

МАШИНЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ И РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

Учебное пособие

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора А.В.Вавилова

*Рекомендовано Редакционно-издательским советом
Белорусского национального технического университета*

Минск 2003

УДК
ББК
М

Авторы:

А.В.Вавилов, А.М.Щемелев, Д.И.Бочкарев
Л.А.Гатальский, А.И.Купченко

Рецензенты:

А.В.Жуков, А.Н.Орда

Вавилов А.В.

В Машины по содержанию и ремонту автомобильных дорог и аэродромов: Учеб. пособие / А.В.Вавилов, А.М.Щемелев, Д.И.Бочкарев и др.; Под ред. д-ра техн. наук, проф. А.В.Вавилова. – Мн.: БНТУ, 2003. – с.

ISBN

В учебном пособии изложены конструкции машин для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов, приведены общие параметры основных типов машин, а также основы их расчета.

В пособии рассмотрены основные типы машин, обеспечивающих летнее и зимнее содержание дорог и аэродромов, их текущий, средний и капитальный ремонт, а также основные тенденции развития таких технических средств.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений по специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», а также может быть полезным инженерно-техническим работникам, занимающимся проектированием и эксплуатацией машин для содержания и ремонта дорог и других транспортных объектов.

УДК

ББК

ISBN

© Вавилов А.В., Щемелев А.М.,

Введение

Автомобильные дороги Беларуси являются одним из важнейших элементов транспортной системы республики.

Состояние автомобильных дорог во многом определяет социально-экономические аспекты развития страны.

Недостаточная ровность покрытия автомобильных дорог приводит к снижению скорости движения по ним транспорта, перерасходу горючего, сокращению срока службы транспорта, а значит, удорожанию перевозок и снижению рентабельности работы предприятий.

В последнее время в республике резко возросло количество транспортных средств, а также возросли нагрузки на ось при эксплуатации грузового транспорта, что привело к необходимости чаще ремонтировать дороги.

Основной задачей эксплуатационных организаций дорожной отрасли является образцовое содержание автомобильных дорог и их своевременный, быстрый и качественный ремонт. Необоснованное увеличение продолжительности ремонтных мероприятий приводит к снижению пропускной способности дорог и ухудшению условий их функционирования. Особенно эта проблема актуальна для магистралей с большой интенсивностью движения.

Все вышесказанное (возрастающие объемы работ по содержанию и ремонту автомобильных дорог, быстрые темпы их выполнения, высокое качество выполнения работ и т.д.) требует активизации работ по созданию более совершенной, высокопроизводительной техники под современные технологии содержания и ремонта автомобильных дорог.

1. ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ И РЕМОНТА ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

1.1. Особенности летнего содержания дорог и аэродромов

Распространенными современными технологиями летнего содержания автомобильных дорог и аэродромов с твердым покрытием

являются мойка покрытий под высоким давлением при малом расходе воды; мойка дорожных знаков струей воды под высоким давлением и специальными щетками с одновременной подачей воды; мойка парапетных и барьерных ограждений вращающимися щетками; регулярное скашивание травы, кустарника и мелколесья на обочинах, откосах насыпей и выемок на разделительных полосах и полосе отвода с возможностью измельчения отходов и распределением их по поверхности или погрузки в транспорт, использования в качестве топлива, регулярный осмотр опорных частей и пролетных строений мостов и путепроводов с использованием специальных машин.

На грунтовых дорогах их летнее содержание сводится в основном к содержанию земляного полотна.

Как следует из разработок технологов-дорожников, содержание земляного полотна заключается в предупреждении, устранении или ослаблении воздействия природных факторов и транспорта. Для этого проводят систематические работы по обеспечению беспрепятственного пропуска воды по водоотводным сооружениям с прочисткой боковых водоотводных канав, вырубкой кустарника, скашиванием травы, удалением камней. Весной необходимо быстро подготовить систему водоотвода к пропуску талых вод, боковые канавы очистить от снега грейдерами. Водоотводные канавы можно расчищать вручную, устраивая в снегу прорези шириной 0,7 м и глубиной до уровня грунта.

Следуя известным рекомендациям, в содержание обочин и откосов включают удаление травостоя и кустарника, его измельчение с целью получения топлива, систематическую планировку, утюжку, заравнивание ям, колеи. Учитывая, что пучины возникают вследствие изменения влаги жесткого и температурного режима земляного полотна, ослабить процессы пучинообразования можно очисткой дороги от снега. Задача состоит в том, чтобы максимально ускорить оттаивание и просыхание в первую очередь боковых частей земляного полотна. Первый признак пучинообразования – появление в отдельных местах на покрытии продольных и поперечных трещин, влажных пятен. Число трещин увеличивается, образуя сетку трещин. Важной мерой, которая предотвращает пучины, является про-

капывание осушительных воронок на обочине. Воронки роют с обеих сторон пучинистого участка в шахматном порядке на расстоянии 4,4 м одну от другой. Они имеют ширину 0,2–0,3 м, а глубина равна толщине дорожной одежды с подстилающим песчаным слоем.

Содержание полосы отвода включает: скашивание сорных трав; срезание кустарника, его сбор, измельчение и транспортировку к энергетическим установкам для получения энергии; уборку мусора с полосы отвода; уход за резервами и кавальерами; улучшение стока воды с полосы отвода с планировкой отдельных участков и придания им необходимого уклона; ликвидацию застоя воды в пониженных местах; ликвидацию ям, рвов, колеи и прочих углублений.

Содержание дорог с усовершенствованными покрытиями, как уже отмечалось, включает очистку покрытий от пыли и грязи и их мойку. Участки, на которых избыточное количество органического вяжущего выступает на поверхность, присыпают каменной мелочью, высевами, крупнозернистым песком. На переходных покрытиях рассыпают каменную мелочь и проводят обеспыливание водой. Весной и осенью необходимо очищать покрытие от грязи, наносимой колесами с обочин и примыкающих дорог более низких технических категорий.

