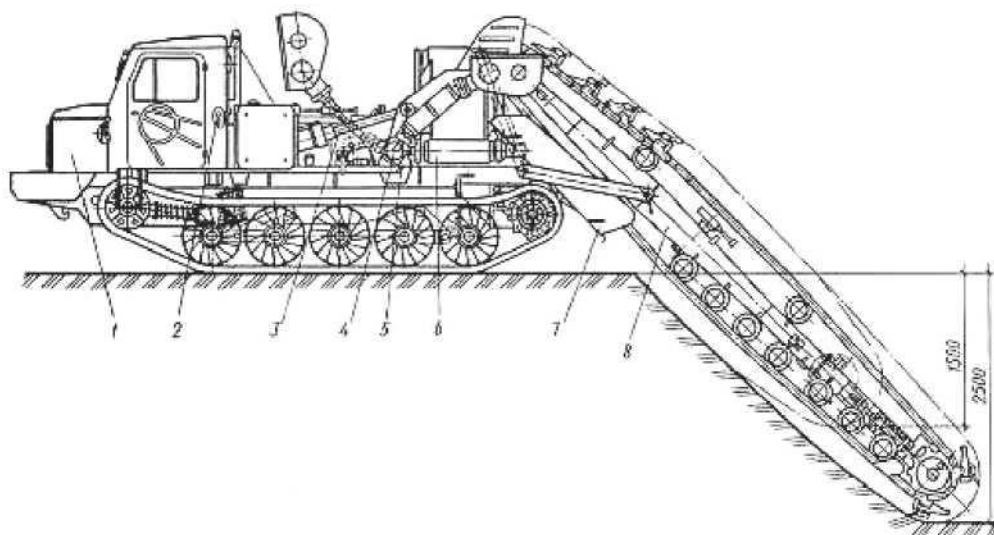


Рис. 2.31. Траншейный цепной экскаватор: 1 - двигатель; 2 - кабина; 3 - гидропривод; 4 - трансмиссия; 5 - механизм подъема и опускания рабочего органа; 6 - конвейер; 7 - облицовка экскаватора; 8 - рабочий орган

Экскаваторы поперечного и радиального копания имеют наиболее высокую производительность среди землеройных машин, однако, область их применения узкоспециализирована.

Они применяются при выполнении больших объемов работ в карьерах и крупных выемках. Это объясняется недостаточной мобильностью, так как для перебазировки даже небольших машин между объектами необходим частичный демонтаж при погрузке на трейлер.

Эксплуатационная производительность экскаваторов непрерывного действия ($\text{м}^3/\text{ч}$):

$$P_{\text{э}} = 3,6 V_{\text{ц}} q_{\text{к}} K_{\text{н}} K_{\text{в}} / T_{\text{к}} K_{\text{р}},$$

где $V_{\text{ц}}$ – скорость движения ковшовой цепи или ротора, м/с; $q_{\text{к}}$ – вместимость ковша; $T_{\text{к}}$ – расстояние между ковшами (шаг ковшей), м; $K_{\text{н}}$, $K_{\text{р}}$ – соответственно коэффициенты наполнения ковшей и разрыхления грунта; $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования многоковшового экскаватора по времени в течение рабочего дня.

Производительность определяется в основном техническими характеристиками экскаватора: скоростью движения и параметрами рабочего оборудования. Например, вместимость ковшей роторного экскаватора ЭТР-100, применяемого в строительстве – 100 л, высота разрабатываемого забоя до 7,5 м, наибольший радиус копания 1,5 м. Ротор диаметром 3,9 м имеет девять ковшей, частота его вращения до 10 1/мин. Коэффициент наполнения ковшей 0,8...1,1. Производительность – до 500 $\text{м}^3/\text{ч}$.

Однако способы повышения производительности связаны в первую очередь с улучшением использования высокопроизводительной машины. Относительно низкий $K_{\text{в}} = 0,6$ связан со значительными потерями рабочего времени, которые объясняются особенностями конструкции машин и технологии непрерывной разработки грунтов.

Рабочие органы машины работают в абразивной среде, воспринимают значительные усилия и требуют больших затрат времени на техническую эксплуатацию. Машины имеют большие габаритные размеры, что усложняет процессы перебазировок.

Сложности возникают и при разработке грунта с погрузкой в транспортные средства, особенно в автосамосвалы. Для поддержания непрерывного процесса работы экскаватора автомобиля должны становиться под погрузку по несколько единиц, что приводит уже к потерям рабочего времени на транспортных операциях и, как следствие, увеличению себестоимости разработки грунтов. Поэтому для транспортирования грунта от роторных экскаваторов лучше применять железнодорожные составы или конвейеры.

Эти обстоятельства и объясняют тот факт, что экскаваторы поперечного и радиального копания находят применение в основном на крупных объектах в промышленности строительных материалов и погрузочно-разгрузочных работах. Их доля в общем объеме земляных работ не превышает 5%.

Имеются также ограничения по грунтам: экскаваторы плохо разрабатывают плотные грунты выше III группы, мерзлые и содержащие крупные каменные включения грунты.

Тема 5. Машины для производства строительных смесей Машины и оборудование для измельчения каменных материалов

Измельчение является процессом последовательного уменьшения размеров кусков твердого материала от первоначальной крупности до требуемой. При производстве щебня в результате измельчения получается готовый продукт. В других случаях этот процесс является подготовительным для дальнейшей переработки, например, при производстве цемента. В зависимости от начальной и конечной крупности кусков материала различают два основных вида процесса измельчения: дробление и помол. В зависимости от крупности конечного продукта различают: дробление - крупное (размер кусков 100...350 мм), среднее (40...100 мм), мелкое (5...40 мм); помол - грубый (размер частиц 5...0,1 мм), тонкий (0,1...0,05 мм), сверхтонкий (менее 0,05 мм).

Свойства измельчаемых материалов и требования к продуктам дробления. Сырьем при производстве многих строительных материалов служат горные породы. Основные физико-механические свойства горных пород, влияющие на технические параметры перерабатывающих машин, определяют следующие характеристики: прочность, хрупкость, абразивность, крупность, плотность, удельный вес.

Прочность - способность горной породы сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих в результате внешней нагрузки или других причин.

Предел прочности при сжатии (Па)

$$S_{сж} = P/F,$$

где P - разрушающее усилие, Н; F - площадь поперечного сечения, м².

Испытанию подвергают не менее пяти образцов с последующим определением среднеарифметического значения. По пределу прочности при сжатии горные породы разделяют на категории: особо прочные - от 250 МПа и более, прочные - 150...250 МПа; средней прочности - 80...150 МПа; мягкие - менее 80 МПа. Важным показателем прочности горной породы является также прочность на разрыв.

Хрупкость характеризуется способностью горной породы разрушаться при ударной нагрузке без заметных пластических деформаций. Хрупкие горные породы обладают малой разницей между пределом прочности при сжатии и пределом прочности при растяжении. Хрупкость горной породы определяют на копре числом ударов гири массой 2 кг, падающей каждый раз с высоты, превышающей на 1 см высоту предшествующего удара до разрушения образца. По показателю хрупкости, определяемой числом ударов, породы разделяют на очень хрупкие (до 2 ударов), хрупкие (2 ... 5 ударов), вязкие (5...10 ударов), очень вязкие (более 10 ударов).

Абразивность характеризуется способностью материала изнашивать рабочие органы машин. Абразивность горных пород важно знать при определении рациональной области использования оборудования для переработки пород. По методике 10 категорий показателя абразивности определяют износом эталонных бил в граммах, отнесенных к 1 т переработанного материала, с помощью прибора, представляющего собой роторную дробилку, при окружной скорости 30 м/с. Неабразивные материалы категории 0 (тальк, аргиллит) имеют показатель абразивности 1 г/т, малоабразивные категории I - III (известняк, мрамор, алевролит) 1...8 г/т, среднеабразивные категории IV - VI (известняк, песчаник, кирпич) 8...65 г/т, высокоабразивные категории VII - IX (гранит, базальт, кварцит) 65...500 г/т.

Классификация методов и машин для измельчения материалов. В зависимости от назначения и принципа действия машин, предназначенных для измельчения материалов, используются следующие методы разрушения: раздавливание (рис. 2.32, а), ударное воздействие (рис. 2.32, б), раскалывание (рис. 2.32, в), излом (рис. 2.32, г), истирание (рис. 2.32, д). При этом одновременно могут реализоваться несколько методов, например, раздавливание и истирание, удар и истирание и др. Необходимость в различных методах измельчения, а также в различных по принципу действия конструкциях и размерах машин для измельчения вызывается многообразием свойств и размеров измельчаемых материалов, а также различными требованиями к крупности готового продукта. Применяемые для измельчения машины разделяют на дробилки и мельницы.

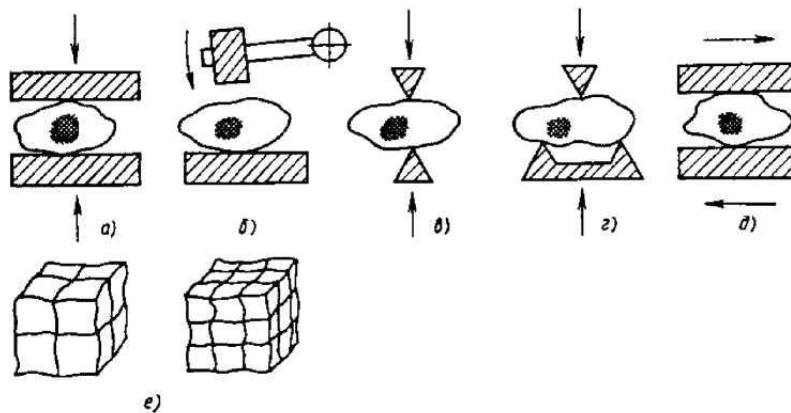


Рис. 2.32. Схема основных методов механического измельчения: *а* - раздавливание; *б* - удар; *в* - раскалывание; *г* - излом; *д* - истирание; *е* - схема разделения куба на части при дроблении

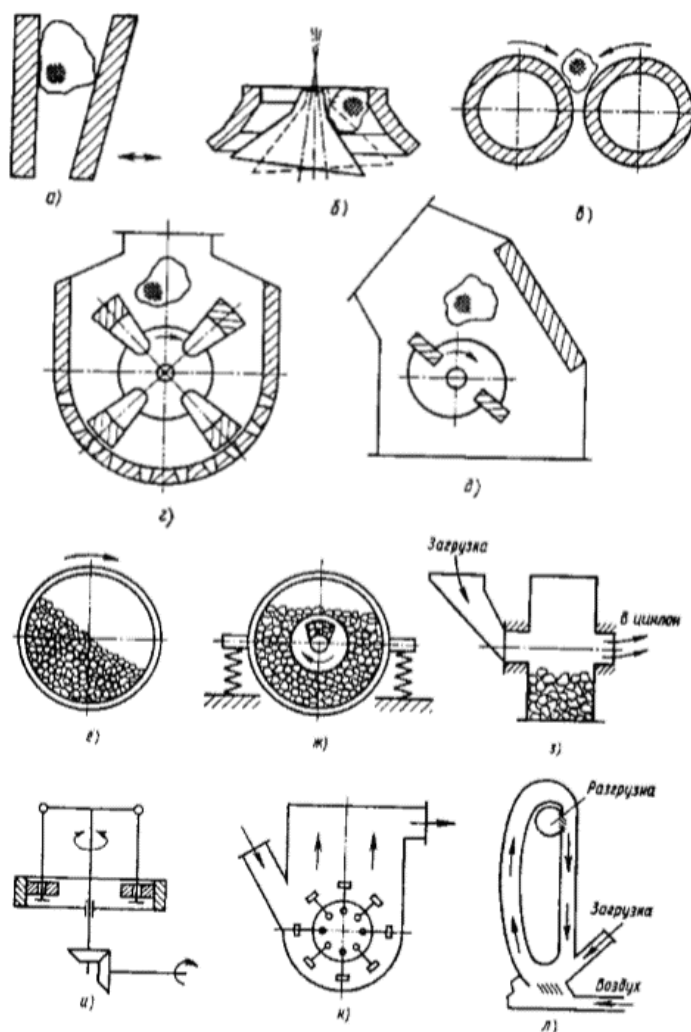


Рис. 2.33. Схема принципов действия машин для дробления: *а* - щековая дробилка; *б* - конусная; *в* - валковая ударного действия; *г* - молотковая дробилка; *д* - роторная для помола каменных материалов; *е* - вращающиеся с мелющими телами; *ж* - вибрирующие с мелющими телами; *з* - истиранием частиц материала друг о друга; *и* - среднеходовые роликовые; *к* - ударные; *л* - струйные

Дробилки по принципу действия разделяют на щековые (рис. 2.33, а), в которых материал подвергается раздавливанию, раскалыванию и частично истиранию между двумя плитами-щеками при их периодическом сближении; конусные (рис. 2.33, б), в которых материал разрушается в процессе раздавливания, излома и частичного истирания между двумя коническими поверхностями, одна из которых движется эксцентрично по отношению к другой, осуществляя непрерывное дробление материала; валковые (рис. 2.33, в), в которых материал раздавливается между двумя валками, вращающимися навстречу один другому (иногда валки вращаются с разной частотой, и тогда раздавливание материала сочетается с истиранием); ударного действия, которые, в свою очередь, бывают молотковыми (рис. 2.33, г) и роторными (рис. 2.33, д); в молотковых дробилках материал измельчается в основном ударом шарнирно подвешенных молотков, а также истиранием, в роторных - дробление осуществляется за счет удара жестко прикрепленных к ротору бил, удара материала об отражательные плиты и ударов кусков материала один о другой.

Ряд измельчающих машин (бегуны и дезинтеграторы) можно отнести к дробилкам и к мельницам, так как их применяют для грубого помола и для мелкого дробления.

Мельницы по принципу действия разделяют на барабанные (рис. 2.33, е-з), в которых материал измельчается во вращающемся (рис. 2.33, в) или вибрирующем (рис. 2.33, ж) барабане с помощью загруженных в барабан мелющих тел или без них ударами и истиранием частиц материала один о другой и о футеровку барабана (рис. 2.33, з); среднеходные, в которых материал измельчается раздавливанием и частичным истиранием между каким-либо основанием и рабочей поверхностью шара, валка, ролика (в роliko-маятниковой мельнице (рис. 2.33, и) ролик прижимается центробежной силой к борту чаши и измельчает материал, попадающий между бортом и роликом); ударные (рис. 2.33, к), в которых материал измельчается ударом шарнирных или жестко закрепленных молотков (продукт, достигший определенной толщины помола, выносится из зоны действия молотков воздушным потоком); струйные (рис. 2.33, л), где материал измельчается в результате трения и соударения частиц материала одна о другую, а также о стенки камеры при движении частиц под действием воздушного потока, имеющего большую скорость.

Перечисленные способы измельчения относятся к методу механического измельчения под воздействием рабочего органа на материал или частиц материала одна на другую. Существуют методы измельчения материалов, основанные на других физических явлениях: с помощью электрогидравлического эффекта путем осуществления высоковольтного разряда в жидкости, ультразвуковых колебаний, быстросменяющихся высоких и низких температур, лучей лазера, энергии струи воды и др.

Машины для измельчения материалов должны иметь простую конструкцию, обеспечивающую удобство и безопасность обслуживания; минимальное число

изнашивающихся легко заменяемых деталей; предохранительные устройства, которые при превышении допустимых нагрузок должны разрушаться (распорные плиты, срезные болты и др.) или деформироваться (пружины), предотвращая поломки более сложных узлов. Конструкция должна отвечать санитарно-гигиеническим нормам звукового давления, вибрации и запыленности воздуха.

Щековые дробилки. Щековые дробилки применяют для крупного и среднего дробления. Принцип работы щековой дробилки заключается в следующем. В камеру дробления, имеющую форму клина и образованную двумя щеками, из которых одна в большинстве случаев является неподвижной, а другая подвижной, подается материал, подлежащий дроблению. Клинообразная форма камеры дробления обеспечивает расположение более крупных кусков материала сверху, менее крупных - внизу. Подвижная щека периодически приближается к неподвижной. При сближении щек (ход сжатия) куски материала подвергаются дроблению. При отходе подвижной щеки (холостой ход) куски материала подвигаются вниз под действием силы тяжести и занимают новое положение или выходят из камеры дробления, если их размеры стали меньше наиболее узкой части камеры, называемой выходной щелью. Затем цикл повторяется.

Характер движения подвижной щеки зависит от кинематических особенностей механизма щековых дробилок. За время применения этих дробилок для переработки различных материалов было предложено и осуществлено большое количество самых разнообразных кинематических схем механизма дробилок.

При правильно выбранных конструктивных и кинематических параметрах дробилка с простым движением щеки может иметь производительность, равную производительности дробилки со сложным движением щеки того же типоразмера, обладая при этом более высокой степенью дробления.

Дробилка со сложным движением щеки не обладает такими особенностями. Высокие технико-эксплуатационные показатели ее получены при экспериментах путем увеличения эксцентриситета, а это еще более увеличивало вертикальную составляющую траектории движения подвижной щеки, т. е. еще более увеличивало основной недостаток дробилок.

Изобретенный Блэком двухколенчатый механизм остается уже около 80 лет непревзойденным в том отношении, что он дает максимум раздавливающего давления между щеками при минимуме усилий на трущихся и вращающихся частях механизма. Эта высказанная 50 лет тому назад фраза справедлива и сегодня - действительно более удачного механизма, приспособленного для условий дробления прочных и абразивных материалов, чем дробилка с простым движением подвижной щеки, трудно представить. Дробилки со сложным движением подвижной щеки имеют ход сжатия, достаточный для интенсивного дробления по всей высоте камеры дробления. Как было отмечено, существенным недостатком этих дробилок является интенсивное изнашивание

дробящих плит, обусловленное траекторией движения подвижной щеки. В то же время эти дробилки проще по конструкции, компактнее, менее металлоемки. В ряде случаев, например, при применении таких дробилок в передвижных установках или в подземных разработках, эти преимущества являются определяющими; дробилки со сложным движением щеки, так же, как и дробилки с простым движением щеки, широко используют в различных отраслях народного хозяйства, и их изготавливают многие машиностроительные фирмы в мире.

Многолетняя практика создания и эксплуатации щековых дробилок показывает, что при оценке совершенства щековой дробилки и ее качества простота кинематической схемы и конструкции должна особо приниматься во внимание. Усложнение схемы, как оно заманчиво не выглядит на первый взгляд, приводит к усложнению конструкции, удорожанию эксплуатации.

Изучение схем простого и сложного движения подвижной щеки показало, что они обе являются наилучшими из всех предложенных и обе имеют право на жизнь. Поэтому, учитывая особенности схем, дробилки с простым движением подвижной щеки предназначаются в основном для крупного дробления высокопрочных и абразивных материалов, а дробилки со сложным движением щеки больше для среднего и мелкого дробления материалов средней прочности и абразивности.