В состав работ по содержанию дорожных ограждений входит периодический осмотр ограждений и сигнальных столбиков, замена и мелкий ремонт неисправных элементов, подтягивание креплений.

В состав работ по содержанию городских мостов при наступлении весны входят мероприятия по пропуску весеннего ледохода и паводка, а именно: осмотр и ремонт опор и ледорезов, выявление толщины, структуры и прочности ледяного покрова; предварительное ослабление льда и освобождение опор и т.д.

1.2. Особенности зимнего содержания дорог и аэродромов

Зимний период является самым сложным для эксплуатации дорог и организации движения. Неблагоприятные условия для движения транспортных средств зимой возникают на всей территории республики в основном вследствие образования снежных и ледяных

отложений на дорогах. Чтобы создать наилучшие условия для движения в соответствии с рекомендациями специалистов, проводят следующие мероприятия:

- профилактические меры, цель которых – не допустить или максимально ослабить образование снежных и ледяных отложений (уменьшение снегозаносимости дорог, обработка покрытий химическими противогололедными веществами);

- защитные меры для предотвращения доступа к дороге снега и ледяных отложений;

- меры по удалению уже возникших снежных и ледяных отложений, уменьшению их воздействия на движение транспорта.

Требуемый уровень зимнего содержания – это обеспечение сухой чистой поверхности, когда слой снега на покрытии при его выпадении не превышает 5 мм, а срок его удаления не превышает 1 часа после окончания снегопада.

При метелях на дорогах и аэродромах образуются заносы – отложения снега, принесенного ветром, существенным отличием которого является большая толщина и плотность, затрудняющие их удаление.

Для защиты дорог и аэродромов от снежных заносов применяют снегозадерживающие устройства и высаживают снегозащитные насаждения, которые работают по принципу ослабления скорости ветра и осадения снеговой массы на определенном расстоянии от дороги. К снегозадерживающим устройствам относятся переносные щиты, снегозадерживающие заборы, снегозащитные устройства из снега или местных материалов.

При зимнем содержании дорог в мировой практике широкое применение получили: технология скоростной очистки покрытий от снежных отложений на большую ширину с отбросом снега с проезжей части; распределение твердых (в том числе увлажненных) и жидких противогололедных реагентов (хлоридов) с регулируемой нормой и шириной распределения; распределение по покрытию мелких, средних, фракционных материалов.

Ресурсосберегающие технологии из мировой практики находят применение в Беларуси. В республике разработан и в конце 2000 г. введен в действие руководящий документ, определяющий основные

требования и принципы организации и выполнения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог общего пользования (РД 0219.1.18-2000).

Из многих способов борьбы с зимней скользкостью в Республике Беларусь наиболее широкое распространение нашел химико-фрикционный способ. Этот способ основан на россыпи по поверхности автомобильной дороги пескосоляных смесей. В настоящее время оптимальными считаются пескосоляные смеси в соотношении 3:1 – 5:1 (1 часть соли, 3 – 5 частей песка). Для распределения таких смесей используется традиционная солераспределительная техника. Недостаток этого способа заключается в неэффективном использовании песка для предотвращения скользкости при больших затратах на его заготовку, перемешивание с солью и перевозку к месту распределения по дороге.

В развитых странах в настоящее время активно развиваются химические способы борьбы с зимней скользкостью дорожных покрытий, основанные на применении плавящих реагентов без смешения с фрикционными материалами. Использовать такие материалы можно в сухом или увлажненном состоянии, а также в виде высококонцентрированных растворов. Количество химических веществ, распределяемых в чистом виде по поверхности дороги, в 3 – 7 раз меньше, чем химико-фрикционных. Это делает данный способ наиболее перспективным для современных условий содержания автомобильных дорог при условии снижения коррозионного воздействия солей на металлические конструкции.

При таком способе борьбы со скользкостью технология предусматривает профилактическую обработку покрытий увлажненной технологической солью. Предотвращение образования снежно-ледяного наката предусматривает распределение противогололедных материалов через несколько минут после начала снегопада, выдержку 1 – 3 часа и снегоочистку.

1.3. Особенности ремонта автомобильных дорог и аэродромов

1.3.1. Современные вяжущие и минеральные материалы для ремонта

Для ремонта, реконструкции автомобильных дорог, аэродромов и искусственных сооружений требуется применение различных материалов, физико-механические и технологические свойства которых определяют эксплуатационные показатели транспортных объектов. В то же время увеличение интенсивности движения транспорта и рост осевых нагрузок выдвигают все более высокие требования к характеристикам дорожно-строительных материалов. С учетом этого материаловедческая концепция дорожной отрасли может быть сформулирована следующим образом: «Обеспечение качественными строительными материалами при минимальной стоимости их производства с соблюдением экологической чистоты» [2]. Данная концепция предполагает дальнейшее развитие производства дорожно-строительных материалов в следующих основных направлениях:

- поиск нового природного или техногенного минерального сырья, пригодного для строительства автомобильных дорог и искусственных сооружений;
- разработка активационных технологий, делающих возможным эффективное использование нетрадиционного сырья для производства дорожно-строительных материалов;
- модернизация производственных предприятий дорожной отрасли с учетом жесткого выполнения экологических требований к их функционированию;
- разработка энергосберегающих технологий, направленных на снижение стоимости готовой продукции и повышение рентабельности производственных предприятий дорожно-строительных материалов.

В области производства вяжущих материалов, применяемых при строительстве и ремонте автомобильных дорог, в рамках рассмотренной концепции можно выделить выпуск битумов, модифицированных битумов, битумных эмульсий, а в области производства минеральных материалов – выпуск кубовидного щебня мелких фракций.

Как известно, битум с давних пор является одним из наиболее распространенных инженерно-строительных материалов. Его адгезионные и гидрофобные свойства использовались уже на заре цивилизации, а сегодня битум является основным вяжущим для дорожных работ. В нашей стране и за рубежом с применением битумов строится более 90% автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием.