В дробилке с простым движением (рис. 2.34, а) подвижная щека подвешена на неподвижную ось. Шатун дробилки верхней головкой шарнирно соединен с приводным эксцентриковым валом. Внизу в шатун шарнирно упираются две распорные плиты, одна из которых противоположным концом упирается в нижнюю часть подвижной щеки, другая - в регулировочное устройство. При вращении эксцентрикового вала подвижная щека получает качательное движение по дуге окружности с центром в оси подвеса. Наибольший размах качания (ход сжатия) имеет нижняя точка подвижной щеки. За ход сжатия подвижной щеки принимают проекцию траектории движения данной точки на нормаль к неподвижной щеке. Срок службы дробящих плит при прочих равных условиях зависит от вертикальной составляющей хода. На дробилках с простым движением при малой вертикальной составляющей хода сжатия дробящие плиты служат больше, чем на дробилках со сложным движением, где этот ход больше. Схема обеспечивает большой выигрыш в силе в верхней части камеры дробления (рычаг второго рода). Недостатком дробилок с простым движением является малый ход сжатия в верхней части камеры дробления. Сюда попадают крупные куски материала, для надежного захвата и дробления которых необходим большой ход.

В дробилках со сложным движением (рис. 2.34, б) подвижная щека шарнирно подвешена на эксцентричной части приводного вала. Внизу подвижная щека шарнирно опирается на распорную плиту. Другим концом распорная плита опирается на регулировочное устройство. Эта дробилка проще по конструкции, компактнее и у нее меньшая металлоемкость. Траектория движения подвижной щеки представляет собой

замкнутую кривую. В верхней части камеры дробления эта кривая - эллипс, приближающийся к окружности, в нижней части - сильно вытянутый эллипс.

Главным параметром щековых дробилок является $B \times L$ - произведение ширины B приемного отверстия на длину L камеры дробления. Ширина приемного отверстия - расстояние между дробящими плитами в верхней части камеры дробления в момент максимального отхода подвижной щеки. Этот размер определяет максимальную крупность кусков, загружаемых в дробилку: $D_{max} = 0,85 B$. Длина камеры дробления L определяет, сколько кусков диаметром D_{max} может быть загружено одновременно. Важным параметром щековой дробилки является также ширина b выходной щели. Она определяется как наименьшее расстояние между дробящими плитами в камере дробления в момент максимального отхода подвижной щеки. Ширину выходной щели можно изменять регулировочным устройством. Это позволяет изменять крупность готового продукта или поддерживать крупность постоянной независимо от степени износа дробящих плит.

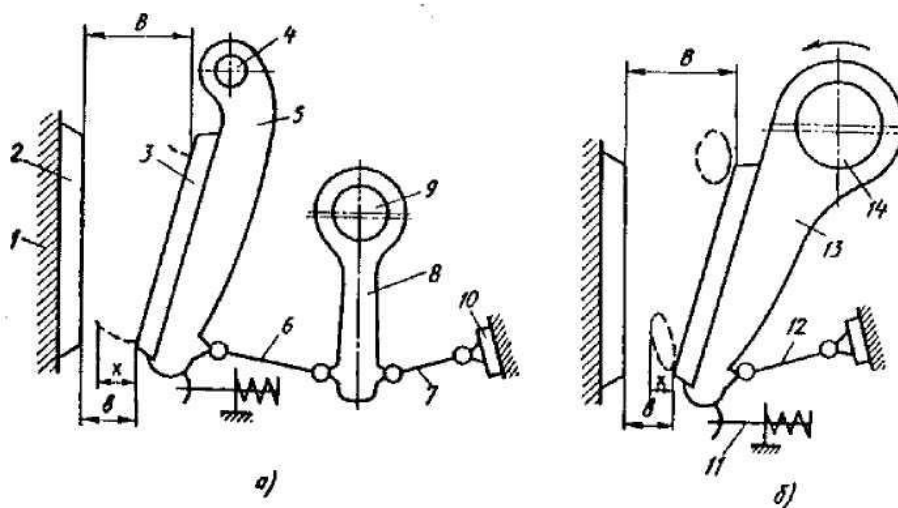


Рис. 2.34. Конструктивные схемы щековых дробилок: *а* - с простым; *б* - сложным движением подвижной щеки; 1 - станина; 2 - неподвижная и 3 - подвижная дробящие плиты; 4- ось подвижной плиты; 5 - подвижная щека с простым движением; 6- передняя распорная плита; 8- шатун; 9- эксцентриковый вал шатуна; 10 - механизм регулирования размера выходной щели; 11 - устройство силового замыкания звеньев механизма подвижной щеки; 12 - распорная плита; 13 - подвижная щека со сложным движением; 14 - эксцентриковый вал подвижной щеки со сложным движением

Станина щековой дробилки со сложным движением подвижной щеки (рис. 2.35) сварная. Ее боковые стенки соединены между собой передней стенкой 1 коробчатого

сечения и задней балкой 4. Последняя также является корпусом регулировочного устройства. Над приемным отверстием укреплен защитный кожух 2, предотвращающий вылет кусков породы из камеры дробления. Подвижная щека 9 представляет собой стальную отливку, которая расположена на эксцентричной части приводного вала 3. В нижний паз вставлен сухарь для упора распорной плиты 8. Другим концом распорная плита упирается в сухарь регулировочного устройства 5 с клиновым механизмом. Замыкающее устройство состоит из тяги 7 и цилиндрической пружины 6. Натяжение пружины регулируют гайкой. При ходе сжатия пружина сжимается. Стремясь разжаться, она способствует возврату щеки и обеспечивает постоянное замыкание звеньев шарнирно-рычажного механизма - подвижной щеки, распорной плиты, регулировочного устройства. Предохранительное устройство представляет собой распорную плиту, которая ломается при нагрузках, превышающих допустимые (например, при попадании в камеру дробления недробимых предметов). Более рациональными являются предохранительные устройства, которые не разрушаются при повышении нагрузок. Такие устройства бывают пружинными, фрикционными, гидравлическими. Жесткость пружин должна обеспечивать работу дробилки при обычных нагрузках. При попадании в камеру дробления недробимых предметов пружины сжимаются на величину, необходимую для поворачивания эксцентрикового вала при остановившейся подвижной щеке.

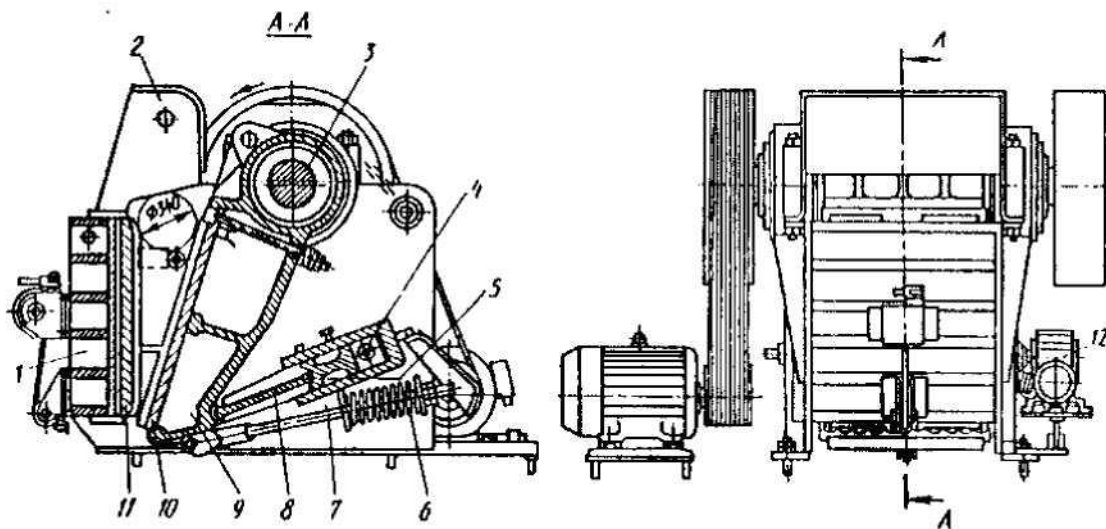


Рис. 2.35. Щековая дробилка со сложным движением щеки

В щековых дробилках применяют гидравлические предохранительные устройства, позволяющие перейти к нормальному режиму работы автоматически, без остановки дробилки. Существуют предохранительные устройства, в которых использован гидропневматический аккумулятор. При перегрузке жидкость перетекает из цилиндра в аккумулятор через отверстие с относительно большим сечением, что обеспечивает

быстрое срабатывание устройства. Обратное в цилиндр масло проходит через канал с уменьшенным проходным сечением, постепенно восстанавливая первоначальное положение. Для регулирования ширины выходной щели в щековых дробилках применяют обычно клиновой механизм. Дробящие плиты *10* и *11* являются основными рабочими органами щековых дробилок. Они сменные, быстроизнашивающиеся. Расход металла на дробящие плиты составляет около одной трети всех расходов на дробление. Плиты щековых дробилок изготавливают из высокомарганцовистой стали, обладающей высокой износостойкостью. Конструкция дробящей плиты определяется ее продольным и поперечным профилями (рис. 2.36). Рабочую часть плиты делают рифленой и редко для первичного (грубого) дробления - гладкой. От продольного профиля дробящих плит зависит угол захвата, величина криволинейной или параллельной зоны и другие параметры камеры дробления, влияющие на процесс дробления. Рифления трапецевидальной формы (тип *I*) применяют для предварительного дробления в дробилках с приемным отверстием шириной 250 и 400 мм; рифления треугольной формы (тип *II*) используют для предварительного дробления в дробилках с приемным отверстием шириной 500 мм и более и для окончательного дробления в дробилках с приемным отверстием шириной 250, 400 и 600 мм. Шаг t и высоту h рифлений (мм) для обоих профилей в зависимости от ширины b выходной щели рекомендуется определять по выражению $t = 2h = b$.

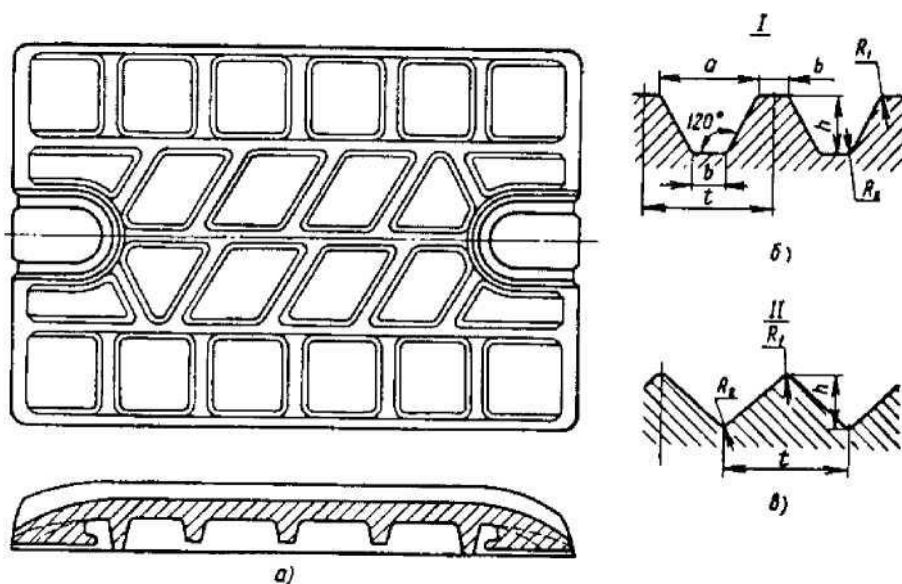


Рис. 2.36. Дробящая плита (*a*) и параметры рифления для плит с трапецевидальной (*б*) и треугольной формой рифлений (*в*)

Исходными данными для расчета дробилок являются заданный типоразмер дробилки $B \times L$, максимальная крупность кусков в исходном материале D_{\max} , требуемая максимальная крупность готового продукта d_{\max} , прочность материала $\sigma_{сж}$ и производительность Π .

Ширина приемного отверстия B (м) должна обеспечить свободный прием кусков максимальной крупности: $B \geq D_{max} / 0,85$. Для дробилок, работающих в автоматических линиях, ширина $B \geq D_{max} / 0,50$.

Ширина b (м) выходной щели при использовании стандартных дробящих плит связана с максимальной крупностью кусков в готовом продукте зависимостью $b = d_{max} / 1,2$.

Угол захвата, т. е. угол между неподвижной и подвижной щеками (рис. 2.37, а), должен быть таким, чтобы находящийся между ними материал при нажатии разрушался и не выталкивался вверх.

Силы трения, вызванные сжимающими усилиями, действуют на кусок материала против направления его относительной скорости, поэтому при выталкивании куска вверх они будут направлены вниз. Массой куска пренебрегают. Кусок материала при сжатии не будет выталкиваться вверх, если удерживающие силы F , вызываемые силами трения, будут больше или равны выталкивающей силе R :

Дробление возможно тогда, когда угол захвата равен или меньше двойного угла трения $\alpha < 2\varphi$. Если $\alpha > 2\varphi$, то кусок будет выжат вверх и не раздавлен. Исследования показали, что угол, $\alpha = 18...19$ град. обеспечивает работу крупных щековых дробилок в тяжелых условиях: увеличение угла захвата приводит к снижению производительности, уменьшение угла захвата вызывает увеличение размеров и массы дробилки.

Частота вращения эксцентрикового вала или число качаний подвижной щеки должны быть оптимальными. Их определяют исходя из анализа движения материала в нижней части камеры дробления (рис. 2.37, б).

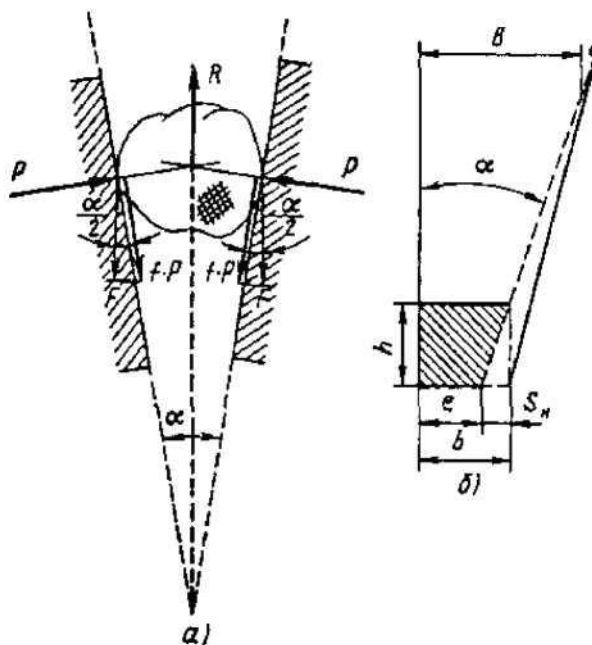


Рис. 2.37. Схема захвата дробимого тела

Принимают $b = e + S_H$, где e - расстояние между дробящими плитами в момент их максимального сближения; S_H - ход подвижной щеки в нижней точке камеры дробления. За время отхода подвижной щеки от неподвижной кусок под действием силы тяжести должен опуститься на h и выйти из камеры дробления. Поэтому частота вращения эксцентрикового вала должна быть такой, чтобы время t отхода щеки было равно времени, необходимому для прохождения свободно падающим телом пути h .

При большей частоте вращения вала дробилки кусок материала не успеет выпасть из дробилки и вторично поступит в контакт с дробящими плитами. Если частота вращения будет меньше необходимой, то уменьшится число выпадающих кусков в единицу времени и соответственно производительность дробилки.

Время отхода щеки (с)

$$t = 0,5/n,$$

где n - частота вращения эксцентрикового вала, c^{-1} .

Из рис. 2.37, б следует, что $h = S_H / \operatorname{tg} \alpha$, где α - угол захвата. По закону свободного падения путь h , пройденный телом за время t , равен $h = gt^2 / 2$, где g - ускорение свободного падения. Из равенства выражений для h , без учета действия силы трения кусков материала один о другой и о дробящие плиты, необходимая частота вращения эксцентрикового вала.

$$n = 0,5\sqrt{[(g \times \operatorname{tg} \alpha) / 2S_H]}$$

Производительность щековых дробилок определяют исходя из условия, что разгрузка материала из выходной щели дробилки происходит только при отходе подвижной щеки и при этом за один оборот вала из дробилки выпадает некоторый объем V (m^3) материала, заключенный в призме высотой h (см. рис. 2.37, б).

Производительность дробилки (m^3/c)

$$\Pi = \mu \times n \times V,$$

где μ - коэффициент, учитывающий разрыхление материала призмы, по опытным данным $\mu = 0,4 \dots 0,45$.

Объем V призмы определяется ее параметрами (см. рис. 2.37, б): высотой h , нижним основанием трапеции, равным e , верхним основанием, равным $e + S_H = b$, и длиной L , равной длине камеры дробления. Площадь трапеции (m^2)

$F = (e + b) h / 2$; высота $h = S_H / \operatorname{tg} \alpha$; объем

$$V = FL = [(e + b) \times S_H \times L] / 2 \operatorname{tg} \alpha$$

Следовательно, производительность (m^3/c)

$$\Pi = [\mu \times n \times S_H \times (e + b)] / 2 \operatorname{tg} \alpha$$

Предложена формула, в которой учитываются некоторые дополнительные параметры, влияющие на производительность:

$$\Pi = [c \times S_{CP} \times L \times b \times n \times (B + b)] / (2 \times D_{CP} \times \operatorname{tg} \alpha)$$

где c - коэффициент кинематики, для дробилок с простым движением щеки $c = 0,84$, для дробилок со сложным движением $c = 1$; S_{CP} - средний (эквивалентный) ход щеки, м, $S_{CP} = (S_H + S_{BX}) / 2$; L - длина приемного отверстия, м; b - ширина выходной щели, м; n -

частота вращения вала дробилки, c^{-1} ; B - ширина приемного отверстия, м; D_{CP} - средневзвешенный размер кусков в исходном материале, м; α - угол захвата, град.

Для дробилок с приемным отверстием шириной 600 мм и менее размер кусков D_{CP} принимают равным ширине B приемного отверстия, для дробилок с приемным отверстием шириной 900 мм и более, работающих на "рядовой" горной массе, $D_{CP} = (0,3+0,4) B$.

Мощность двигателя ($P_{т}$) определяют на основании гипотезы Кирпичева - Кика по формуле

$$P = \{ [k_{ПР} \times k_{Р} \times \sigma_{сж}^2 \times \pi \times L \times n] \times (D_{CP}^2 - d_{CP}^2) \} / (12 \times E \times \eta)$$

где $k_{ПР}$ - коэффициент пропорциональности, учитывающий прочность материала в зависимости от его размеров; $k_{Р}$ - коэффициент, учитывающий использование полной длины камеры дробления; $\sigma_{сж}$ - предел прочности дробимого материала, Па; L - длина камеры дробления, м; n - частота вращения эксцентрикового вала, c^{-1} ; E - модуль упругости, Па; D_{CP} - средняя крупность кусков в исходном материале, $D_{CP} = 0,5D_{max}$, м; d_{CP} - средняя крупность кусков готового продукта, м; η - механический КПД дробилки.

Мощность электродвигателей, полученная по приведенной формуле, для щековых дробилок близка фактической. Для прочных, но хрупких материалов формула дает завышенный результат.

Конусные дробилки. При переработке различных горных пород на всех стадиях дробления широко используют конусные дробилки. В зависимости от назначения их разделяют на дробилки для крупного (ККД), среднего (КСД) и мелкого (КМД) дробления. Дробилки ККД характеризуются шириной приемной щели и в зависимости от типоразмера могут принимать куски горной породы размером 400...1200 мм, имеют разгрузочную щель 75...300 мм и производительность 150...2600 $m^3/ч$. Дробилки КСД принимают куски размером 60...300 мм, размер их разгрузочной щели 12...60 мм, производительность 12...580 $m^3/ч$. Дробилки КМД принимают куски размером 35-100 мм, имеют разгрузочную щель размером 3...15 мм, производительность 12...220 $m^3/ч$. В конусных дробилках материал разрушается в камере дробления, образованной двумя коническими поверхностями, из которых одна (внешняя) неподвижная, а другая (внутренняя) подвижная.