Производится битум путем окисления продуктов прямой перегонки нефти и селективного разделения нефтепродуктов (асфальтов деасфальтизации, экстрактов селективной очистки), а также компаундированием указанных окисленных и неокисленных продуктов или в виде остатка прямой перегонки нефти. Вязкость битума определяется значением пенетрации (значением, полученным посредством стандартного испытания иглой в соответствии с действующими нормативными документами, регламентирующими требования к битуму). Низкое значение пенетрации, вплоть до 50 – 60, соответствует вязкому битуму; такие битумы используются для сдвигоустойчивых покрытий или в жарком климате. Маловязкие битумы со значением пенетрации до 200 – 300 используются в холодном климате, где покрытие должно быть гибким даже при низких температурах. В большинстве случаев используется битум с пенетрацией 80 – 100. Технические требования к битуму регламентируются СТБ 1062-97 «Битумы нефтяные для верхнего слоя дорожного покрытия» и СТБ 1220-2000 «Битумы модифицированные дорожные».

В технологических процессах производства дорожно-строительных материалов, проведения дорожных работ битум нагревается до 100 – 200°C до образования достаточной текучести для смешивания с минеральным материалом, что требует значительных энергозатрат на разогрев и поддержание его рабочей температуры.

Для нагрева битума до рабочей температуры, поддержания ее в расходных емкостях, обогрева битумо- и топливопроводов применяются специальные теплообменные устройства, которые можно классифицировать по видам теплоносителей: с паровым нагревом; с прямым огневым нагревом (дымовыми газами); с косвенным жидкостным нагревом («прямым огнем» нагревается промежуточный жидкий теплоноситель); с электрическим обогревом.

При прямом обогреве применяют жаровые трубы, нагреваемые горячими газами, которые образуются при сжигании жидкого или газообразного топлива, либо различные электронагреватели. При косвенном обогреве применяют промежуточный теплоноситель, в качестве которого обычно используют водяной пар и, в незначительном количестве, минеральные масла. Прямой разогрев вяжущего наиболее прост с точки зрения переноса тепла, но не всегда экономичен и часто уступает косвенному.

В настоящее время получили широкое распространение различные установки и системы жидкостного разогрева битума, битумных коммуникаций и оборудования, которые можно разделить по способу нагрева теплоносителя, – огневые и электрические и по компоновке с основным технологическим оборудованием – специальные (объединенные с обогреваемой цистерной) и автономные. Наибольший интерес представляют автономные установки, которые позволяют осуществлять более широкое их использование. Их можно классифицировать также по производительности, которая находится в диапазоне от 200 тыс. до 3 млн ккал/ч.

Общим достоинством систем с косвенным обогревом является возможность нагрева битума при любом его уровне в цистерне, полное исключение опасности коксования, возможность полной выработки емкости резервуара. Однако продолжительность разогрева вяжущего в резервуарах с косвенным обогревом значительно больше, чем в системах с прямым обогревом.

Битумы являются горючими веществами с температурой вспышки выше 220°C и минимальной температурой самовоспламенения 368°C. Предельно допустимая концентрация паров углеводородов битумов в воздухе рабочей зоны составляет 300 мг/м³. Температура битума в технологических процессах производства дорожно-строительных материалов составляет 100 – 200°C.

На основании вышеизложенного данные производства являются производствами, на которых возможно образование опасных и вредных производственных факторов, которые могут причинить ущерб здоровью людей и окружающей среде, что в соответствии с требованиями действующих нормативных документов в области промышленной безопасности относит их к категории опасных про-

изводственных объектов, для эксплуатации которых необходимо получение лицензии Проматомнадзора.

В соответствии с действующими Правилами перевозки опасных грузов автомобильным транспортом по территории Республики Беларусь [3] битум относится к классу 9 опасных грузов согласно ГОСТ 19433-88 «Грузы опасные. Классификация и маркировка», что требует разработки условий его безопасной перевозки и получения лицензии Проматомнадзора.

В качестве альтернативы используется холодный битум или праймер-битум, смешанный с летучим нефтяным растворителем, таким как керосин или дизельное топливо, до достижения жидкого состояния, при этом окончательная прочность материала устанавливается только после испарения растворителя.

Для повышения надежности и долговечности асфальтобетонных покрытий в настоящее время внедряются битумы, модифицированные полимерами. Широкое использование модифицированных битумов вместо обычных объясняется их улучшенными свойствами, превосходящими требования ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие». Так, модифицированные битумы имеют большой диапазон рабочих температур (разница между температурой размягчения и температурой хрупкости) до 100°C, в то время как обычные битумы – до 60°C.

Дорожные материалы, приготовленные с использованием полимерных битумов, имеют высокую устойчивость к деформациям за счет их большой эластичности. Кроме того, значительно замедляется процесс старения. Исследования зарубежных ученых показывают, что у битумов, извлеченных из дорожных покрытий, прослуживших десять лет, не наблюдается существенных изменений вязкости [4].

Для улучшения свойств дорожных битумов (модификации) используются специально изготавливаемые искусственные материалы. В настоящее время, ввиду многообразия искусственных материалов, предлагаемых нефтехимическими производствами, имеется богатый выбор используемых для модификации полимеров. Условно их можно классифицировать как термопласты (пластомеры); эластомеры и термоэластичные искусственные материалы [4].

Термопласты состоят из линейных или малоразветвленных полимеров, размягчающихся при нагревании. При охлаждении они снова становятся твердыми. Добавка пластимеров повышает вязкость и жесткость битумов при нормальных рабочих температурах (от -30°C до $+60^{\circ}\text{C}$). Но пластимеры не оказывают влияния на эластичность модифицированных с их помощью битумов. При нагревании битумов, улучшенных пластимерами, наблюдается тенденция к разделению фаз битума и полимера, то есть такие битумы неустойчивы к хранению, поэтому должны готовиться непосредственно перед использованием. Наиболее распространено использование в качестве пластимеров полиэтилена и атактического (стереобеспорядочного) полипропилена.