В горной промышленности используют конусные дробилки, которые занимают промежуточное положение между дробилками крупного и среднего дробления, получившие название дробилки редуционного дробления (КРД). Их используют для повторного дробления продукта дробилок крупного дробления.

Отечественная промышленность выпускает следующий ряд дробилок ККД: 500, 900, 1200, 1500 мм (по ширине приемного отверстия).

В дробилках КСД и КМД характеристикой является диаметр подвижного конуса, который в серийных промышленных типоразмерах дробилок равен 600...3000 мм.

Группа 1 (рис. 2.38) - конусные дробилки с верхним расположением точки гирации. Они характеризуются большим ходом рабочих органов (дробящих конусов) в нижней части камеры дробления по сравнению с ходом в верхней части у загрузочного отверстия. Другими словами, в верхней зоне камеры дробления, где располагаются крупные куски дробимого материала, номинальное сближение дробящих конусов, а, следовательно, и номинальная деформация кусков меньше, чем в нижней части камеры дробления, где куски и осколки дробимого материала меньше, а номинальная деформация кусков дробимого материала оказывается большей.

Применение верхней опоры подвижного конуса позволяет дробилку сделать статически определимой в расчетном отношении, а детали и узлы дробилки, воспринимающие усилия дробления, надежными.

Основной недостаток дробилок такой конструктивной схемы - затруднено равномерное распределение дробимого материала по периметру дробящего пространства ввиду отсутствия загрузочной тарелки и траверса частично перекрывает загрузочное пространство.

Подгруппа 1.1. Подавляющее большинство дробилок крупного дробления в мировой практике сделано по рассмотренной конструктивной схеме (см. рис. 2.38). Разновидностью такой конструктивной схемы следует считать дробилки с гидравлическим регулированием разгрузочной щели. В этих дробилках подвижный конус в осевом направлении опирается на гидроцилиндр, положением поршня которого можно регулировать положение подвижного конуса по высоте.

Подгруппа 1.2. Конусные дробилки среднего и мелкого дробления, выполненные по схеме 1.2.1, в настоящее время имеют самое широкое распространение и поставляются на мировой рынок многими ведущими фирмами. В эту подгруппу включены также разновидности схемы 1.2.1, получившие ограниченное распространение в мировой практике.

Группа 2 (см. рис. 2.38) - конусные дробилки с нижним расположением точки гирации. В этих дробилках номинальный ход подвижного конуса в верхней части камеры дробления больше, чем в нижней.

Подгруппа 2.1. Дробилки этой подгруппы - с нижним расположением точки гирации, выполненные по схемам 2.1.1 и 2.1.2, приведены в патентных материалах, однако промышленность их не изготавливала. Это связано с трудностью обеспечения надежного конструктивного решения опор подвижного конуса при большом рабочем ходе его в верхней части камеры дробления, а, следовательно, и больших усилий дробления в верхней части камеры дробления, которые оказываются консольными нагрузками для опор подвижного конуса.

Подгруппа 2.2 включает дробилки с нижним расположением точки гирации подвижного конуса и верхней его опорой.

Эксцентрик и привод дробилки, выполненный по схеме 2.2.1, расположены сверху. Такую конструкцию дробилки использовали некоторые известные зарубежные фирмы, например, фирма «Аллис Чалмерз». Дробилки с таким конструктивным решением не нашли широкого применения из-за сложности конструкции, неудобства эксплуатации (размещение привода в зоне загрузки материала).

Группа 3 (см. рис. 2.38). В эту группу включены машины с параллельными осями дробилки и подвижного конуса. Рабочий ход конусов в верхней и нижней зонах камеры дробления одинаков.

Подгруппа 3.1 содержит дробилки, в которых подвижный конус расположен на консольной оси. Характерным признаком этих машин является наличие запрессованной в корпус дробилки консольной оси, на которой вращается эксцентриковая втулка. К этой подгруппе относятся дробилки английской фирмы «Пегзон», выполненные по схеме 3.1.1, и фирмы «Ведаг», выполненные по схеме 3.1.2, а также некоторые другие.

Подгруппа 3.2. В эту подгруппу включены машины с параллельными осями дробилки и подвижного конуса и двумя опорами центрального вала. В первом случае (схема 3.2.1) на двухопорную ось установлен эксцентриковый полый вал, соединенный с приводом, имеющим верхнее расположение.

Кинематические схемы конусных дробилок показаны на рис. 2.39, *а* (схема ККД) и рис. 2.39, *б* (схемы КСД и КМД). Подвижный конус жестко закреплен на валу, нижний конец которого вставлен в эксцентриковую втулку 10 так, что ось вала образует с осью вращения (осью дробилки) некоторый угол, называемый углом прецессии. У дробилок ККД вал подвижного конуса шарнирно прикреплен сверху к траверсе. Подвижный конус дробилок КСД и КМД опирается на сферический подпятник. Вал конуса не имеет верхнего крепления - это дробилки с консольным валом. Эксцентриковая втулка получает вращение от приводного устройства, при этом подвижный конус получает качательное (гирационное) движение. У дробилок ККД центр *O* качания находится наверху в точке подвеса, у дробилок с консольным валом он также находится наверху в точке пересечения оси вала и оси дробилки. При работе дробилки ось вала описывает коническую поверхность с вершиной в точке *O*. При этом подвижный конус как бы перекачивается по неподвижному через слой материала и осуществляет непрерывное дробление материала. В действительности подвижный конус совершает более сложное движение. Конусная дробилка в принципе работает так же, как и щековая, с той лишь разницей, что дробление в конусной дробилке происходит непрерывно.

Привод дробилок мелкого дробления осуществляется одним электродвигателем. На дробилках для крупного дробления устанавливают второй двигатель пуска дробилок, если камера дробления заполнена материалом, т. е. находится "под завалом". Для пуска дробилки "под завалом" гидравлическая опора системы подвижного конуса обеспечивает быстрое опускание конуса и ликвидацию заклинивания материала в камере дробления.

Максимальное усилие сжатия дробимого материала в камере дробления машины определяется упругой силой амортизационных пружин. Если усилия дробления превышают расчетные, например, при попадании в камеру дробления недробимых предметов, то пружины дополнительно сжимаются, опорное кольцо вместе с неподвижным конусом приподнимается, разгрузочная щель увеличивается и недробимый предмет выходит из дробилки. Применение гидравлики и гидропневматики повышает надежность работы предохранительного устройства, значительно упрощает и облегчает регулирование разгрузочной щели.

Расчет основных параметров. Условия дробления материала в конусных и щековых дробилках подобны, поэтому методы расчета параметров этих машин аналогичны.

Валковые дробилки. Рабочим органом валковой дробилки являются вращающиеся цилиндрические валки. Материал подается сверху, затягивается между валками или валком и футеровкой камеры дробления и дробится. Валковые дробилки применяют для среднего и мелкого дробления материалов в основном средней прочности (до $\sigma_{сж} = 150$ МПа) на гладких и рифленых валках и мягких материалов (до $\sigma_{сж} = 80$ МПа) - на зубчатых валках.

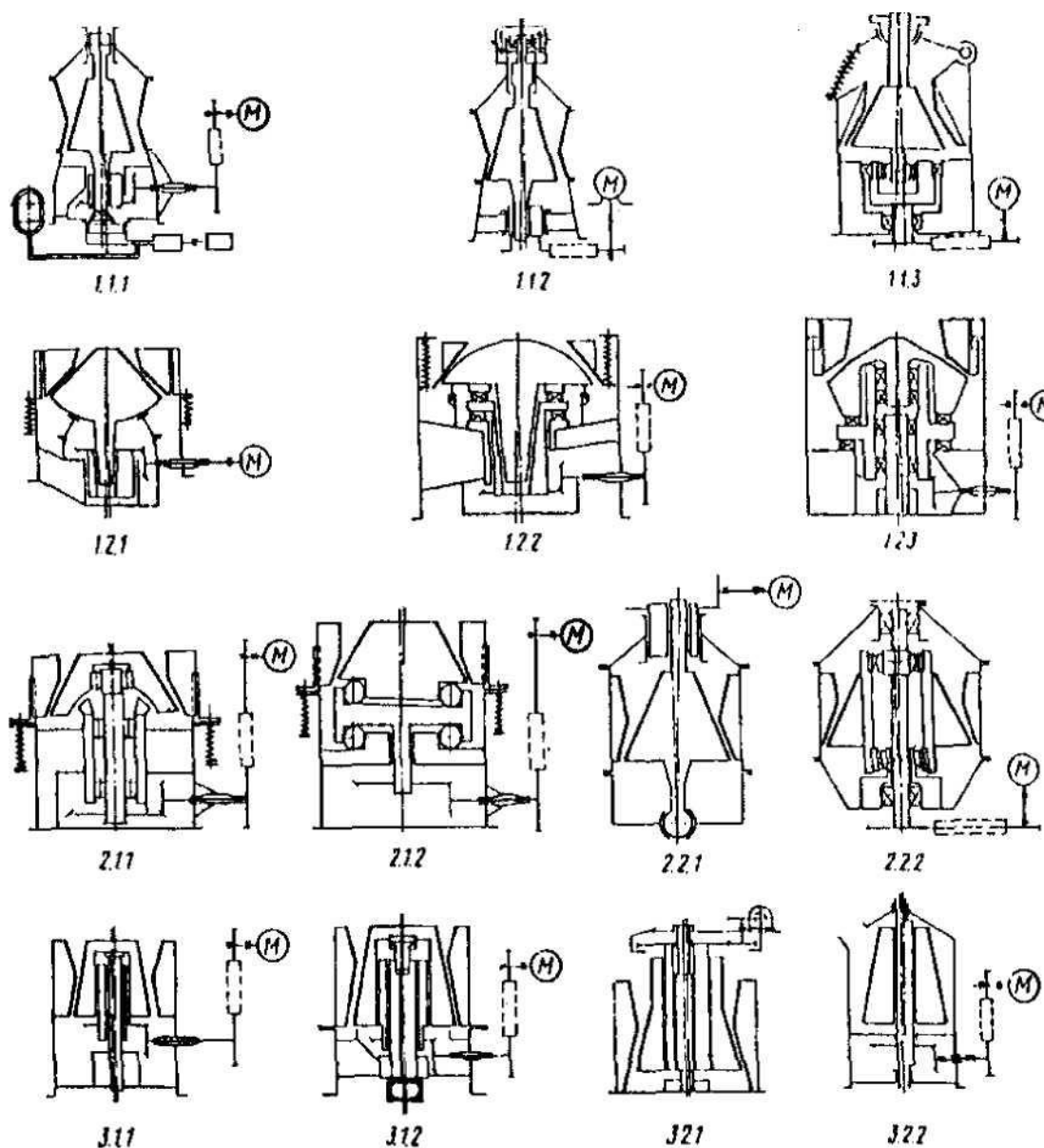


Рис. 2.38. Конструктивно-кинематические схемы конусных дробилок: 1.1.1 - 1.2.3 - с точкой подвеса над камерой; 2.1.1 - 2.2.2 - с нижним расположением точки гирации; 3.1.1 - 3.2.2 - с параллельными осями дробилки

Основные конструктивные схемы валковых дробилок приведены на рис. 2.40.

Схему 1, где камера дробления образована поверхностями валка и неподвижной футеровки, применяют при зубчатом валке. Одновалковую зубчатую дробилку используют для дробления угля, агломерата и др. Дробилка состоит из зубчатого валка и колосниковой решетки, шарнирно подвешенной в верхней части рамы. Нижний конец колосниковой решетки притянут пружиной к регулируемому упору, что позволяет изменять зазор между зубьями и колосниковой решеткой и предохраняет дробилку от поломок при попадании недробимых предметов.

По схемам 2 и 3 (см. рис. 2.40) выполнены валковые дробилки, принципиально отличающиеся от всех других конструкций. Валки этих дробилок связаны с валом не жестко, а укреплены шарнирно на эксцентричной его части.

По схеме 2 выполнена валково-щековая дробилка-гранулятор "Гравилор" фирмы "АБМ" (Франция). На эксцентриковом валу на роликовых подшипниках закреплен валок, облицованный бандажом с треугольными рифлениями.

Верхняя часть неподвижной щеки подвешена на оси, соединенной с боковыми стенками корпуса. Нижняя часть щеки опирается на распорную плиту, состоящую из двух частей, которые соединены между собой болтами.

Болты служат предохранителями и срезаются при попадании в камеру дробления недробимых предметов. Распорная плита упирается в регулировочное устройство, что позволяет регулировать зазор между ней и валком. Машина предназначена для приготовления мелкого щебня с повышенным содержанием зерен кубообразной формы.

В схеме 3 две камеры дробления, поверхность рабочих органов гладкая. По сравнению с дробилкой, выполненной по схеме 2, узел крепления валка не имеет принципиальных отличий, а наличие двух камер дробления примерно в 2 раза увеличивает производительность машины.

Схема 4 применена в валково-щековой дробилке, впервые предложенной фирмой "Даймонд" (США) для передвижных дробильно-сортировочных установок. На общей раме смонтированы подвижная и неподвижная щеки, а также валок. Подвижная щека имеет сложное движение.

Привод валка связан цепной передачей с эксцентриковым валом подвижной щеки. Материал поступает в камеру дробления, образованную неподвижной и подвижной щеками, раздробленный материал поступает на вторую стадию дробления - между вращающимся валком и нижней частью той же подвижной щеки. В эту же камеру дробления может дополнительно подаваться мелкий материал.

Наиболее распространена двухвалковая дробилка, принципиальная схема которой показана на рис. 2.40 (схема 5). По ней изготавливают большинство отечественных и зарубежных валковых дробилок.

Валки вращаются навстречу один другому, захватывают и дробят попавший между ними материал, раздавливая его и частично истирая. Иногда для увеличения истирающего эффекта, необходимого при измельчении некоторых материалов, валкам сообщают разную окружную скорость.

Корпуса подшипников вала одного из валков опираются на пружины и могут перемещаться. В результате этого при попадании недробимого предмета один валок может отойти от другого и пропустить недробимый предмет, после чего под действием пружин возвратиться в исходное положение. Имеются конструкции, в которых подпружинены оба валка. Их применяют там, где в исходном материале много недробимых включений.

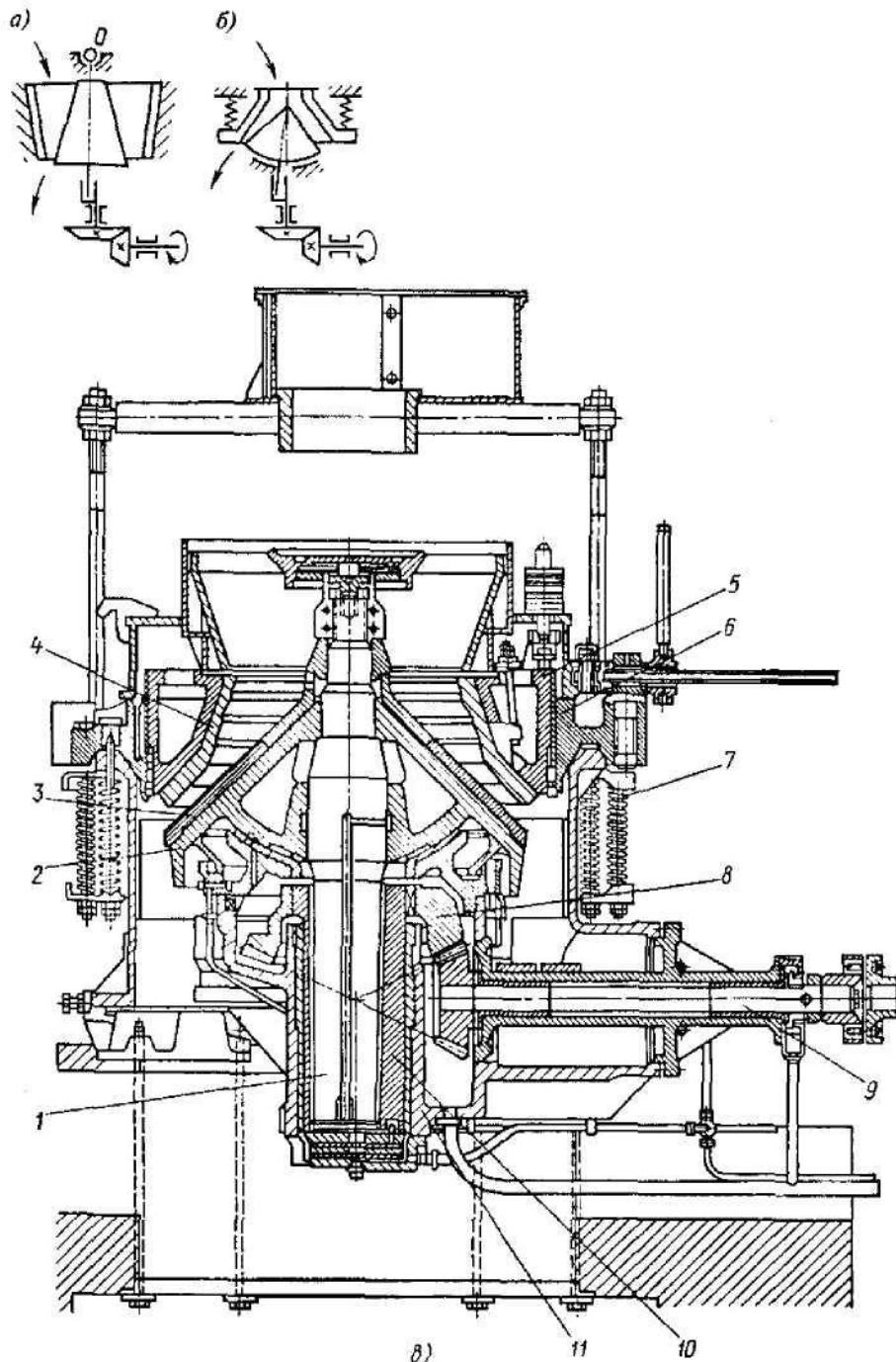


Рис. 2.39. Схема конусных дробилок крупного (а), среднего и мелкого (б) дробления; конструкция дробилки среднего дробления с опорой подвижного конуса на подшипник качения (в): 1 - консольный вал; 2 - корпус конуса; 3 - дробящий конус; 4 - сменный неподвижный дробящий конус; 5 - корпус неподвижного конуса; 6 - опорное кольцо; 7 - прижимные и предохранительные пружины; 8 - коническая шестерня; 9 - приводной вал; 10 - эксцентриковая втулка; 11 - эксцентриковый стакан

Поверхности валков бывают гладкие, рифленые, ребристые и зубчатые. Сочетания дробящих поверхностей могут быть различными: например, оба валка могут иметь гладкую поверхность, или один гладкую, другой рифленую и др. Валковые дробилки традиционного исполнения имеют небольшую производительность и неравномерный

износ поверхности бандажей по длине валка, что затрудняет поддержание зазора между валками в необходимых пределах. Трудоемким в изготовлении и эксплуатации является узел специальной зубчатой передачи вращения от одного валка к другому. Максимально возможный размер (диаметр d) куса материала, подлежащего дроблению, зависит от диаметра D валка. Чем больше диаметр валка, тем больше может быть кусок исходного материала и степень дробления. Чем меньше длина валка, тем равномернее износ рабочей поверхности и меньше нагрузка на детали дробилки. Длина валков дробилки бывает меньше диаметра, равна ему или больше.