Эластомеры состоят из длинных полимерных цепочек с широкими разветвлениями. Они эластичны в широком диапазоне температур: от низких до 200°C . При добавке эластомеров в битум повышается его вязкость, улучшается эластичность. Но эти системы также неустойчивы при хранении. Для предотвращения разделения фаз между битумом и искусственным материалом требуется постоянное перемешивание. Битум, модифицированный эластомерами, можно назвать битумом с эластичным наполнителем. В качестве эластомеров принято использовать натуральный или регенерированный каучук и полибутадиены.

Термоэластичные искусственные материалы размягчаются при температурах выше обычных рабочих температур и хорошо деформируются в этом состоянии. Термоэластичные искусственные материалы начали использоваться с 1965 года. Самым известным представителем группы термоэластичных пластмасс является стирол – бутадиен – стирол (СБС). Этот искусственный материал представляет собой блоксополимер, состоящий из блоков стирола и полибутадиена. Добавка к битуму этого материала составляет, как правило, от 3 до 6% по массе. Необходимое количество добавляемого материала зависит от дисперсного состояния вводимого вещества: если СБС вводится в битум в мелкодисперсной форме, то расход уменьшается, если в крупнодисперсной форме, то требуется большее количество модификатора.

Кроме полимеров для улучшения свойств битума могут использоваться другие модификаторы: неорганические соли (хлорид марганца), синтетические или природные смолы, резиновая крошка, а также природные асфальты. Конечные свойства модифицированного битума во многом зависят от технологии введения добавки.

Привнесение в нестабильную дисперсную среду окисленных битумов процессов ступенчатой радикальной полимеризации в режиме «живых цепей» под действием ряда химических агентов позволяет придать ей свойства, подобные природным битумно-асфальтовым продуктам с их высочайшей стабильностью, а сшитая полимерными цепочками гетерогенная армирующая структура из мелкодисперсных резиновых частиц придает таким материалам вполне достаточные практически для всех применений упругие свойства. Присутствие в битуме химически связанных с его компонентами частиц резины (например после утилизации автомобильных шин) обеспечивает повышение устойчивости материала к окислительной деградации в условиях эксплуатации, замедляет процессы старения при высокой эксплуатационной температуре, а также в условиях нагрева до высоких технологических температур.

Комплекс высоких показателей битумов, модифицированных мелкодисперсной резиновой крошкой, – БМРК битумов – обеспечивает высокую трещиностойкость и долговечность асфальтобетонных покрытий. Высокие адгезионные свойства этих битумов обеспечивают повышенную водостойкость асфальтобетонов и сокращение образования в процессе эксплуатации такого вида повреждений покрытия, как выкрашивание.

Верхний слой покрытия автодороги из такого асфальтобетона снижает шумность и за счет введенных частиц резины обладает повышенным коэффициентом сцепления с колесами транспортных средств, что способствует уменьшению тормозного пути и повышению безопасности движения. Асфальтобетон на вяжущем БМРК отличается хорошей способностью к уплотнению и легкостью укладки по сравнению с тем, в котором использовано полимернобитумное вяжущее с модификатором на основе СБС [5].

Модифицированные битумы изготавливаются по специальным технологиям на нефтеперегонных заводах или в специальных обо-

гатительных установках при постоянном лабораторном контроле качества. Полимерный битум является продуктом, готовым к транспортировке, хранению и переработке.

В Европе для модификации битума чаще всего используется СБС. Полимер вводится в виде твердого вещества (гранул или порошка), а также в виде жидкости (эмульсии или раствора).

Для получения смесей, устойчивых при хранении, необходимо выбрать соответствующий базисный битум. Смесью является устойчивой, если при длительном хранении горячего битума в резервуаре не происходит разделение фаз. Современные полимерные битумы могут храниться до шести недель [4].

Традиционно используются два метода для изготовления модифицированного битума:

- приготовление битумно-полимерной дисперсии в смесителях с большими срезывающими усилиями (коллоидных мельницах);
- внесение полимера в битум химическим путем с помощью медленно вращающихся смесителей с незначительным срезывающим усилием.

В первом случае для стабилизации полимерно-битумной дисперсии применяется сера и ее соединения. Между полимером и серой происходят реакции, в результате которых возникают новые химические соединения, остающиеся равномерно распределенными в битуме благодаря своей решетчатой структуре.

Во втором случае полимер (например СБС) предварительно обрабатывается таким образом, что он растворяется в битуме.

Недостатком коллоидных мельниц является тенденция разделения макромолекул основного материала, что в конечном счете приводит к наличию в битуме полимеров с меньшим средним молекулярным весом, чем до переработки. Это объясняется тем, что возникающие в коллоидных мельницах большие срезывающие усилия ведут к изменению молекулярной структуры полимера.

Смесители с низкими срезывающими усилиями позволяют добиться более высоких значений точек размягчения и намного большей пластичности модифицированного битума.

При использовании полимеров, которые не могут сочетаться с химической системой битумов (полиэтилен, атактический полипро-

пилен и натуральный каучук), необходимы установки для приготовления модифицированного битума непосредственно на объектах работ, чтобы приготовленный материал мог быть использован до разделения фаз.

Для переработки полипропилена и природного каучука или регенерированной резины рекомендуется использовать смесители малой скорости. В этом случае перемешивание битума с полимером происходит за счет расплавления полимера. Для получения модификаций на основе полиэтилена используются смесители с большими срезывающими усилиями, которые могут обеспечить дисперсное распределение полиэтилена в битуме.