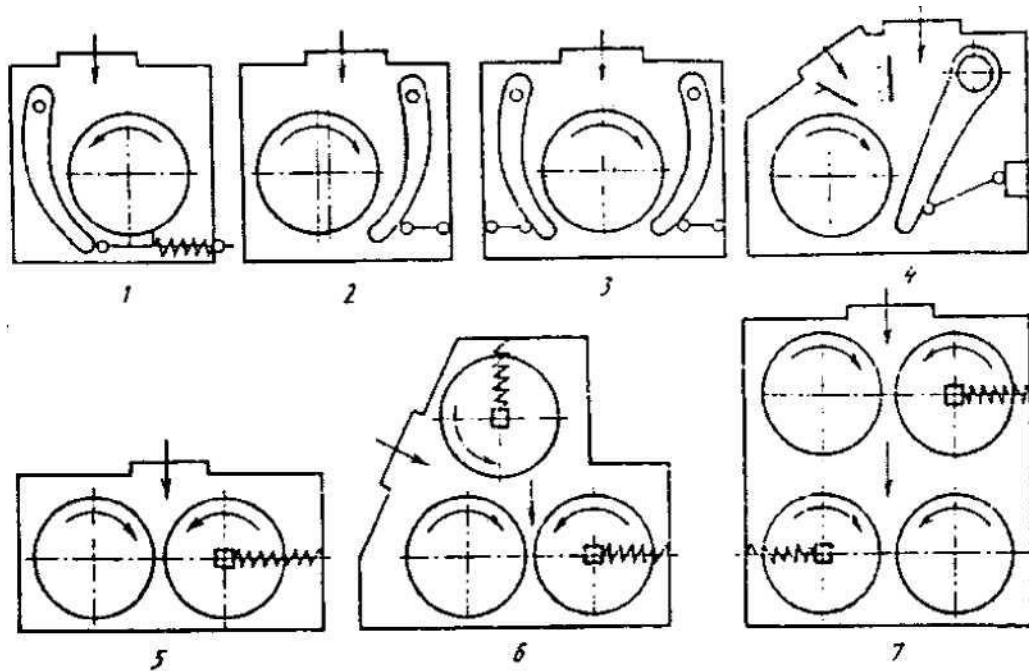


Рис. 2.40. Основные конструктивно-кинематические схемы валковых дробилок

Валковые дробилки эффективно перерабатывают материалы, склонные к налипанию или содержащие липкие включения. Налипший на поверхность валков материал срезается очистными скребками и отводится в сторону. Применение конусных дробилок в этих условиях вызывает частые простои, связанные с длительной и трудоемкой работой по очистке камеры дробления. Конструкция валковых дробилок и их обслуживание проще конструкции и обслуживания конусных дробилок. Привод валков осуществляется от двигателя через клиноременную, шестеренчатую или цепную передачи. Приводится во вращение один валок, другой связан с первым шестернями с удлиненными зубьями или цепной передачей, допускающими отход валков при пропуске недробимых предметов (рис. 2.41, б). Такое кинематическое решение сложно, оно не обеспечивает нормальную работу шестерен с удлиненными зубьями в условиях динамических нагрузок и абразивной пыли.

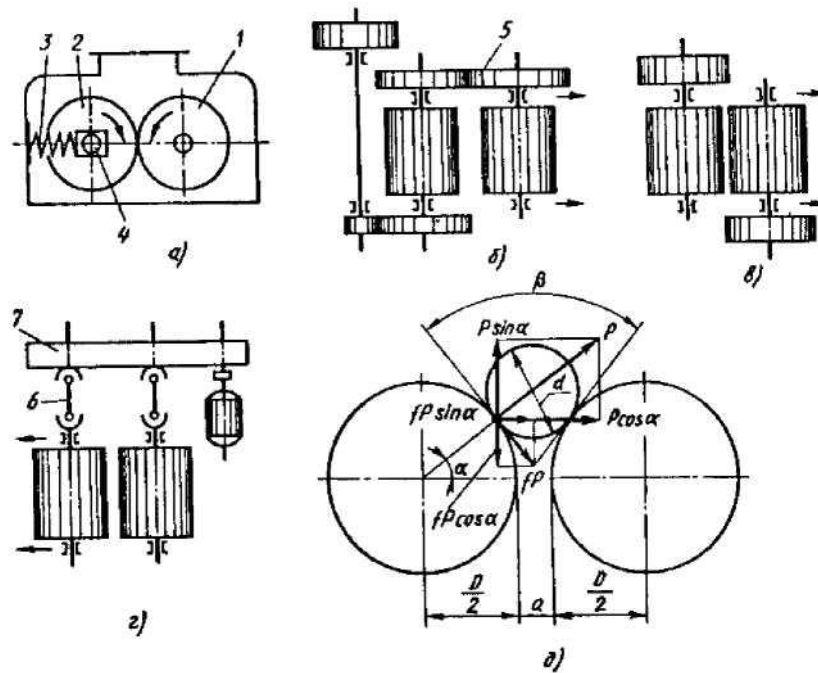


Рис. 2.41. Схемы привода валковых дробилок: *a* - установка подвижного предохранительного вала; *б* - кинематическая схема дробилки с валками, связанными один с другим шестернями с удлиненными зубцами; *в* - с приводом валков от отдельных электродвигателей; *г* - через редуктор и карданные валы; *д* - расчетная схема валковой дробилки; 1 - ведущий валок; 2 - ведомый валок; 3 - пружина; 4 - опора с горизонтальным перемещением; 5 - шестерня с удлиненным зубом; 6 - карданный вал; 7 - редуктор

В современных моделях дробилок стали делать привод каждого вала от электродвигателя (рис. 2.41, *в*) или через редуктор и карданные валы (рис. 2.41, *г*). Существенное усовершенствование узла привода и передачи вращения с одного вала на другой достигается при использовании для передачи вращения в двух- и трехвалковых дробилках комплекта автомобильных колес, которые за счет деформации шин обеспечивают надежное сцепление при изменении расстояния между осями валков.

Для переработки глиняной массы и удаления из нее камней применяют так называемые дезинтеграторные вальцы.

В валковых дробилках изнашивается средняя часть бандажей (по длине), поэтому крупность дробленого продукта получается неравномерной.

Расчет основных параметров. Угол захвата в валковых дробилках - это угол между двумя касательными к поверхности валков в точках соприкосновения с дробимым материалом. На кусок дробимого материала (см. рис. 2.41, *д*), имеющего форму шара и массу m , которой ввиду ее малости пренебрегают, действуют нормальные силы P от обоих валков и силы трения, равные fP (f - коэффициент трения материала о валок). Аналогичная схема сил действует и на другой валок.

Кусок дробимого материала затягивается валками, если $2Pf \cos \alpha \geq 2Pf \sin \alpha$ или $f \geq \operatorname{tg} \alpha$. Но $f = \operatorname{tg} \varphi$, значит $\alpha \leq \varphi$. Так как $\beta = 2\alpha$, то $\beta \leq 2\varphi$. Угол захвата β у валковых дробилок для нормального процесса дробления не должен превышать двойного угла трения, так же как для щековых и конусных дробилок. Коэффициент трения камня по

металлу $f = 0,3 \dots 0,35$, а угол трения составляет $\varphi = 16 \dots 19$ град. Угол захвата на практике принимают $\beta = 36$ град.

Дробилки ударного действия. В дробилках ударного действия материал разрушается под действием механического удара, при котором кинетическая энергия движущихся тел полностью или частично переходит в энергию их деформации и разрушения. В этих дробилках возникающие усилия дробления в основном уравниваются силами инерции массы самого куска. Дробилки ударного действия применяют в основном для измельчения малоабразивных материалов средней прочности (известняка, доломитов, мергеля, угля, каменной соли и др.). В некоторых случаях дробилки ударного действия используют и при переработке материалов с повышенной прочностью и абразивностью (например, асбестовых руд, шлаков и др.). У этих машин большая степень дробления (до 50), что позволяет сократить число стадий дробления; большая удельная производительность (на единицу массы машины); простая конструкция, и она удобна в обслуживании, имеет избирательность дробления и более высокое качество готового продукта по форме зерен.

По конструкции основного узла - ротора-дробилки ударного действия бывают двух основных типов: роторные и молотковые. Роторные дробилки имеют массивный ротор, на котором жестко закреплены сменные била из износостойкой стали. В молотковых дробилках дробление осуществляется за счет кинетической энергии молотков, шарнирно подвешенных к ротору.

Материал в дробилки загружается сверху. Падая под действием силы тяжести, он подвергается ударам бил или молотков быстро вращающегося ротора. В результате куски материала разрушаются, их осколки разлетаются широким сектором (около 90 град.) и отбрасываются на футеровку -отбойные плиты или колосники, образующие камеру дробления. Ударяясь о футеровку, осколки материала дополнительно измельчаются и, отражаясь, снова попадают под удары ротора. Измельченные до определенного размера куски материала высыпаются через разгрузочную щель или щели колосниковой решетки.

В некоторых случаях кусок материала, получив эксцентричный удар, начинает вращаться вокруг своего центра тяжести со скоростью, близкой к скорости рабочего органа дробилки (примерно 30 м/с), и разрушается под действием центробежных сил, которые в куске материала вызывают напряжения равные 10 МПа, превышающие предел прочности при растяжении для многих горных пород.

Разнообразие схем (рис. 2.42, *а-з*) роторных и молотковых дробилок вызвано различным назначением дробилок. Наиболее распространенными являются однороторные дробилки (рис. 2.42, *а*). Двухроторные дробилки одноступенчатого дробления (рис. 2.42, *б*) применяют тогда, когда требуется большая производительность. Оба ротора дробилки работают самостоятельно, и исходный материал поступает

равномерно на оба ротора. Двухроторные дробилки двухступенчатого дробления (рис.2.42, в) применяют тогда, когда необходимо совместить две стадии дробления.

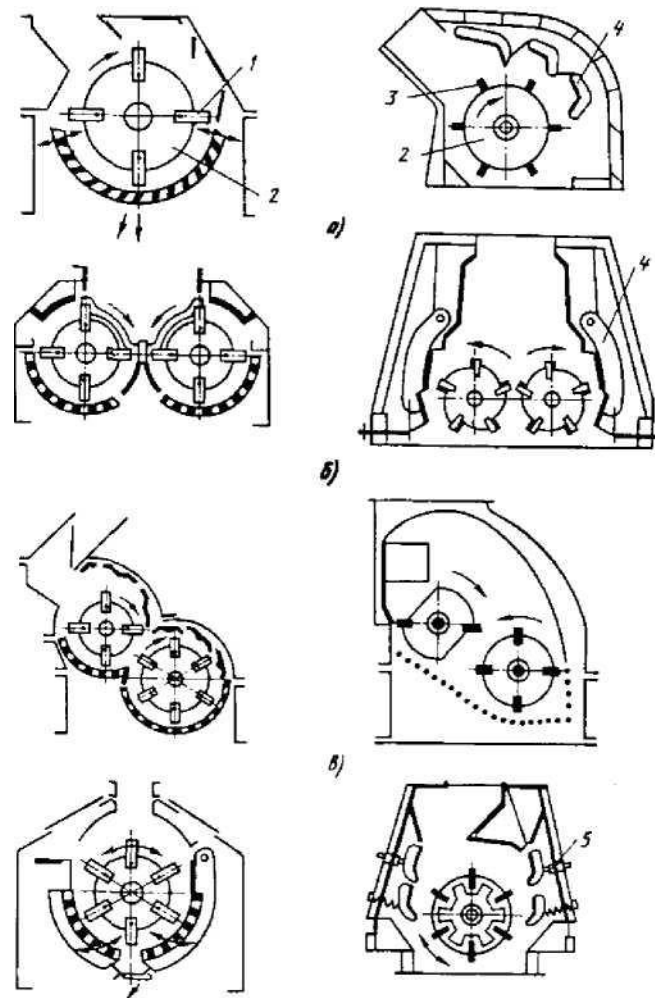


Рис. 2.42. Основные схемы молотковых и роторных дробилок: а - однороторные; б - двухроторные одноступенчатого дробления; в - двухроторные двухступенчатые; г - реверсивные; 1 - молоток; 2 - ротор; 3 - била; 4 - отражательные плиты; 5 - механизм регулировки зазора между билами и плитами

Для лучшего использования рабочей поверхности бил и молотков применяют реверсивные дробилки (рис. 2.42, в). Эти дробилки имеют симметричную камеру дробления и могут работать при различных направлениях вращения ротора, что позволяет использовать била и молотки с двух сторон без переустановки.

Главными параметрами дробилки ударного действия являются диаметр и длина ротора, которые входят в ее условное обозначение.

Била и молотки роторных и молотковых дробилок должны обладать высокой износостойкостью, выдерживать большие ударные нагрузки и нагрузки от центробежных сил и легко заменяться. При разработке конструкции бил и молотков обеспечивается возможность их многократного использования.

Машины и оборудование для сортирования материалов

Сортировка - процесс выделения из неоднородной смеси дробленого материала кусков требуемой крупности и формы, очистки от нетоварных примесей, разделение на товарные фракции. Основными промышленными способами сортировки являются: механический способ; гидродинамический и аэрационный.

В строительстве же чаще всего применяется механический способ сортировки.

Техника и технология механических средств сортировки дробленого продукта развивается крайне медленно, и основными производственными агрегатами сортировки являются сортировочные машины - грохоты с просеивающей поверхностью в виде решет, сит и колосников.

Решето - это металлические или армированные резиновые листы с круглыми отверстиями. Сита представляют собой сетку с ячейками определенной формы и размера, изготовленную из плетенных или сваренных металлических прутков или армированных резиновых шнуров.

Колосники представляют собой просеивающую поверхность из параллельных профилированных металлических брусьев.

В зависимости от формы просеивающих поверхностей грохоты бывают плоские и барабанные. Плоские грохоты могут быть подвижными и неподвижными. К неподвижным грохотам относятся колосниковые решетки, перекрывающие бункера, а также колосники, устанавливаемые перед дробилками. Размер между щелями не менее 25...30 мм.

Подвижные плоские грохоты делят на качающиеся и вибрационные.

Для сортировки каменных строительных материалов большое распространение получили виброгрохоты, которые по способу вибровозбуждения классифицируют как гирационные, самобалансные, резонансные, инерционные и др. (см. рис. 2.43, 2.44).

При переработке строительных материалов обычно применяют следующие виды грохочения:

- предварительное грохочение, при котором из исходной горной массы выделяется материал негабаритных размеров или материал, не требующий дробления на первой стадии дробления;
- промежуточное - для выщеления продукта, не требующего дробления в последующей стадии;
- контрольное грохочение, применяемое за последней стадией дробления для контроля крупности готового продукта и выщеления отходов, при котором частицы крупнее заданного размера возвращаются на повторное дробление (замкнутый цикл);
- окончательное или товарное - для разделения готового продукта на товарные фракции.

В промышленной практике распространены три способа сортировки продуктов дробления по крупности посредством грохотов:

1 способ - «От крупного к мелкому», при котором исходный материал подается на колосник с самыми большими ячейками, а далее просеянный материал попадает на

колосник с ячейками меньшего размера и т. д. на последующие колосники рис. 2.45. Таким образом, с поверхности каждого колосника отбирается крупная фракция, а проходящая сквозь него более мелкая смесь передаётся далее для последующего отбора.

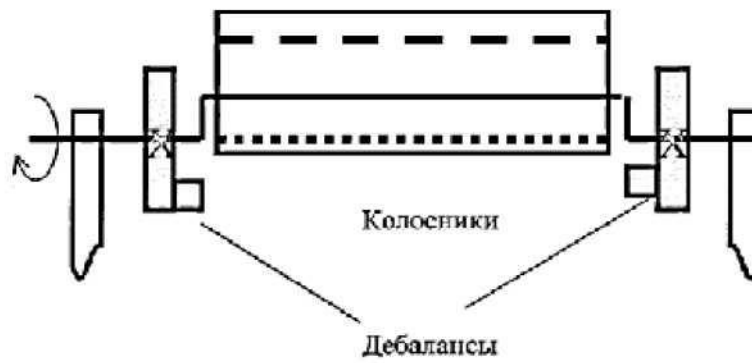
2 способ - «От мелкого к крупному»: перемещаемый по поверхности колосников материал сначала просеивается через ячейки наименьшего размера, затем - более крупного и т.д. Сквозь колосник проходит самая мелкая фракция, а с его поверхности снимается смесь более крупных фракций, рис.2.46.

3 способ - комбинированный, объединяющий описанные выше способы. Например, сначала способом «от мелкого к крупному» отделение песка и нетоварных фракций, затем - последовательное разделение фракций способом «от крупного к мелкому», рис. 2.47, а. Или сначала отделение средней и мелкой фракции «от крупного к мелкому», затем - отделение крупной фракции от больших нетоварных кусков способом «от мелкого к крупному», рис.2.47, б.

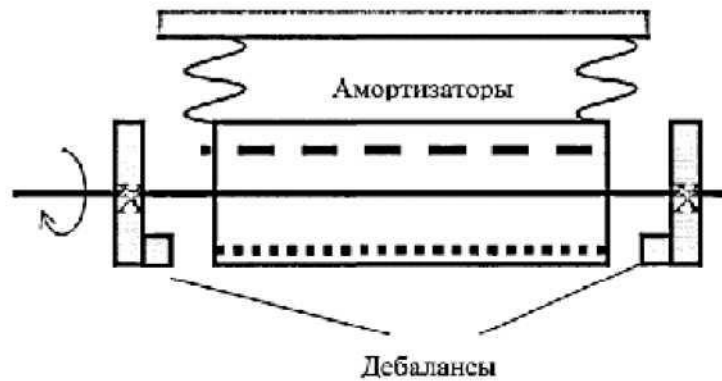
Материал, задерживаемый на поверхности колосников, относят к верхнему - надрешетному классу, а прошедший через сито - к нижнему, подрешетному классу. Отличие понятия фракции от понятия класса состоит в том, что пределы фракции определяются граничными размерами зерен дробленого материала, которые требуется получить (требуемая крупность).

Пределы же класса определяются размерами отверстий колосников, на которых происходит грохочение.

При оценке эффективности системы сортировки определяют геометрическую вероятность прохождения зерна сферической формы через просеивающую поверхность с квадратными отверстиями.