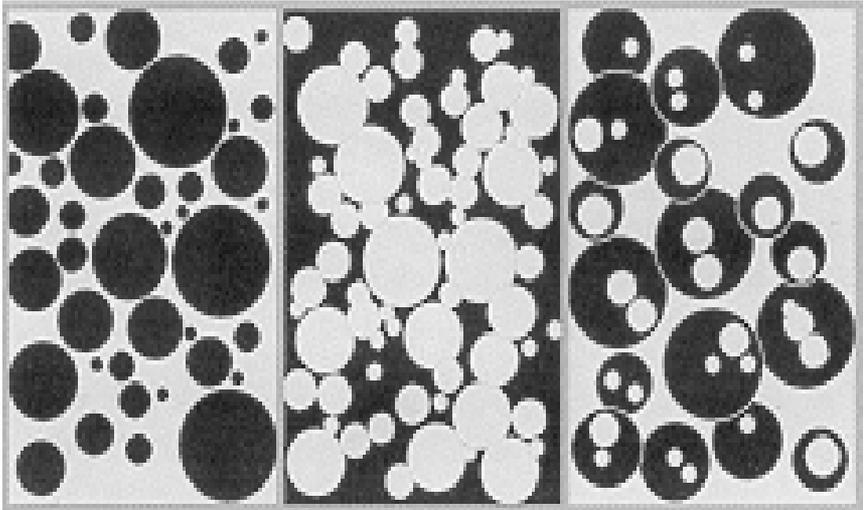
В Республике Беларусь и в России применение пластомержных добавок не рекомендуется по климатическим условиям. При сильном охлаждении и продолжительных морозах дорожные материалы на основе таких вяжущих подвержены сильному трещинообразованию [5].

Битумная эмульсия – современный вяжущий материал для дорожных и строительных работ, альтернативный классически используемому битуму. Ее применение имеет ряд принципиальных преимуществ перед традиционными технологиями с использованием битума, которые, по данным ГП «Веска», заключаются в следующем:

- экономия до 30% битума и до 45% щебня за счет лучшей обволакиваемости минерального материала битумной эмульсией;
- высокое сцепление с обрабатываемой поверхностью;
- широкий температурный интервал работ (от 0°C);
- сокращение энергозатрат до 55% в расчете на единицу конечной продукции по сравнению с технологией использования горячего асфальтобетона;
- возможность использования влажных минеральных материалов и проведения работ при неблагоприятных погодных условиях;
- улучшение экологической обстановки на объектах производства работ и подготовки материалов;
- увеличение на 40% срока службы отремонтированного покрытия, т.е. до 6 лет.

Наиболее полное и точное определение эмульсии: «Эмульсия – это неоднородная, термодинамически неустойчивая система, содержащая, по меньшей мере, две жидкие фазы, не поддающиеся смешению, из которых одна рассеивается во второй в форме капелек с диаметром, обычно превышающим 0,1 мкм» [6] – охватывает существующую классификацию эмульсий, согласно которой эмульсии классифицируются по происхождению (натуральные и искусственные); по форме (прямые, обратные и многосложные); зернистости (эмульсии – с размером частиц от 1 до 20 мкм и микроэмульсии – с размером частиц от 0,01 до 0,05 мкм).

В прямых эмульсиях, к которым относятся битумные эмульсии, фаза рассеяния, или внутренняя, является липофильной (дисперсной), а внешняя, или рассеивающая, фаза является гидрофильной (постоянной). Таким эмульсиям (рис. 1.1, а) присвоен индекс L/H («масло в воде») [6]. В противоположность прямым эмульсиям у обратных (рис. 1.1, б) дисперсная фаза является гидрофильной, а постоянная фаза – липофильной. Такие эмульсии имеют индекс H/L («вода в масле»). Многосложные эмульсии (рис. 1, в) – это эмульсии типа L/H, в которых сами диспергированные капли содержат небольшие капли третьей фазы, как правило, в виде той же жидкости, что и в непрерывной фазе. Такие эмульсии имеют индекс H/L/H («вода в масле в воде»).



а)

б)

в)

Рис. 1.1. Классификация эмульсий по форме

- а) прямые эмульсии (L/H – «масло в воде»);
- б) обратные эмульсии (H/L – «вода в масле»);
- в) многосложные эмульсии (H/L/H – «вода в масле в воде»)

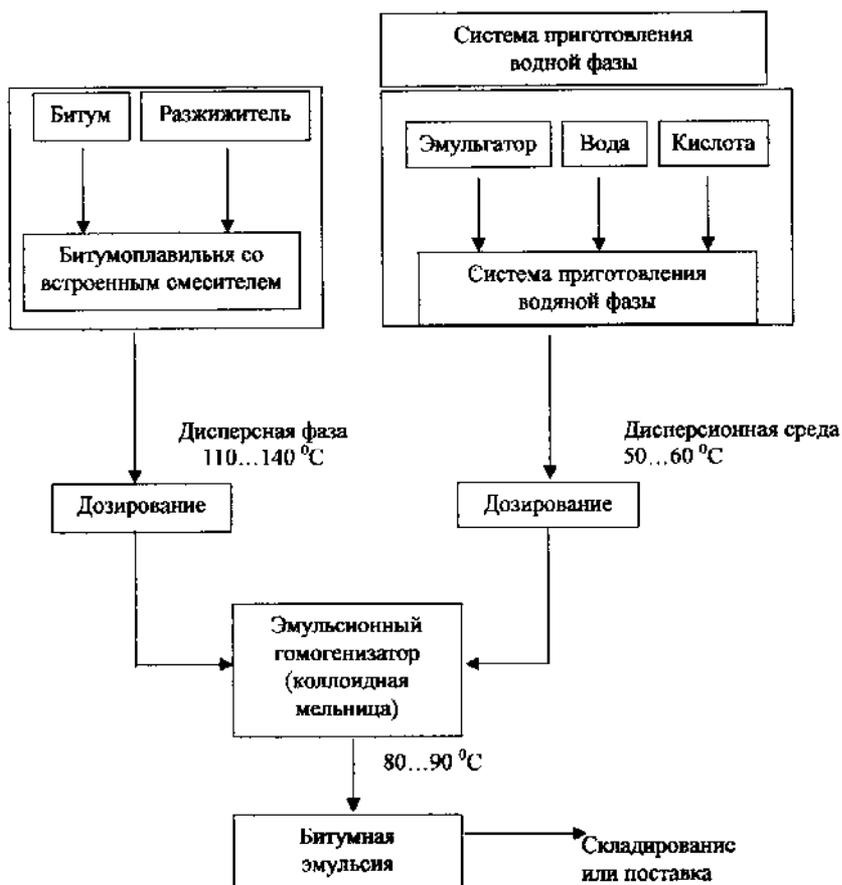


Рис. 1.2. Технологическая схема производства битумной эмульсии

Производство битумной эмульсии может быть представлено схемой [4, 6], изображенной на рис. 1.2.