а) гиационного типа

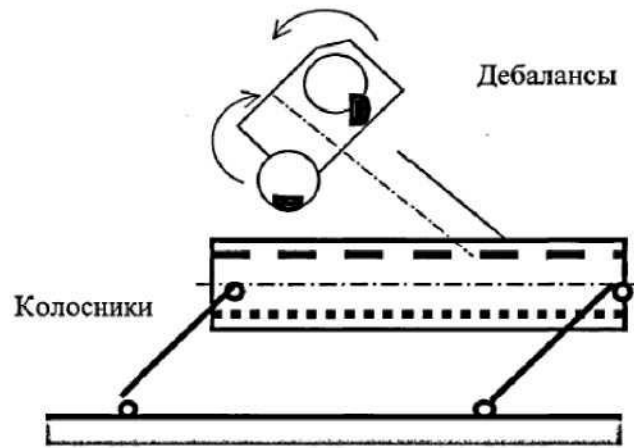


б) инерционного типа

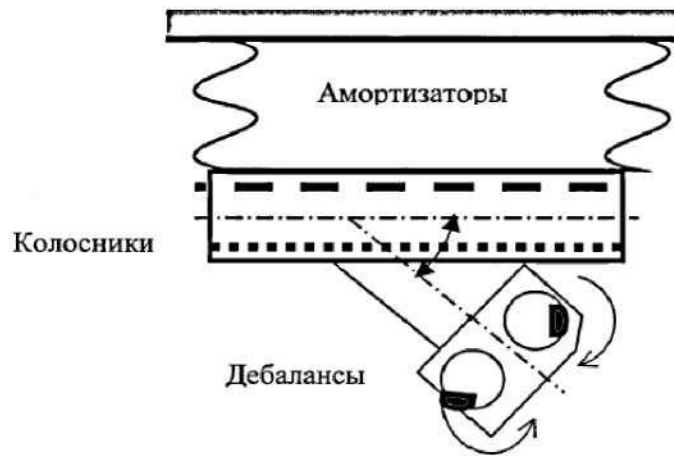
Рис. 2.43. Схемы грохотов

Различают сухой и мокрый способы грохочения. При мокром способе исходный материал поступает на грохот в виде пульпы или в сухом виде и на грохоте орошается водой. При таком грохочении материал не только разделяется по крупности, но и промывается.

Процесс грохочения принято оценивать двумя показателями: производительностью, т. е. количеством поступающего на грохот исходного материала в единицу времени, и эффективностью грохочения - отношением массы материала, прошедшей сквозь отверстия сита, к массе материала данной крупности, содержащейся в исходном продукте.



а) с вибратором направленного действия



б) с вибратором круговых колебаний

Рис. 2.44. Схемы грохотов самобалансного типа

Долговечность сита зависит от материала, из которого оно изготовлено, и в значительной степени от того, как оно закреплено в грохоте. Слабый натяг сита приводит к "подхлестыванию" сита, в результате чего проволока сита быстро ломается.



Рис. 2.45. Схемы сортировки «от крупного – к мелкому»

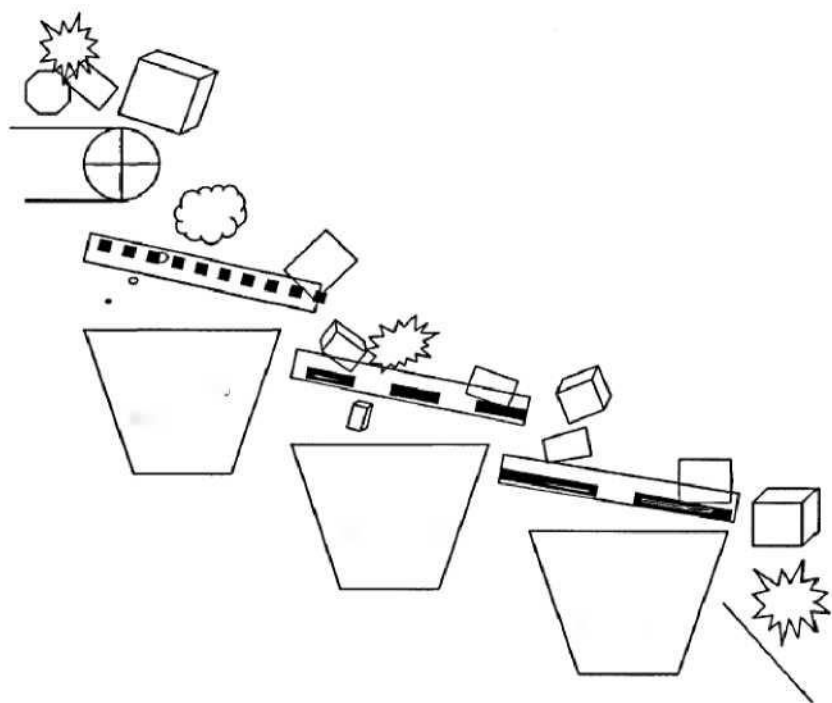


Рис. 2.46. Схемы сортировки «от мелкого - к крупному»

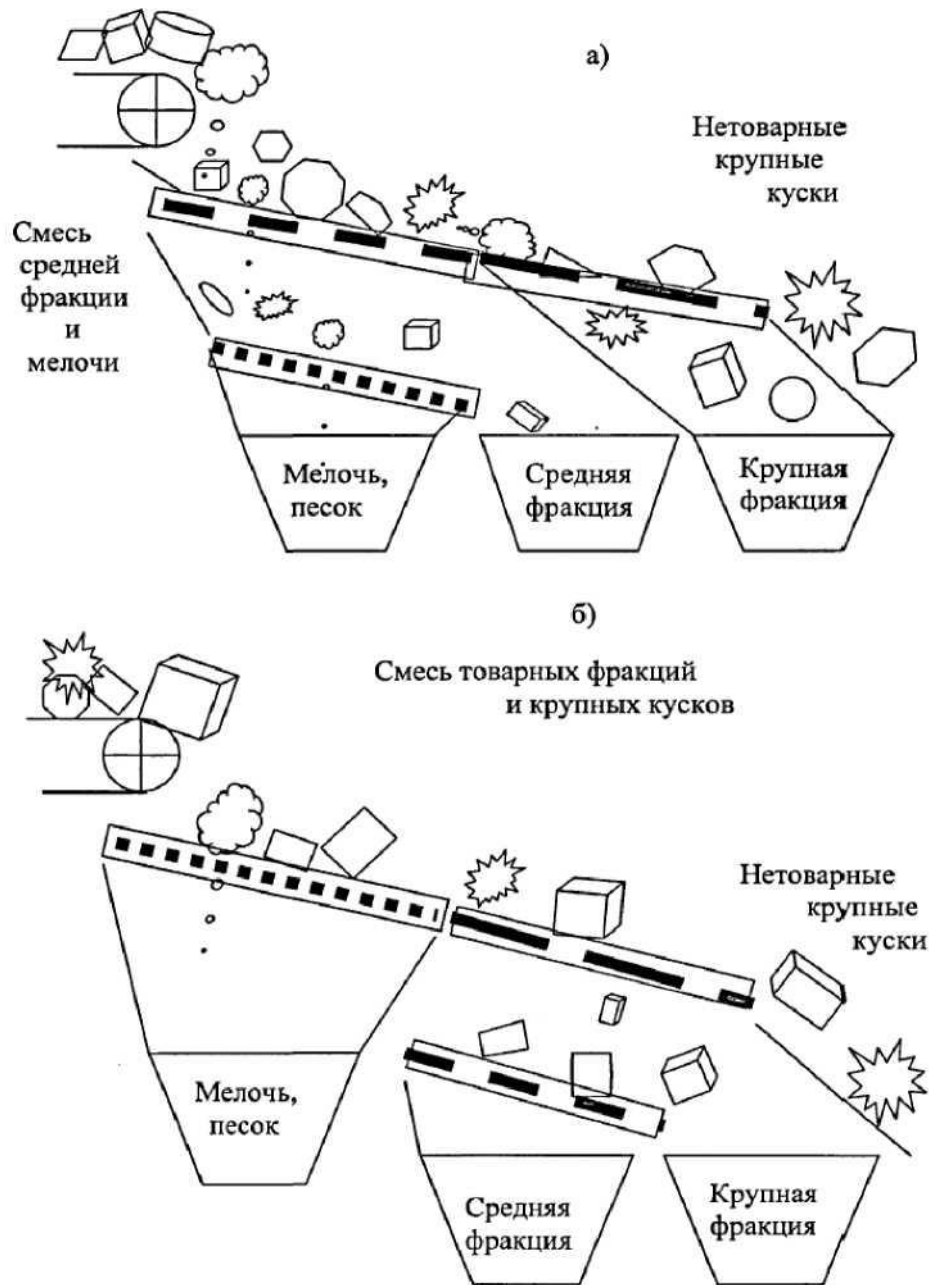


Рис. 2.47. Варианты комбинированных схем сортировки

Разработаны новые просеивающие поверхности на основе резонирующих ленточно-струнных сит (РЛСС). Ленты-струны при работе грохота совершают продольные, поперечные и поворотные колебания, причем в результате эффекта резонанса амплитуда этих колебаний в 2...3 раза выше амплитуды колебаний корпуса грохота, что обусловлено близостью частот колебаний корпуса и собственной частоты лент-струн под нагрузкой. Для защиты лент-струн от ударов в зоне загрузки на длине 1 м установлена пластина из конвейерной резиноканевой ленты толщиной 15 мм.

Исследованиями установлено, что наиболее эффективными опорами грохотов являются пневмобаллонные амортизаторы. Пневмобаллонные опоры имеют нелинейную упругую характеристику, и с возрастанием колебаний при резонансе жесткость увеличивается. Один тип пневмобаллонной опоры при изменении внутреннего давления может быть использован для различных нагрузок при различных параметрах колебаний.

Находят применение грохоты, у которых колебания просеивающей поверхности вызываются электромагнитным вибратором. В таких грохотах отсутствуют вращающиеся части, колебание сообщается только просеивающей поверхности, а короб (рама) остается неподвижным.

Просеивание зависит от соотношения размеров зерна d и отверстия l и не зависит от их абсолютных размеров. Незначительное увеличение диаметра зерна d более $0,75 l$ вызывает необходимость существенного увеличения числа отверстий на сите для прохождения его сквозь сито.

Расчет основных параметров, определяющих эффективность и производительность грохочения, включает определение размеров просеивающих поверхностей, частоты и амплитуды колебаний, углов наклона грохота, направления вращения вала вибратора, траектории движения сита и мощности на привод грохота. Оптимальное соотношение ширины и длины просеивающих поверхностей вибрационных грохотов принимается равным 1:2,5. У колосниковых грохотов тяжелого типа оптимальным является соотношение 1:2.

Дробильно-сортировочные установки и заводы

Каменные материалы перерабатывают на специализированных дробильно-сортировочных установках и заводах, которые по степени подвижности разделяют на стационарные, полустационарные (инвентарные, сборно-разборные), передвижные и плавучие.

Дробильно-сортировочные заводы разделяют: по объему выпускаемой продукции (мощности) на заводы малой производительности (до 50...100 тыс. м в год), заводы средней производительности (100...250 тыс. м в год) и заводы большой производительности (более 250 тыс. м³ в год); по схеме технологического процесса - на заводы, работающие по открытому или замкнутому циклу; по расположению в отношении рельефа местности - на заводы, расположенные на горизонтальной площадке с горизонтальной компоновкой оборудования, и заводы с вертикальной схемой компоновки.

Открытым циклом называют такой цикл, при котором дробимый материал на каждой стадии проходит через дробилку только один раз и сверхмерный материал не поступает для дополнительного дробления. Более равномерный продукт получается при замкнутом цикле дробления, когда сверхмерный материал поступает для повторного дробления и грохочения. На дробильно-сортировочном заводе материал измельчается в

несколько стадий с применением различных дробильных машин, которые выбирают в зависимости от свойств исходного материала. Число стадий дробления назначают исходя из требуемой степени дробления. Так, при общей степени дробления $i_{\Sigma} = 20$ и степени дробления, которую можно получить на одной машине для большинства дробильного оборудования $i = 3 \dots 7$, нужно применить две стадии дробления, например с измельчением на первой стадии $i_1 = 3$ и на второй $i_2 = 7$. Тогда $i_{\Sigma} = i_1 i_2 = 3 \times 7 = 21$. Принципиальная схема трехстадийного процесса переработки горных пород на дробильно-сортировочном заводе показана на рис. 2.48. Горная масса поступает в бункер 7 и питателем 2 подается на предварительное сортирование, которое производится на тяжелых колосниковых грохотах 3. Из исходной горной массы отбирается материал, не требующий дробления в машинах первой стадии. В зависимости от степени загрязнения нижний продукт может быть направлен на дальнейшее дробление или исключен из процесса переработки. Верхний продукт поступает в дробилку 4 первичного (крупного) дробления, где размер отдельных кусков уменьшается до 125...250 мм. Это обеспечивает нормальную работу дробилок последующей стадии.

Нижний продукт после предварительного сортирования и материал, прошедший первую стадию дробления, подают на грохот 5 для промежуточного сортирования, назначение которого - исключить из потока материала продукт, не требующий переработки в машине 6 второй стадии дробления. Это снижает нагрузку на дробилку вторичного (среднего) дробления и уменьшает переизмельчение материала. На этой стадии дробления устанавливают одну или несколько дробилок для среднего дробления и получают куски размером 46...125 мм. Нижний продукт первого грохота 5 для промежуточного сортирования и продукт, прошедший дробилку 6 второй стадии дробления, поступают на второй грохот 7 для промежуточного сортирования. Дробилка 8 для мелкого дробления, установленная на третьей стадии, перерабатывает до товарного размера 40 мм материал, полученный на предыдущих стадиях. Для этого в зависимости от вида горной породы применяют конусные, молотковые и роторные дробилки для мелкого дробления.

После дробилки третьей стадии материал поступает на грохот 9 поверочного (контрольного) грохочения и на грохот 10 окончательного сортирования. На этом грохоте верхнее сито устанавливают на максимальный размер фракции готового продукта. С этого сита верхний продукт, т. е. зерна размером больше 40 мм возвращаются в дробилку третьей стадии. Так осуществляется замкнутый цикл дробления.

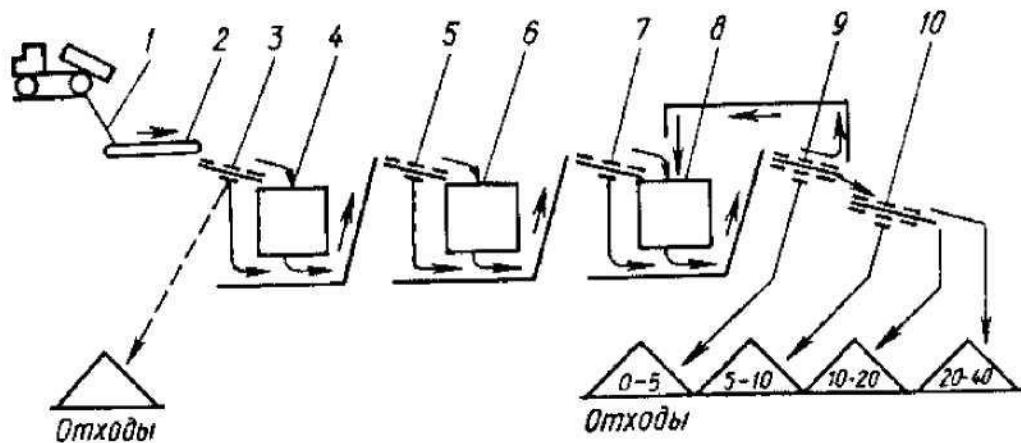


Рис. 2.48. Принципиальная схема трехстадийного процесса переработки горных пород

Применение замкнутого цикла повышает (на 25...30%) производительность дробилок последней стадии, так как допускает их работу с более широкими выходными щелями. Кроме того, замкнутый цикл позволяет более точно выдержать требования по допустимому закруплению готового продукта.

Для определения крупности и количества перерабатываемого материала, проходящего через операции технологического процесса, и соответствующего оборудования 2 рассчитывают качественно-количественную схему процесса. Схему, показывающую крупность материала после каждой отдельной операции, называют качественной.

Для расчета качественно-количественной схемы необходимо знать характеристики крупности исходной горной массы, а также характеристики дробленого продукта после каждой стадии дробления. Для точного расчета схем эти данные определяют опытным путем для каждого конкретного месторождения. Для приближенного расчета можно пользоваться типовыми кривыми гранулометрического состава исходной горной массы и продуктов дробления различных дробилок.

Машины и оборудование для приготовления и транспортирования бетонных смесей

Машины и оборудование для приготовления бетонных смесей

Цементобетонные смеси и строительные растворы представляют собой смеси, состоящие из вяжущих веществ (цемента, извести) и заполнителей (щебня, гравия и песка, а также легких материалов: шлака, пемзы, керамзита). В результате химической реакции между вяжущими веществами и водой образуется цементный (известковый) камень, заполняющий пространство между щебнем и песком. Для экономии вяжущего материала и получения более прочного бетона так подбирают компоненты смеси, чтобы между ними было наименьшее количество пустот. На технологию приготовления цементобетонных смесей большое влияние оказывает количество вяжущего вещества и

воды, которые в основном определяют подвижность и укладываемость смеси и прочность затвердевшего бетона. Затвердевший бетон характеризуется «маркой», т. е. пределом прочности образцов на сжатие в 28-дневном «возрасте». На прочность бетона влияет однородность смеси, зависящая от качества перемешивания.

Приготовление (смешивание) цементобетонных смесей и растворов осуществляется в бетоно- и растворосмесителях. Смешиванию сопутствуют вспомогательные операции: дозирование, загрузка составляющих и выгрузка готовой смеси. Устройства для осуществления вспомогательных операций могут быть выполнены в одном агрегате со смесителем или самостоятельно и входить в комплект соответствующего оборудования смесительного завода.

Смесители классифицируют по ряду признаков (рис. 2.49). Смесители бывают стационарными и передвижными. Передвижные смесители применяют на объектах с небольшими объемами работ, стационарные - на заводах. По способу смешивания различают смесители принудительного действия и гравитационные. Принудительное смешивание осуществляется при вращении лопастей или других элементов в неподвижной емкости-барабане (рис. 2.50), а в гравитационных смесителях - в результате подъема и сбрасывания смеси внутри вращающегося барабана (рис. 2.51). Гравитационные смесители проще по конструкции и способны перемешивать бетоны с более крупным заполнителем. По режиму работы смесители бывают циклического и непрерывного действия. Смесители циклического действия работают последовательными циклами. Каждый цикл состоит из операций загрузки, перемешивания и выгрузки готовой смеси. В смесителях непрерывного действия поступление компонентов и выход готовой смеси происходят непрерывно. Эти машины отличаются большой производительностью. Главным параметром смесителей непрерывного действия является их производительность.

Гравитационные бетоносмесители обеспечивают перемешивание компонентов в барабанах, к внутренним стенкам которых прикреплены лопасти. При вращении барабана смесь поднимается лопастями на некоторую высоту и затем падает вниз. При этом образуются определенные радиальные и осевые потоки движения смеси, благодаря чему различные частицы материала равномерно перераспределяются по объему замеса. Однородность смеси обеспечивается при 30...40 циклах подъема и сброса.



Рис. 2.49. Классификация машин и оборудования для приготовления цементобетонных смесей

Гравитационные бетоносмесители непрерывного действия обычно имеют цилиндрический барабан с горизонтальной осью. Такие смесители непрерывно загружают сверху через загрузочную воронку, готовая смесь также непрерывно выгружается с противоположного конца. Производительность регулируют, меняя производительность дозаторов. Такие бетоносмесители хорошо зарекомендовали себя при приготовлении смеси одной марки. При переналадке на смесь новой марки они уступают смесителям циклического действия. Бетоносмесители изготавливают с наклоняющимися и ненаклоняющимися барабанами. Смесительные барабаны могут быть грушевидной, конусной и цилиндрической формы.

По способу выгрузки гравитационные смесители бывают: опрокидными, в которых выгрузка замеса осуществляется наклоном барабана в сторону выгрузочного

отверстия; реверсивными, выгружаемыми в результате обратного вращения, что обеспечивает движение материала в сторону выгрузочного отверстия; с вводным лотком, по которому смесь выгружается из барабана (рис. 2.52).

Главным параметром гравитационных бетоносмесителей циклического действия является объем готового замеса V_3 (л), который для машин, выпускаемых промышленностью, представляет собой размерный ряд: 65, 165, 330, 500, 800, 1000, 2000, 2600, 3000 л. При этом между объемом готового замеса и объемом сухих компонентов, загружаемых в барабан на один замес $V_{ЗАГ}$, существует зависимость $V_3 = V_{ЗАГ} K_{В.С.}$ ($K_{В.С.}$ - коэффициент выхода смеси, для бетонных смесей $K_{В.С.} = 0,65...0,70$ и для растворов $K_{В.С.} = 0,85...0,95$). Геометрический объем смесительного барабана V_T в 2...3 раза больше $V_{ЗАГ}$. Это соотношение существенно влияет на качество смешивания. Высота лопастей для различных точек лопасти по ее длине различна.

Циклические бетоносмесители с принудительным смешиванием материалов разделяют на чаше- и корытообразные (лотковые). В чашеобразных корпус выполнен в виде чаши цилиндрической формы с одним или несколькими перемешивающими валами. В корытообразных бетоносмесителях корпус оснащен одним или двумя перемешивающими лопастными валами. Бетоносмесители принудительного смешивания более производительны, они обеспечивают приготовление смесей высокой жесткости, чего нельзя достичь в гравитационных бетоносмесителях.

Бетоносмесители с эксцентрично расположенными валами разделяют на прямоточные и противоточные с вращающейся или неподвижной чашей. Прямоточные имеют направление вращения лопастного вала, которое совпадает с направлением движения смешиваемых материалов, обеспечиваемого вращающейся чашей или лопастями, которые закреплены на траверсе. В противоточных бетоносмесителях вращающаяся чаша или траверса со скребками направляет смешиваемые материалы к лопастным валам.

Смешивающие аппараты чашеобразных бетоносмесителей выполняют планетарно-роторными и роторными. Роторные чашеобразные бетоносмесители более просты по конструкции, чем планетарно-роторные, так как не имеют вращающихся лопастных валов. Смешивающие лопасти расположены на разных расстояниях от оси чаши так, чтобы при вращении ротора они перекрывали всю площадь смесительного пространства (рис. 2.53). Такие бетоносмесители хорошо работают при приготовлении подвижных бетонных смесей и строительных растворов. Смеситель представляет собой корпус с вертикальной осью, внутри которого со скоростью 6...8 м/с вращается ротор. Исходные материалы после дозирования загружают сверху через отверстие в крышке корпуса, выгрузка готовой смеси производится через дно корпуса.

Двухвальные и одновальные смесители лоткового типа обеспечивают приготовление любых смесей, включая бетонные на пористых заполнителях плотностью менее 1000...1200 кг/м³. В двухвальных лотковых смесителях вращающиеся в противоположных направлениях валы с лопастями, расположенными по прерывистой

винтовой линии, создают перекрестное перемещение смешиваемых материалов от стенок к центральной части корпуса вверх, откуда материалы, опускаясь под действием сил тяжести, возвращаются от центра к периферии. Всплывание легких фракций заполнителей при этом исключается. При такой схеме перемещения путь, проходимый частицами приготовляемой смеси, сокращается и снижается энергоемкость процесса.

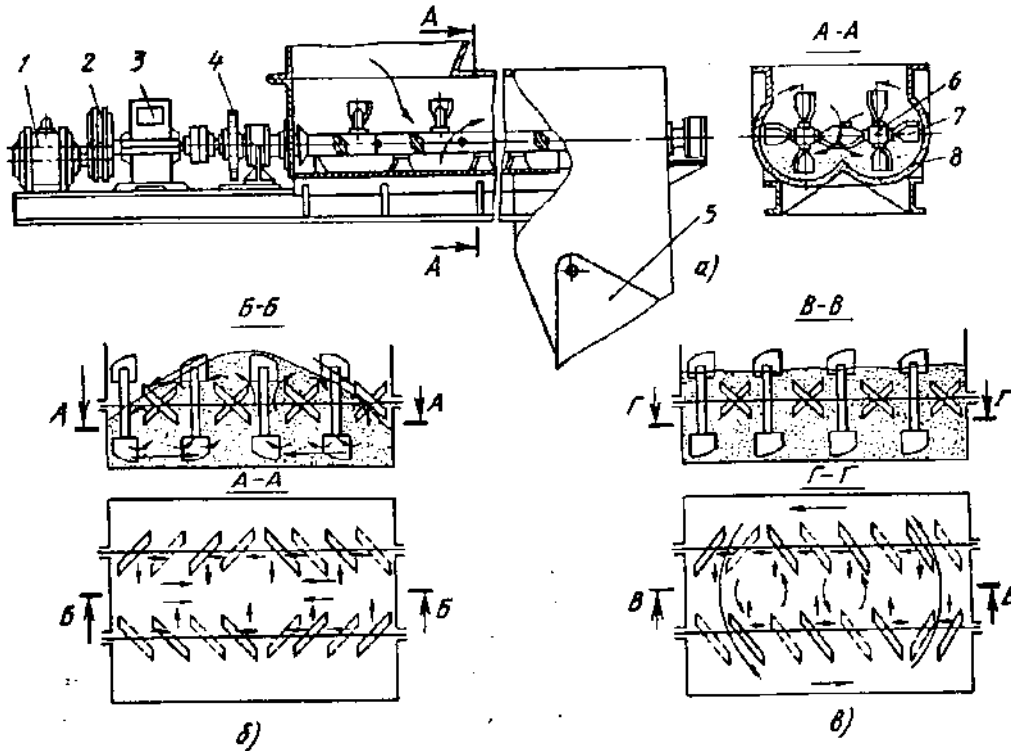


Рис. 2.50. Двухвальный смеситель с горизонтальными валами непрерывного действия: *a* - схема смесителя; 1 - двигатель; 2 - клиноременная передача; 3 - редуктор; 4 - зубчатая передача; 5 - разгрузочный затвор; 6 - лопастные валы; 7 - лопасть; 8 - корыто смесителя. Схема движения смеси в корпусе смесителя: *б* - противоточная; *в* - поточно-контурная

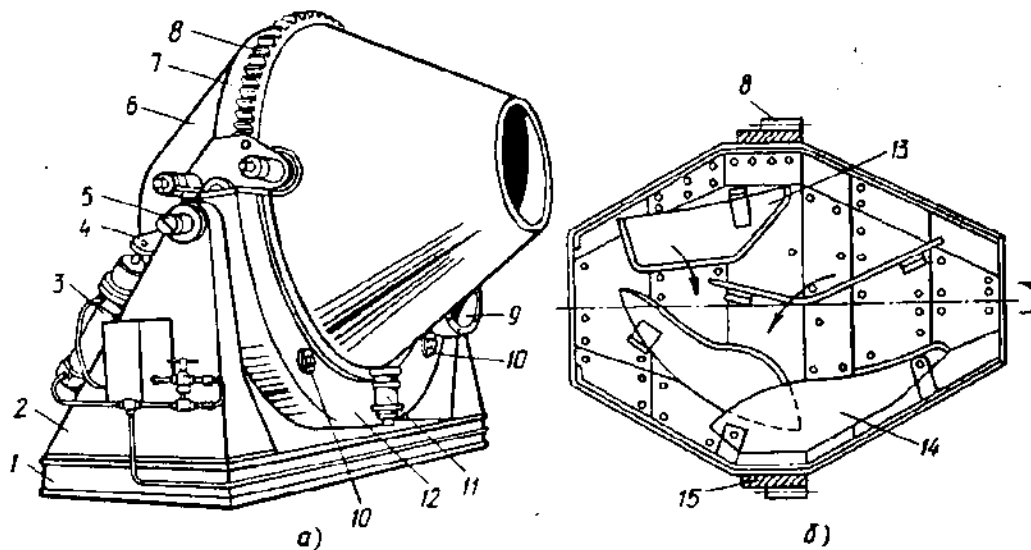


Рис. 2.51. Бетоносмеситель с двухконусным барабаном: *а* - общий вид; *б* - схема устройства смесительного барабана; 1 - станина; 2 - стойка; 3 - пневмоцилиндр; 4 - кронштейн; 5 - шип траверсы; 6 - барабан; 7, 15 - обод; 8 - зубчатый венец; 9 - электродвигатель; 10 - опорные ролики; 11 - упорный ролик; 12 - траверсы; 13, 14 - лопасти

Корпуса лотковых смесителей вместе с разгрузочными затворами выложены внутри легкосменяемой облицовкой, изготовленной из стали, полимеров, керамики, базальта. В некоторых конструкциях двухвальных лотковых смесителей готовая продукция выгружается при разъеме дна корпуса, создаваемого поворотом двух половин корпуса вокруг валов в противоположных направлениях на некоторый угол. Это позволяет сократить время выгрузки готовой смеси до 5...7 с, что в 4...5 раз меньше продолжительности выгрузки готовой смеси из роторных смесителей.

Возможны различные схемы установки лопастей на валах смесителей непрерывного действия. При поточной схеме лопасти на обоих валах обеспечивают поступательное движение смеси от загрузочного отверстия смесителя к разгрузочному. При поточно-контурной схеме лопасти одного вала перемещают смесь в сторону разгрузочного отверстия, а другого вала - в обратном направлении. В поточно-контурной схеме корпус установлен с наклоном в сторону разгрузки под углом, $\alpha = 3$ град.

Исследования влияния частоты n вращения лопастных валов на степень сепарации смеси показали, что превышение n выше некоторого «критического» значения приводит к росту неоднородности смеси на выходе из смесителя. Этого не наблюдается, если частота вращения n валов не достигает критических значений, но и при этом степень неоднородности в зоне выхода из смесителя несколько повышается.

Вибрационные смесители обеспечивают интенсификацию перемешивания жестких бетонных смесей. При вибрировании разрушаются структурные связи смеси, и она становится более текучей, при этом улучшается использование вяжущих свойств цемента, так как при соударении частиц с них удаляются продукты гидратации и в реакцию вступают новые поверхности. Однако некоторыми исследованиями

установлено, что применение вибрации для перемешивания смесей, содержащих большое количество воды, существенно не увеличивает прочность бетона, в то время как энергозатраты при виброперемешивании увеличиваются в 1,5...2 раза. Виброперемешивание экономически выгодно при приготовлении жестких бетонных смесей с мелкозернистыми заполнителями. Вибрация может передаваться смеси через корпус смесителя или через лопасти (рис. 2.54, а).

В гравитационных и лотковых смесителях готовят смеси с наибольшей крупностью заполнителей до 150...80 мм. Наименьшую энергоемкость 1,1...1,3 кВт/м³ имеют гравитационные смесители. Среди смесителей принудительного действия менее энергоемки лотковые смесители (3,2...3,35 кВт/м³) по сравнению с тарельчатыми смесителями (3,5...4 кВт/м). Большую эффективность имеют лотковые двухвальные смесители перед тарельчатыми и лотковыми одновальными. Гравитационные смесители эффективны при приготовлении подвижных смесей с осадкой конуса 3...5 см и больше с наибольшей крупностью заполнителей до 180 мм.



Рис. 2.52. Схемы неопрокидных бетоносмесителей:
а - реверсивного; б - с выгрузочным лотком

По сравнению с тарельчатыми смесителями роторного типа применение лотковых двухвальных смесителей снижает энергоемкость смешивания на 20% и сокращает расход цемента на 50 кг/м³.

Перспективы развития бетоносмесителей. Разработаны новые комбинированные смесители (рис. 2.54, б) для приготовления различных бетонных смесей. Смеситель представляет собой барабан, состоящий из двух полусфер, одна из которых жестко связана с приводным горизонтальным валом. Полусферы соединены между собой герметизированным резиновым уплотнителем, обеспечивающим передачу крутящего момента от одной полусферы к другой. Приготовление смеси осуществляется во вращающемся барабане с помощью расположенных внутри обеих полусфер смесительных лопастей. Загрузка исходных компонентов осуществляется через торцовое отверстие левой полусферы, по окончании смешивания правая полусфера отводится по валу вправо и через образовавшийся кольцевой разъем выгружается готовая смесь. Считают, что в таких смесителях можно получить смеси любой удобоукладываемости с

наибольшей крупностью заполнителей до 150 мм при сокращении энергоемкости, времени приготовления смеси и ее разгрузки.

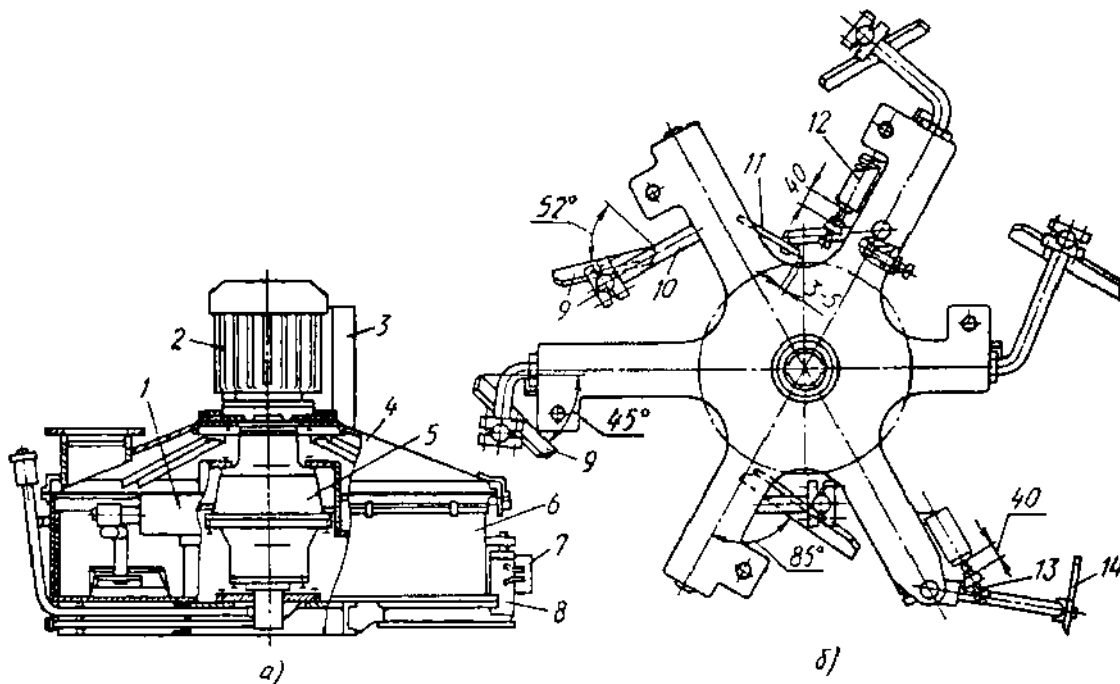


Рис. 2.53. Роторный смеситель с вертикальным валом: *а* - общий вид; *б* - лопастной аппарат; 1 - лопастной аппарат; 2 - электродвигатель; 3 - пульт управления; 4 - крышка чаши; 5 - редуктор; 6 - неподвижный корпус - чаша; 7 - пневмоцилиндр затвора; 8 - затвор; 9 - держатель лопасти; 10 - водило; 11 - лопасть для очистки обечайки внутреннего стакана; 12 - амортизатор; 13 - регулировочный винт; 14 - лопасть для очистки стенок корпуса

В условиях, требующих повышенной однородности смеси, находят применение безлопастные смесители с гибким корпусом или спирально-вихревые смесители. Такой смеситель (рис. 2.54, *в*) имеет смонтированный на валу наклонный под определенным углом к горизонту металлический диск. По окружности диска жестко укреплен гибкий конический корпус, в верхней части которого закреплено металлическое кольцо. Для предотвращения образования «мертвых зон» и вихреобразования в центре наклонного диска установлен конус. Безлопастные смесители с гибким корпусом обеспечивают по сравнению со смесителями традиционных типов меньшую продолжительность приготовления смесей (10...30 с). Смесители имеют большую металлоемкость и значительные размеры при ограниченной вместимости (до 0,5 м³).

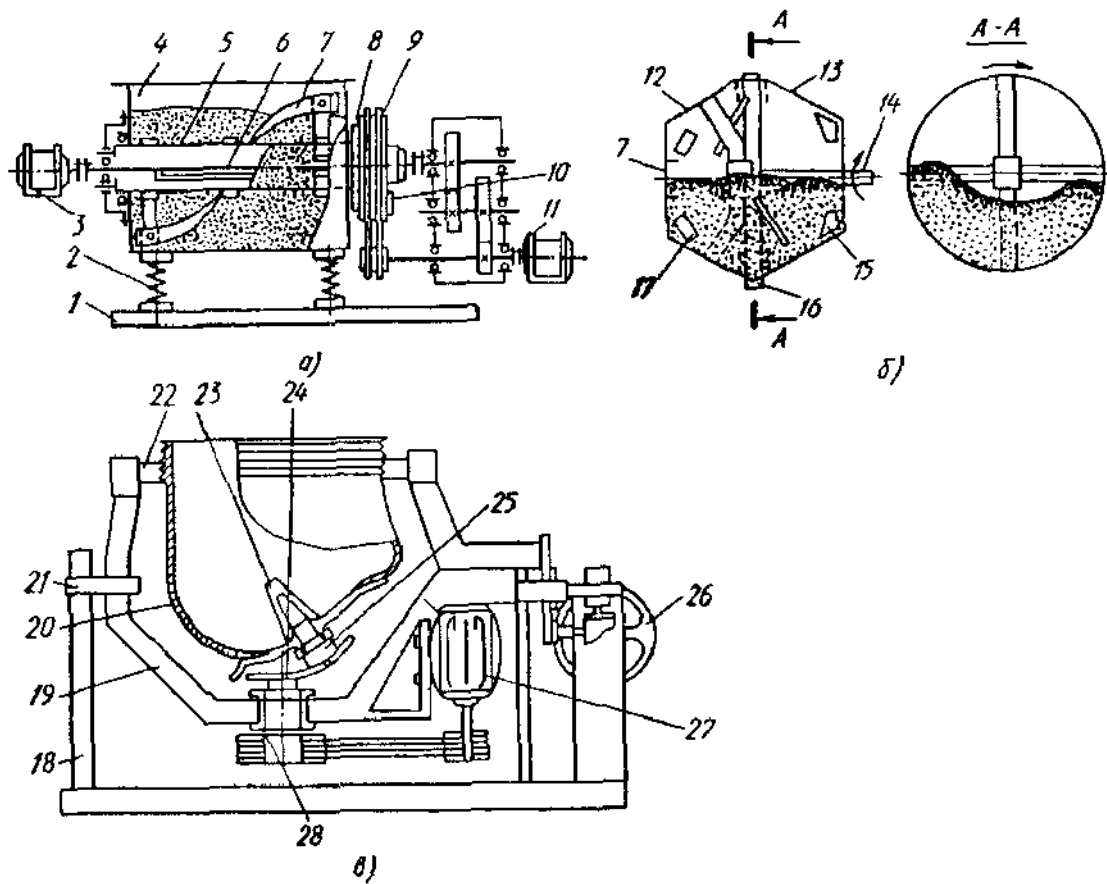


Рис. 2.54. Схемы смесителей интенсифицирующего действия: *а* - двухвальный роторный вибросмеситель; *б* - комбинированный смеситель; *в* - смеситель с гибким корпусом; 1 - рама; 2 - опорные пружины; 3 - электродвигатель привода дебалансного вала; 4 - барабан; 5 - трубчатый вал; 6 - дебалансный вал; 7 - лопасть; 8 - стакан; 9 - приводной шкив; 10 - дебаланс; 11 - электродвигатель привода лопастного вала; 12, 13 - полусферы; 14 - приводной вал; 15, 17 - смесительные лопасти; 16 - резиновое уплотнение; 18 - неподвижная рама; 19 - подвижная рама; 20 - гибкий корпус смесителя; 21 - ось поворота; 23 - опора корпуса; 24 - центральный конус; 25 - кривошип; 26 - механизм опрокидывания; 27 - приводной вал с электродвигателем; 28 - опорный подшипник

В качестве защитной футеровки в смесителях широко используют полимеррезиновые материалы, которыми облицовываются лопасти и внутренние полости смесителей. Помимо увеличения срока службы смесителей в 1,5...2 раза улучшаются санитарно-гигиенические условия труда, обслуживающего персонала. При работе смесителей с металлической футеровкой на частотах 500...4000 Гц уровень звукового давления превышает нормативный, а при замене металлической футеровки полимеррезиновой уровень звукового давления снижается до уровня, допускаемого санитарными нормами.