Для обеспечения данного технологического процесса необходимы следующие исходные материалы:

1. Битум. Для производства битумной эмульсии применяются битумы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие» или модифицированные битумы.

2. Разжижитель. В качестве разжижителя используется нефрас (уайт-спирит) по ГОСТ 3134-78 или дизельное топливо по ГОСТ 305-82.

3. Эмульгатор. Эмульгатор является поверхностно-активным веществом, образующим оболочку на поверхности битумных шариков дисперсной фазы, снижая их поверхностное напряжение и предотвращая коагуляцию (слияние), а также способствуя тому, что состояние эмульсии остается постоянным в течение всего периода до ее применения.

В качестве эмульгаторов для битумных эмульсий используются химические продукты класса аминов.

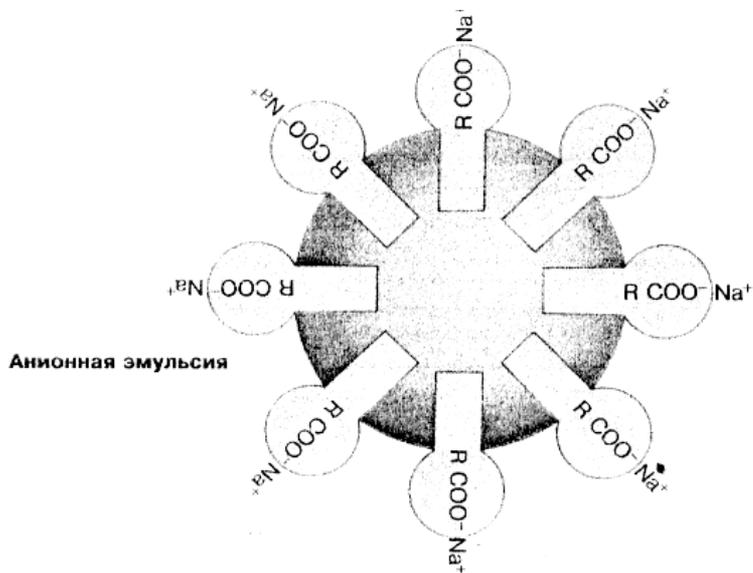
4. Вода. Принимаемая в технологическом процессе производства битумной эмульсии вода должна содержать минимум органических и минеральных примесей. Жесткость воды должна соответствовать требованиям ГОСТ 18659 [7].

5. Кислота. Так как эмульгаторы нерастворимы в воде, их необходимо трансформировать в соли, чтобы иметь возможность растворить в дисперсионной среде. Для этого используется соляная кислота, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 857 [7].

Во время производства эмульсии в зависимости от применяемого эмульгатора анионы или катионы адсорбируются капельками битума [6], что позволяет получать анионную, в которой капельки битума заряжены отрицательно, или катионную, в которой капельки битума заряжены положительно, битумную эмульсию (рис. 1.3).

Заряд капелек битума дисперсной фазы определяет свойства битумной эмульсии. В присутствии электроположительных материалов (известняка, базальты) происходит притягивание отрицательно заряженных капелек битума и образование нерастворимого кальция в случае применения анионной эмульсии или химическая реакция между материалом и кислотой с образованием нерастворимого карбоната амина в случае применения катионной эмульсии. В присутствии электроотрицательного материала (кремень, кварциты, граниты) происходит притягивание положительно заряженных капелек битума и образование нерастворимого силиката амина в случае применения катионной эмульсии, в случае применения анионной

эмульсии притягивание отсутствует [6]. Данные процессы схематически представлены в табл. 1.1.



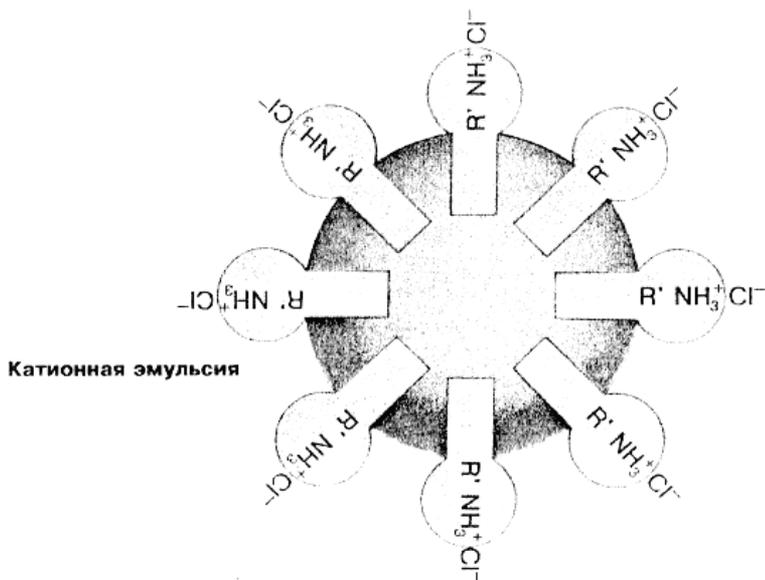


Рис. 1.3. Анионная и катионная битумная эмульсия

Таблица 1.1

Схемы взаимодействия анионной и катионной эмульсии с электроположительным и электроотрицательным материалами

Материал	Катионная эмульсия	Анионная эмульсия
Электроположительные материалы (известняк, базальт)	Реакция нейтрализации	Притягивание
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Распад</div> <p style="text-align: center;">Формирование нерастворимого карбоната амина</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Распад</div> <p style="text-align: center;">Формирование нерастворимого кальция</p>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Сцепляемость</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Сцепляемость</div>

Электроотрицательные материалы (кремень, кварцит, гранит)	Притягивание <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">Распад</div> Формирование нерастворимого силиката амина <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">Сцепляемость</div>	Отсутствие реакции нейтрализации Отсутствие притягивания
---	---	---

В связи с тем, что используемый в дорожных работах минеральный материал в большинстве случаев представляет собой смесь электроположительного и электроотрицательного материалов, катионные битумные эмульсии получили приоритетное применение.

По действующим стандартам зерна щебня, в зависимости от соотношения между толщиной h и длиной l , классифицируются на лещадные и кубовидные. К лещадным относятся зерна, у которых $l : h > 3$, все остальные зерна считаются кубовидными. По ГОСТ 8267-64 и ГОСТ 4797-69 содержание кубовидных зерен (по массе) в товарных фракциях не должно превышать 15% [8]. Содержание таких зерен в щебне фракции 5 – 10 мм, применяемом в производстве железобетонных изделий, должно быть не менее 15% для производства железобетонных напорных труб, а для изготовления безнапорных труб – не более 25%.

В производстве дорожных работ, особенно поверхностной обработки, форма щебня должна быть как можно ближе к кубовидной, чтобы обеспечивать его устойчивое положение на поверхности покрытия автомобильной дороги, эффективную передачу нагрузки от колес транспортных средств на нижележащие слои. Поверхностная обработка, выполненная с применением кубовидного щебня мелких фракций, превосходит по долговечности выполненную по традиционной технологии в 1,5 – 2 раза, обеспечивает более высокий коэффициент сцепления с колесами транспортных средств и более низкий уровень шума при движении.

Благодаря преимуществам, получаемым при применении кубовидного щебня в качестве материала для дорожных работ, в на-

стоящее время развивается его производство, в конструкцию дробилок внедряются прогрессивные технические решения, обеспечивающие более высокий выход зерен кубовидной формы.

1.3.2. Особенности производства текущего ремонта и поверхностных обработок

Влияние на состояние автомобильных дорог оказывает не только транспорт, но и природно-климатические условия. Наиболее интенсивно воздействию динамических нагрузок и погодно-климатических факторов подвержено покрытие. Климатические условия Беларуси по условиям содержания покрытий являются неблагоприятными: влажная зима, частые переходы температуры через ноль в комплексе с транспортными нагрузками оказывают на покрытие разрушительное воздействие [2]. В автомобильной дороге, построенной и сданной в эксплуатацию, находящейся под воздействием природно-климатических факторов, внешних транспортных и внутренних, обусловленных физико-химическими свойствами материалов, нагрузок, постепенно развиваются усталостные явления, физически изнашивается покрытие, разрушается поверхность недостаточно укрепленных обочин и откосов, происходят другие разрушения. Эксплуатационные качества дороги при этом сильно снижаются. Обеспечить устойчивую многолетнюю работу автомобильной дороги можно только на основе ее правильной эксплуатации, которая включает постоянные наблюдения за работой дорожных сооружений, устранение предпосылок, приводящих к разрушениям, своевременное и качественное выполнение мероприятий по содержанию и производству дорожно-ремонтных работ.

С учетом вышеизложенного задачами текущего ремонта являются систематические планово-предупредительные работы по предупреждению и исправлению повреждений дороги и ее сооружений, проводимые в течение всего года на всем ее протяжении. Преобладающий объем работ в производстве текущего ремонта принадлежит ямочному ремонту, который в настоящее время представлен следующими тремя технологиями: укладкой мелкозернистого ас-

фальтобетона, литого асфальтобетона и эмульсионно-минеральных смесей.

Для производства ямочного ремонта укладкой мелкозернистого асфальтобетона необходимо производить работы при температуре окружающей среды не ниже $+10^{\circ}\text{C}$, а также выполнить следующие операции: вырубку кромок ямы в дорожном покрытии; удаление из ямы засорителей, материала дорожного покрытия; обработку ямы вяжущим (битумом, битумной эмульсией); укладку асфальтобетонной смеси; уплотнение.

Недостатками данной технологии являются низкая долговечность ремонта (1 – 2 года), значительные затраты энергии на производство асфальтобетона на асфальтобетонном заводе, транспортировку материала к месту работ.

Более прогрессивной технологией является укладка литого асфальтобетона. Данный технологический процесс включает в себя все операции предыдущего, однако позволяет производить ямочный ремонт даже при отрицательных температурах, что обусловлено свойствами литого асфальтобетона.

Недостатком технологии укладки литого асфальтобетона является значительное потребление энергии при его производстве (большее, чем при изготовлении мелкозернистого), так как его температура достигает $220 - 240^{\circ}\text{C}$.

Наиболее перспективной является технология ямочного ремонта с применением эмульсионно-минеральных смесей.

Данная технология может быть представлена в виде трех направлений:

1. Укладка эмульсионно-минеральной смеси, приготовленной на базе в стационарной установке. Такие смеси называются затаренными или смесями длительного хранения.

2. Укладка эмульсионно-минеральной смеси, приготовленной на объекте производства работ с помощью средств малой механизации.

3. Приготовление и механизированная укладка эмульсионно-минеральной смеси с помощью установок для ямочного ремонта.

Особенности рассмотренных выше технологий производства ямочного ремонта находят отражение в конструкциях машин и механизмов для их проведения.

Поверхностная обработка дорожных покрытий – это способ создания шероховатой поверхности и устройства слоя износа или защитного слоя путем нанесения на покрытие тонкой пленки вяжущего, распределения щебня и его уплотнения.

Из данного определения [6, 9, 10] следуют функции поверхностной обработки:

- защита и предохранение от преждевременного разрушения под действием атмосферных воздействий основных конструктивных слоев дорожного покрытия;
- создание слоя износа, защищающего основные конструктивные слои дорожного покрытия от истирания под воздействием колес транспортных средств;
- обеспечение высокого коэффициента сцепления с колесами транспортных средств.

В настоящее время существует несколько видов поверхностных обработок [6, 9, 19], которые изображены на рис. 1.4.