Заводы и передвижные установки для приготовления цементобетонных смесей

Технологический процесс сооружения бетонных покрытий начинается с приготовления бетонной смеси, состав которой определяет качество сооружения. Смесительные установки и заводы в дорожном строительстве готовят до $240\text{м}^3/\text{ч}$ цементобетонных смесей. Передвижные бетонные заводы бывают в двух исполнениях: блочном и транспортном. Блочное исполнение заводов предусматривает монтаж оборудования на самостоятельных жестких рамах. Каждая отдельная группа механизмов (блок) должна допускать перевозку на прицепах - тяжеловозах. Такое исполнение позволяет предельно сократить время на монтаж, демонтаж и транспортирование оборудования. Бетонные заводы включают дозировочное и смесительное отделения, склад цемента, погрузочно-транспортировочное оборудование, силовую и насосную станции или заменяющие их трансформаторную подстанцию и линии водопровода. Вода также может подвозиться автоцистернами. Силовое, насосное и конвейерное оборудования, входящие в комплект завода, также изготавливаются в транспортном исполнении. Заводы должны обеспечивать работу комплекта с линейным бетоноукладочным оборудованием.

Эффективное использование высокопроизводительных комплектов машин для производства бетонных смесей требует организации притрассовых передвижных цементобетонных заводов на базе смесителей принудительного и гравитационного перемешивания производительностью не ниже $120\text{ м}^3/\text{ч}$ циклического (рис. 2.55) и непрерывного (рис. 2.56) действия.

Бетоносмесительный завод включает в себя следующие основные блоки: смеситель; дозировочный агрегат минеральных материалов; дозировочный агрегат цемента; три ленточных питателя; инвентарный склад цемента; емкость для воды; агрегат приготовления добавок; два пульта управления (самой установки и склада цемента). На смесителе установлен дозатор воды, под ним - ленточный транспортер выдачи смеси в автомобили-самосвалы, а сзади - тарировочное устройство для проверки работы дозаторов. Дозировочные агрегаты включают в себя три расходных бункера для заполнителей с дозаторами и расходный бункер для цемента с дозатором и автоматическими указателями нижнего и верхнего уровня цемента. Полная загрузка расходного бункера обеспечивает 30-60 мин работы установки. Дозаторы, установленные под расходными бункерами, подают отдозированный цемент и заполнитель на горизонтальный транспортер, откуда сухие составляющие бетонной смеси поступают на наклонный конвейер и с него в смеситель. Инвентарный склад цемента вместимостью 300 т состоит из восьми вертикальных металлических емкостей, оборудованных указателями нижнего и верхнего уровней и пневмоподъемниками, передающими цемент в расходный бункер. Емкость для воды и агрегат приготовления

добавок вмещают по 9 т жидкости и оборудованы насосами для ее перекачки. Расходный склад заполнителей (песка и двух фракций щебня) применяется открытого штабельного типа с разделительными вертикальными стенками (или без них) и располагается рядом со смесительной установкой.

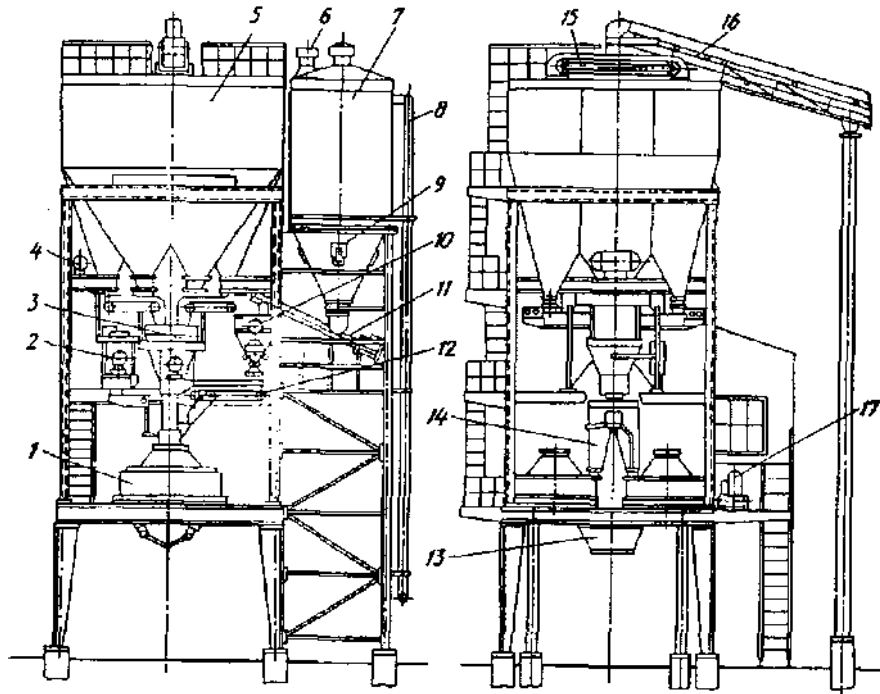


Рис. 2.55. Схема бетоносмесительного узла с двумя смесителями принудительного действия:
 1 - смеситель с вертикальным лопастным валом; 2 - дозатор воды; 3 - многофракционный дозатор заполнителей для последовательного взвешивания до шести компонентов; 4 - бак для воды; 5 - бункера; 6 - циклон; 7 - силос; 8 - труба пневмоподачи цемента; 9 - сводаобрушитель; 10 - дозатор цемента; 11 - винтовой питатель; 12 - ленточный питатель; 13 - бункер готовой смеси; 14 - сборная двухрукавная воронка; 15 поворотный ленточный питатель заполнителей; 16 - ленточный транспортер заполнителей; 17 - компрессор пневмоуправления

Машины и оборудование для транспортирования бетонных смесей

Продукция смесительных заводов доставляется потребителям в виде готовой бетонной смеси, сухой смеси автосамосвалами и автобетоновозами, а также автобетоносмесителями, готовая смесь транспортируется автомобилями-самосвалами с центральной или боковой выгрузкой и специальными бетоновозами с побудителями и без побудителей. Автобетоновозы с побудителями транспортируют смесь на расстояние до 25...30 км (не более 1...1,5 ч), а без побудителей - до 5 км. Такие автобетоновозы по сравнению с автобетоносмесителями обеспечивают перевозку жестких бетонных смесей и увеличение коэффициента использования грузоподъемности машин благодаря отсутствию дополнительного оборудования водяной системы.

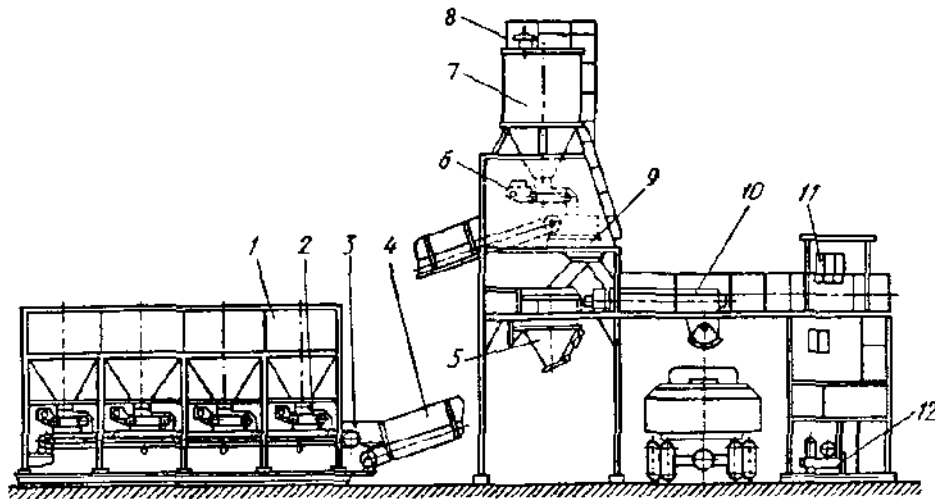


Рис. 2.56. Схема двухступенчатого автоматизированного бетонного завода непрерывного действия для приготовления бетона 12 марок по перфокартам: 1 - бункера для заполнителей; 2 - дозаторы заполнителей непрерывного действия; 3 - ленточный транспортер заполнителей; 4 - наклонный ленточный транспортер; 5 - тарировочный дозатор циклического действия; 6 - дозатор цемента; 7 - бункер для цемента; 8 - S-фильтр цементного бункера; 9 - сборная воронка; 10 - смеситель непрерывного действия; 11 - блок управления; 12 - водяной насос-дозатор

Автобетоновозы без побудителя отличаются простотой конструкции. Кузов автобетоновоза поворачивается гидроцилиндрами под любым углом (в диапазоне 180 град.) на любую сторону и назад. В качестве дополнительного оборудования автобетоновоз имеет съемный желоб, используемый при укладке смеси в узкую опалубку или при выдаче ее в бадью. Ряд автобетоновозов унифицирован; они работают в режиме автобетоносмесителя. В этом случае вода для затвердения подается в смесительный барабан одновременно с загрузкой автобетоновоза компонентами сухих бетонных смесей. Перемешивание производится по пути следования к объекту выдачи. Они работают при температуре окружающего воздуха в диапазоне $-40 \dots +40^{\circ}\text{C}$. Их элементы утеплены теплоизоляционным слоем из пенополиуретана.

Автобетоновозы принадлежат к типу машин большой грузоподъемности, рабочим органом которых является барабан сигарообразной формы.

Оборудование автобетоновозов смонтировано на специальном седельном полуприцепе к тягачам. Автобетоновозы могут загружаться от специальных установок передвижных или стационарных бетонных заводов, приспособленных для выдачи готовых и сухих бетонных смесей в автобетоносмесители.

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 его барабан. Применение автобетоносмесителей значительно увеличивает расстояния транспортирования бетонной смеси. Автобетоносмесители выпускают на шасси грузовых автомобилей типа КамАЗ, КрАЗ и др., на которых монтируют смесительный барабан с его приводом,

систему подачи воды, загрузочное и разгрузочное устройства и рычаги управления смесительным барабаном (рис. 2.57 и 2.58). Смесительный барабан имеет три точки опоры: в передней части он через цапфу опирается на главный опорный подшипник, а в задней части через бандаж - на два опорных ролика. Две винтовые лопасти обеспечивают захват компонентов из горловины и подачу изнутри барабана, гравитационное смешивание и выдачу готовой смеси через лоток на ленточный конвейер или бетононасос, в бадью или непосредственно к месту укладки. Разгрузка барабана автобетоносмесителя производится при обратном вращении барабана.

Система подачи воды состоит из бака, насоса, дозатора и насадка, направляющего струю воды внутрь барабана. Вода в смесительный барабан подается в момент приготовления смеси; после выгрузки барабан промывается. Экономически выгодными являются автобетоносмесители объемом готового замеса $3 \dots 10 \text{ м}^3$. Мощность двигателя привода барабана $6 \dots 7 \text{ кВт}$ на 1 м^3 готового замеса, частота вращения барабана $3 \dots 18 \text{ 1/мин}$. Барабаны автобетоносмесителей имеют меньший диаметр, большую длину, чем барабаны стационарных смесителей, и характеризуются большим коэффициентом загрузки, принимаемым равным $0,8 \dots 0,9$. Автобетоносмесители на шасси КамАЗ см. на рис. 2.59.

Машины для уплотнения бетонных смесей

При укладке бетонную смесь уплотняют с целью вытеснения содержащегося в ней воздуха и более компактного расположения составляющих. Уплотняют бетонную смесь вибрированием, сообщая ее частицам механические колебания, возбудителями которых являются вибраторы. При вибрировании бетонная смесь приобретает повышенную подвижность, способствующую вытеснению воздуха и заполнению всех пустот между арматурой и опалубкой. От качества уплотнения зависят прочность и долговечность сооружения или изделия.

Колебания в вибраторах создаются двумя способами: вращением закрепленной на валу неуравновешенной массы (дебаланса) и возвратно-поступательным направленным перемещением массы. Вращение неуравновешенной массе может сообщаться от различного рода двигателей: электрического (электромеханические вибраторы), пневматического (пневматические вибраторы), гидравлического (гидромеханические вибраторы), внутреннего сгорания (моторные вибраторы). Возвратно-поступательное движение массе сообщается электромагнитом (электромагнитные вибраторы). Одновалные дебалансные и планетарные вибраторы возбуждают круговые колебания; дебалансные вибраторы с четным количеством валов, маятниковые одновалные и электромагнитные вибраторы - направленные.

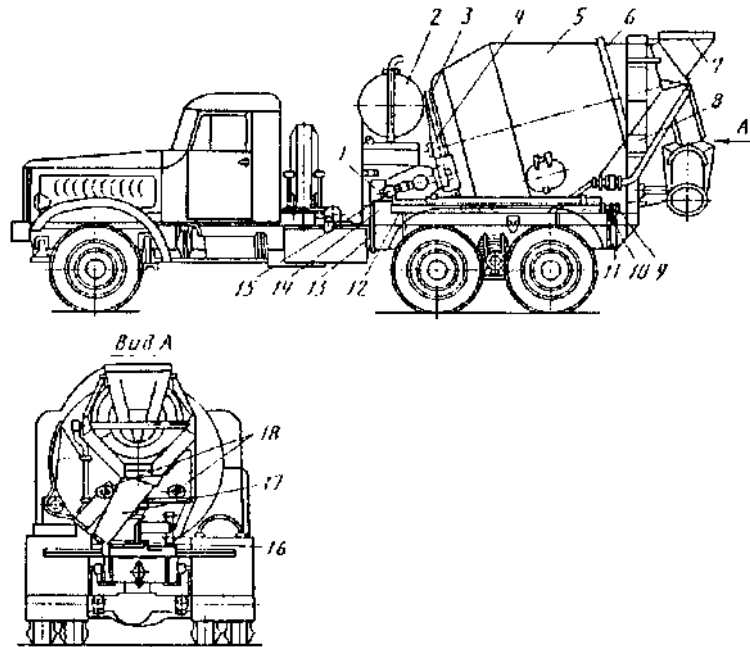


Рис. 2.57. Автобетоносмеситель: 1 - рычаг управления декомпрессором; 2 - бак для воды; 3 - ведомая звездочка; 4 - главный подшипник барабана; 5 - смесительный барабан; 6 - бандаж; 7 - загрузочное устройство; 8 - лестница; 9 - рычаг управления муфтой сцепления; 10 - рычаг управления подачей топлива; 11 - рычаг управления механизмом реверсирования редуктора; 12 - рама; 13 - шасси; 14 - контрольно-измерительная аппаратура; 15 - редуктор привода барабана; 16 - устройство для поворота лотка; 17 - лоток; 18 - опорные ролики

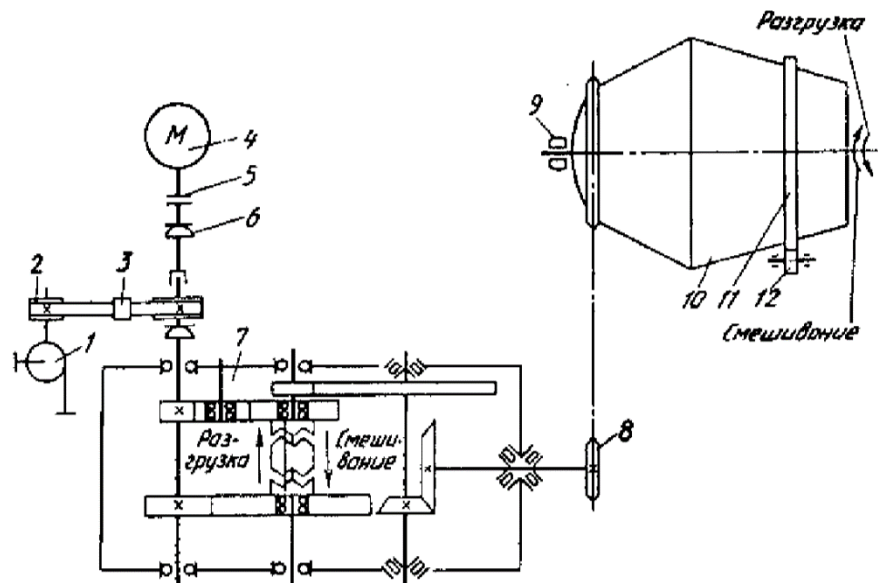


Рис. 2.58. Кинематическая схема автобетоносмесителя: 1 - насос для подачи воды; 2 - ведомый шкив; 3 - натяжной ролик; 4 - двигатель; 5 - муфта сцепления; 6 - карданный вал; 7 - редуктор; 8 - цепная передача; 9 - главный опорный подшипник, 10 - барабан; 11 - бандаж; 12 - опорный ролик

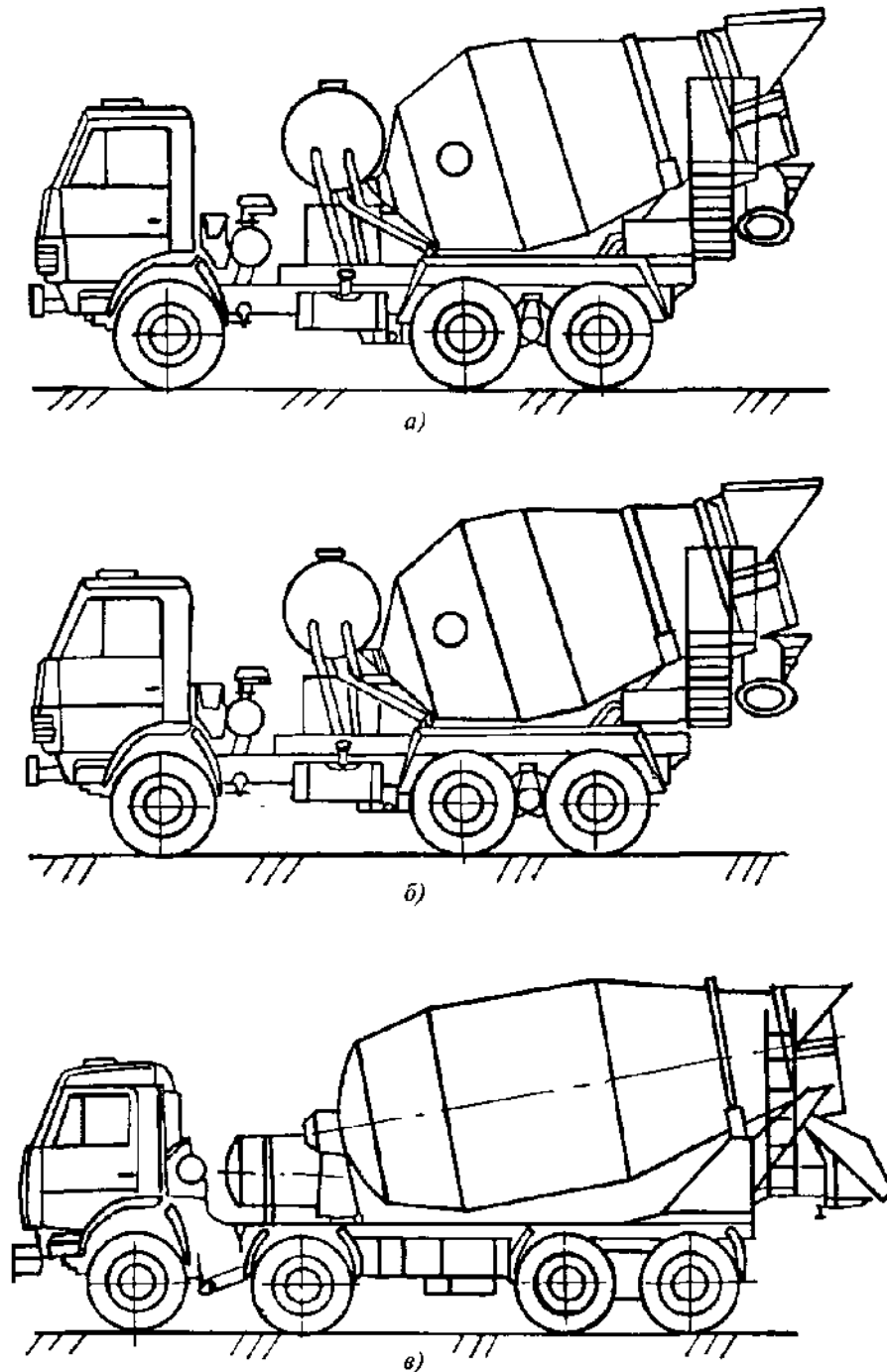


Рис. 2.59. Автобетоносмесители на шасси КамАЗ: *а* - полезный объем смесительного барабана $V = 5 \text{ м}^3$; *б* - $V = 6 \text{ м}^3$; *в* - $V = 8 \text{ м}^3$

В строительстве наибольшее распространение получили электрические и пневматические вибраторы с круговыми колебаниями. По сравнению с электрическими, пневматические вибраторы применяются реже, так как они нуждаются в компрессорной установке и при работе издают шум. Электрические вибраторы в индексе модели имеют буквенное обозначение ИВ, пневматические - ВП. Цифровая часть индекса означает номер модели, буквы после цифрового индекса - порядковую модернизацию вибратора. Каждый вибратор характеризуется

вынуждающей силой, статическим моментом дебалансов, частотой и амплитудой колебаний.

Частоту колебаний вибратора подбирают в зависимости от подвижности бетонной смеси и размера фракций ее заполнителей. Бетонные смеси с крупными фракциями заполнителей уплотняют вибраторами с низкой частотой и большой амплитудой колебаний, с мелкими фракциями - вибраторами с высокой частотой и малой амплитудой колебаний. Продолжительность работы вибратора на одной позиции должна быть такой, чтобы обеспечит достаточное уплотнение бетонной смеси; конец вибрирования определяют по внешним признакам уплотнения бетонной смеси - прекращение оседания смеси, появление цементного молока на ее поверхности и прекращение выделения воздушных пузырьков.

По способу воздействия на уплотняемую бетонную смесь различают поверхностные (рис. 2.60, а), наружные (рис. 2.60, б) и глубинные (рис. 2.60, в) вибраторы.

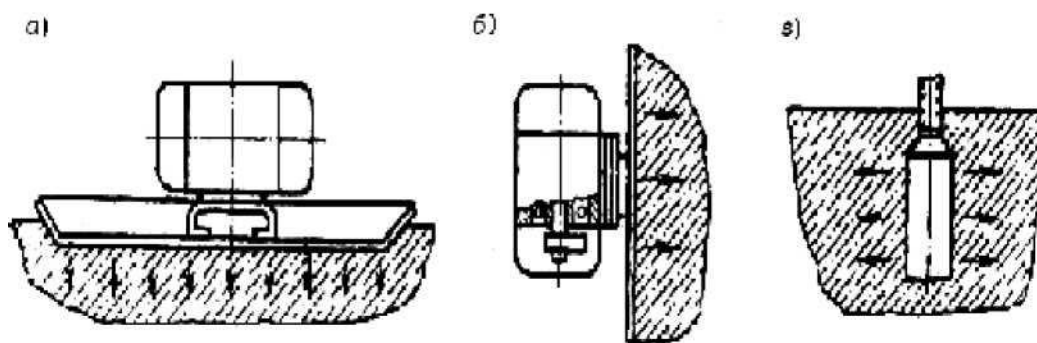


Рис. 2.60. Схемы вибраторов

Тема 6. Машины для отделочных работ

Ручные машины

Ручной называют технологическую машину, снабженную встроенным двигателем, при работе которой масса машины полностью или частично воспринимается руками оператора. От двигателя осуществляется главное движение рабочего органа, а все вспомогательные движения (подача, управление, установление режима и длительность операции) выполняются вручную.

Наибольшее распространение получили ручные машины в строительстве при выполнении санитарно-технических, отделочных, монтажных и ремонтных работ, а также работ по монтажу металлоконструкций и технологического оборудования. Применение ручных машин позволяет в 5...10 раз увеличить производительность труда (по сравнению с работой вручную), значительно снизить трудоемкость и повысить качество выполняемых технологических операций, а также улучшить условия труда рабочего.

Ручные машины (РМ) классифицируют по следующим признакам: по назначению - машины для обработки металлов, дерева и камня, для сборочных, отделочных, монтажных, земляных и буровых работ;

по виду привода - электрические, пневматические, моторизованные (с приводом от двигателя внутреннего сгорания), гидравлические и пороховые машины (монтажные пороховые пистолеты, пиротехнические оправки);

по способу преобразования энергии питания - электромагнитные, механические, компрессионно-вакуумные и пружинные;

по исполнению и регулированию скорости - прямые (оси рабочего органа и привода параллельны или совпадают), угловые (оси рабочего органа и привода расположены под углом), реверсивные и нереверсивные, односкоростные и многоскоростные;

по характеру движения рабочего органа - машины с вращательным, возвратно-поступательным и сложным движением. У вращательных машин силовое воздействие рабочего органа на обрабатываемый объект осуществляется непрерывно. Рабочие органы, совершающие возвратно-поступательное и ложное движения, оказывают силовое воздействие на обрабатываемый объект импульсами.

В строительстве преимущественное распространение получили электрические и пневматические ручные машины. Электрические ручные машины выгоднее применять при выполнении работ сравнительно небольших объемов, пневматические - при работах средних и больших объемов на объектах, обслуживаемых передвижной компрессорной установкой или располагающих централизованной сетью сжатого воздуха. По сравнению с пневматическими электрические машины имеют значительно больший (в 4...6 раз) коэффициент полезного действия. Многие виды ручных машин (машины для обработки древесины - дисковые пилы, рубанки, долбежники, трамбовки для уплотнения грунта, перфораторы и др.) выпускаются только с электрическим приводом.

Ручным машинам присваивался индекс, состоящий из буквенной и цифровой частей. По индексу можно определить вид привода, группу машины по назначению и ее конструктивные особенности. Буквенная часть индекса приводных ручных машин характеризует вид привода: ИЭ - электрический, ИП - пневматический, ИГ - гидравлический и гидропневматический, ИД - моторизованный с двигателем внутреннего сгорания. Для насадок, инструментальных головок и вспомогательного оборудования независимо от вида привода установлен индекс ИК. Цифровая часть индекса включает четыре цифры, первая из которых обозначает номер группы, а вторая - номер подгруппы классификационной таблицы. Две последние цифры индекса характеризуют регистрационный номер модели, причем каждой вновь выпускаемой модели присваивается более высокий номер. Буквы после цифровой части индекса обозначают порядковую модернизацию машины и вид ее специального исполнения. Все ручные машины разбиты на 10 групп по назначению, каждая из которых делится на 9 подгрупп в

зависимости от конструктивных особенностей каждого типа машины. Незаполненные графы таблицы предназначены для новых машин указанных групп.

В качестве примера расшифруем индекс электрической ручной шлифовальной машины ИЭ-2004Б: ИЭ - вид привода (электрический), 2 - номер группы по классификационной таблице (машина шлифовальная), 0 - номер подгруппы по виду исполнения (машина шлифовальная прямая), 04 - порядковый регистрационный номер машины, Б - порядковая модернизация машины (вторая). Единая система индексации ручных машин способствует упорядочению их выпуска и облегчает задачу обоснованного выбора машин.

Машины для отделочных работ

Отделочные работы представляют собой комплекс строительных процессов по наружной и внутренней отделке зданий и сооружений с целью повышения их защитно-эксплуатационных и архитектурно-эстетических качеств. Отделочные работы являются наиболее сложными и трудоемкими и составляют около 25...30% общих трудовых затрат, которые достигают 15... 18% от общей стоимости строительства. Около 30% всех строителей, участвующих в сооружении зданий, занято на отделочных работах.

Основная часть отделочных работ в силу их специфики выполняется в сжатые сроки в условиях строительной площадки на завершающем этапе строительства. В состав отделочных входят штукатурные, облицовочные, малярные, обойные, стекольные и кровельные работы, а также работы по устройству и отделке полов. Отделочные работы характеризуются многообразием и технологической несхожестью операций. Для выполнения отделочных работ используется большое количество строительно-отделочных машин, различных по назначению и устройству.

Важное значение для повышения производительности и качества, снижения трудоемкости и доли ручного труда при выполнении отделочных работ имеют внедрение новых эффективных малооперационных технологических процессов и их комплексная механизация, и автоматизация.

Номенклатура строительно-отделочных машин постоянно расширяется и пополняется более совершенными типами и моделями, отвечающими современным требованиям технологии строительного производства.

II. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

- 2.1. Составление кинематических схем и кинематический расчет механизмов.
- 2.2. Изучение устройства и технико-эксплуатационных показателей компрессорных и гидравлических станций.
- 2.3. Изучение устройства и работы объемного гидропривода строительных машин.
- 2.4. Изучение грузоподъемного механизма.
- 2.5. Изучение устройства и рабочего процесса башенного крана серии КБ.
- 2.6. Изучение устройства двигателей внутреннего сгорания и определение их технико-эксплуатационных показателей.
- 2.7. Изучение устройства транспортно-тяговых машин.
- 2.8. Изучение устройства и определение производительности бульдозеров.
- 2.9. Изучение устройства одноковшовых экскаваторов с гидравлическим и канатным приводом и определение их эксплуатационной производительности.
- 2.10. Изучение конструкций дизель-молотов и вибропогрузателей.
- 2.11. Определение технико-эксплуатационных показателей щековых дробилок.
- 2.12. Выбор размеров отверстий сит (решет), определение производительности и мощности электродвигателей вибрационных грохотов.
- 2.13. Изучение устройства мачтовой подъемной платформы.
- 2.14. Изучение устройства комплекта машин и оборудования для производства бетона и его доставки на объект строительства.
- 2.15. Изучение устройства и рабочего процесса многофункционального погрузчика «Амкодор».
- 2.16. Изучение устройства асфальтоукладчиков.
- 2.17. Изучение устройства и определение производительности дорожных катков.
- 2.18. Изучение устройства скреперов.
- 2.19. Изучение устройства автогрейдеров.
- 2.20. Изучение устройства одноковшовых погрузчиков.
- 2.21. Изучение устройства бурильно-крановых машин.

III. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

3.1. Вопросы для самоконтроля

Глава 1

- 1.1. Дайте определение терминам: машина, механизм, деталь.
- 1.2. Какие механические передачи применяются в строительных машинах?
- 1.3. Дайте определение термину полиспасть и нарисуйте примеры одинарного и сдвоенного полиспадов.
- 1.4. Какое силовое оборудование применяется в строительных машинах?
- 1.5. Из каких элементов состоит гидравлический привод? Принцип действия гидравлического привода.
- 1.6. Из каких элементов состоит пневматический привод? Принцип действия пневматического привода.
- 1.7. Назовите виды ходового оборудования строительных машин.
- 1.8. Дайте характеристику основных технико-эксплуатационных показателей строительных машин.

Глава 2

- 2.1. Дайте общую классификацию строительных машин по видам работ.
- 2.2. Какие машины относятся к транспортным машинам?
- 2.3. Какие машины относятся к специализированным транспортным средствам?
- 2.4. Перечислите основные виды транспортирующих машин. Для каких видов работ они применяются?
- 2.5. Какие машины относятся к группе погрузочно-разгрузочные?
- 2.6. Дайте общую характеристику грузоподъемных машин.
- 2.7. Приведите понятие терминов: домкраты; тали; лебедки.
- 2.8. Дайте характеристику строительных подъемников.
- 2.9. Опишите систему индексации строительных башенных кранов.
- 2.10. Какие системы безопасности применяются в строительных башенных кранах?
- 2.11. Перечислите основные механизмы и конструктивные элементы строительных башенных кранов.
- 2.12. Опишите систему индексации стреловых самоходных кранов.
- 2.13. Какие системы безопасности применяются в стреловых самоходных кранах?
- 2.14. Перечислите основные механизмы и конструктивные элементы стреловых самоходных кранов.
- 2.15. Какие краны, кроме башенных и самоходных стреловых, применяются в строительной отрасли?
- 2.16. Дайте характеристику основных способов разработки грунтов.
- 2.17. Назовите основные рабочие органы машин для земляных работ.
- 2.18. Как классифицируются машины для земляных работ по видам работ?
- 2.19. Дайте характеристику группы машин для подготовительных работ.
- 2.20. Приведите определения основных землеройно-транспортных машин. Как определяется их производительность?

- 2.21. Дайте общую характеристику группы землеройных машин (экскаваторов).
- 2.22. Опишите систему индексации одноковшовых и многоковшовых траншейных экскаваторов.
- 2.23. Напишите и объясните формулы производительности одноковшовых и многоковшовых экскаваторов.
- 2.24. Дайте общую характеристику машин для бестраншейной прокладки коммуникаций.
- 2.25. Как классифицируются и для каких видов работ применяются бурильно-крановые машины?
- 2.26. Дайте характеристику машин для уплотнения грунтов, дорожных оснований и покрытий. Их достоинства и недостатки.
- 2.27. Приведите общую характеристику оборудования для свайных работ.
- 2.28. Перечислите основные методы дробления и тонкого измельчения строительных материалов. Назовите основные гипотезы дробления. Как их используют при определении силовых и энергетических параметров машин для измельчения?
- 2.29. Дайте определение щековой дробилки со сложным и простым движениями щеки. Как определить основные параметры дробилки, производительность, мощность привода?
- 2.30. Приведите классификацию и дайте схемы валковых и конусных дробилок; назовите область их применения. Как определить основные параметры, производительность, мощность привода?
- 2.31. Назовите основные типы и дайте схемы роторных, молотковых дробилок, их назначение. Как определить производительность и мощность привода?
- 2.32. Назовите наиболее распространенные методы сортировки сыпучих материалов. Дайте основные конструктивные схемы; приведите методы определения основных параметров и производительности.
- 2.33. Дайте классификацию и схемы машин для приготовления цементобетонных смесей, область применения гравитационных смесителей и смесителей принудительного действия. Как определить их производительность?
- 2.34. Назовите основные группы ручных машин. Система индексации ручных машин.
- 2.35. Опишите основные группы машин для отделочных работ.
- 2.36. Дайте основные признаки и классификацию поливочно-моечных машин. Как происходит удаление загрязнений в моющем секторе?
- 2.37. Дайте классификацию подметально-уборочных машин.
- 2.38. Назовите преимущества и недостатки систем влажного и пневматического обеспыливания.
- 2.39. Назовите основные признаки и дайте классификацию плужных снегоочистителей.
- 2.40. Дайте классификацию роторных снегоочистителей.
- 2.41. Назовите основные устройства машин для восстановления и реконструкции покрытий дорог и аэродромов, приведите пример схемы машин для восстановления асфальтобетонных покрытий, дорожных фрез.

IV. ЛИТЕРАТУРА

4.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные машины и основы автоматизации: Конспект лекций для студентов специальности 270102 – «Промышленное и гражданское строительство». Красноярск: Сибирский федеральный университет. Ин-тут архитектуры и строительства. 2007.-195с.
2. Атаев С. С. Технология, механизация и автоматизация строительства / С. С. Атаев В. А. Бондарик, И. Н. Громов. - М.: Высш. шк., 1990. - 592 с.
3. Бушуев С. Д. Автоматика и автоматизация производственных процессов / С. Д. Бушуев, В. С. Михайлов. - М.: Высш. шк., 1990. - 256 с.
4. Волков Д. П. Строительные машины / Д. П. Волков, Н. И. Алешин, В. Я. Крикун. - М.: Высш. шк., 1988. - 319 с.
5. Добронравов С. С. Строительные машины и основы автоматизации / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. - М.: Высш. шк., 2003. - 575 с.
6. Дорожно-строительные машины и комплексы / В. И. Баловнев, Г. В. Кустарев, Е. С. Локшин, Г. С. Мирзоян, А. Н. Новиков, С. В. Абрамов, В. И. Мещеряков, Р. Г. Данилов, В. П. Шилович. – Москва-Омск: Изд-во СибА- ДИ, 2001. – 528 с.
7. Щемелев А.М. и др., Строительные машины и средства малой механизации. Учебное пособие. Минск: Дизайн ПРО. 1998.-272с.
8. Механизация в строительстве: практикум для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» /сост. И.В. Бурмак, А.А. Замула, В.В. Лапенюк, А.В. Вавилов, М.М. Гарост, Л.И. Передня, А.А. Котлобай, А.Н. Смоляк, А.А. Бежик и А.Я. Котлобай; кол. Авт. Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Строительные и дорожные машины». – Минск: БНТУ, 2017. – 92, [1] с.: ил.
9. Строительные, дорожные и транспортные машины: практикум для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» /сост. А.В. Вавилов [и др.]– Минск: БНТУ, 2017. – 89 с.

4.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

10. Кудрявцев, Е. М. Комплексная механизация строительства. - М.: АСЕ, 2005. – 424 с.
11. Пермяков, В. Б. Комплексная механизация строительства. - М.: Высш. шк, 2005. – 383 с.
12. Строительные машины и оборудование: справочное издание / М. С. Добронравов, С. С. Добронравов. – М.: Высш. шк., 2006. – 445 с.