Однослойная поверхностная обработка с однократным распределением вяжущего и щебня применяется для создания шероховатой поверхности и слоя износа дорожной одежды. Это наиболее распространенный вид поверхностной обработки. Чаще всего она устраивается из щебня фракции 10 – 15 мм.

Однослойная поверхностная обработка с двойным слоем щебня отличается тем, что на слой нанесенного вяжущего сначала рассыпается крупная фракция щебня (10 – 15 мм) и уплотняется, а затем – мелкая фракция щебня (5 – 10 мм) и также уплотняется, что позволяет применять ее на дорогах с высокой интенсивностью и скоростью движения. Такая поверхностная обработка способствует улучшенной герметичности покрытия, устранению мелких неровностей и деформаций, более равномерно распределяет усилия от колес транспортных средств.

Типовые структуры

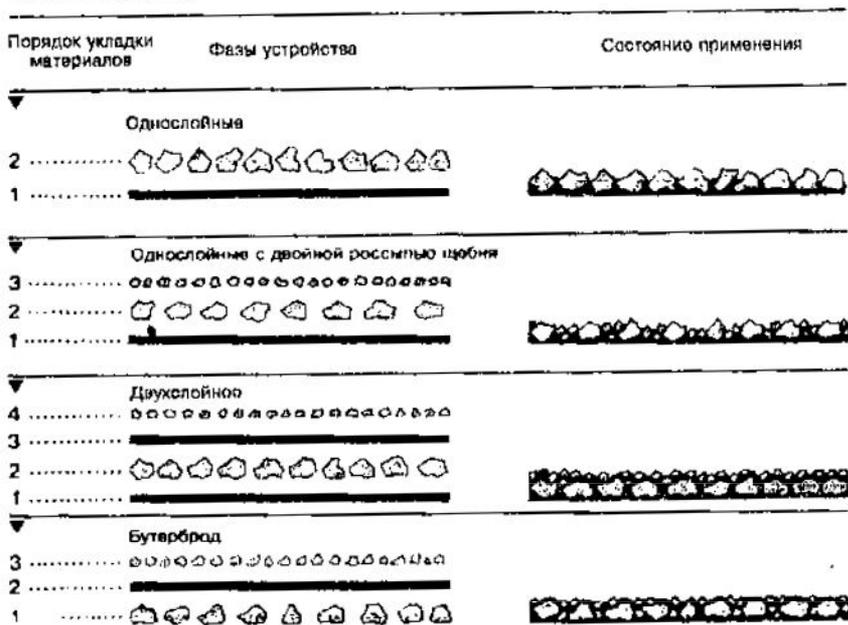


Рис. 1.4. Виды поверхностных обработок

Двухслойная поверхностная обработка включает в себя розлив первого слоя вяжущего, россыпь и последующее уплотнение крупной фракции щебня (10 – 15 мм); после чего производится розлив второго слоя вяжущего, россыпь и последующее уплотнение мелкой фракции щебня (5– 10 мм). Такая поверхностная обработка применяется на покрытиях с недостаточной прочностью, при наличии сетки трещин, ямочности, колеи, при высокой интенсивности движения, т. е. в тех случаях, когда необходимо создать не только шероховатый слой износа и защитный слой, но и улучшить ровность, несколько повысить прочность и сдвигоустойчивость покрытия автодороги. Применяется также на цементобетонных покрытиях.

Поверхностная обработка типа «сэндвич» («бутерброд») (или ШВЩ: щебень – вяжущее – щебень) представляет собой распределения щебня крупной фракции (10 – 15 мм), розлив вяжущего и последующее распределение и уплотнение щебня мелкой фракции

(5 – 10 мм). Структура получаемого слоя поверхностной обработки сравнима с однослойной поверхностной обработкой, устроенной путем розлива вяжущего и двойной россыпи щебня. Такая поверхностная обработка рекомендуется при неоднородном по ровности покрытии для его выравнивания и некоторого усиления.

Чтобы качество поверхностной обработки обеспечивало ее соответствие поставленным требованиям, при производстве работ необходимо соблюдать несколько принципиальных условий [9]:

- использовать вяжущее, обеспечивающее прочное и долговечное соединение с поверхностью покрытия или основания. Это соединение называется парой «вяжущее – основа»;

- минеральный материал должен быть надежно соединен с покрытием или основанием, а каждая щебенка прочно соединена с соседними. Это взаимодействие называется парой «вяжущее – щебень»;

- количество вяжущего должно быть достаточным, чтобы покрыть пленкой каждую щебенку на необходимую высоту и заполнить все микротрещины покрытия, но не быть избыточным, чтобы не выступать на поверхность щебеночного слоя. Это основной принцип дозировки и распределения вяжущего;

- минеральный материал должен быть чистым, обладать высокими физико-механическими свойствами (прочностью, морозостойкостью, сопротивлению истиранию и др.), иметь определенные размеры и форму;

- количество минерального материала должно быть достаточным, чтобы создать нужную структуру поверхности, но не быть излишним, чтобы избежать его удаления. Это принцип распределения и дозировки минерального материала;

- каждая щебенка должна занять наиболее стабильное положение, а все вместе должны создавать сплошной монолитный слой с шероховатой поверхностью. Это основной принцип уплотнения.

Для устройства поверхностной обработки в качестве вяжущего используются битум или битумная эмульсия. Вяжущее должно обеспечивать гидроизоляцию покрытия, приклеивание каменного материала к покрытию или основанию и соединение щебенки в единый слой.

Для поверхностной обработки наиболее эффективна катионная битумная эмульсия [6, 9, 10]. Она имеет достаточную вязкость при нормальной температуре воздуха, чтобы не стекать в углубления на покрытии при наличии значительных деформаций или повреждений и в то же время за один розлив позволяет обеспечить дозировку, необходимую для укладки щебня в один слой.

В настоящее время ведутся исследования по применению для поверхностной обработки вяжущих материалов высокого уровня вязкости – таких, как вяжущие с термопластами, эластомерами, латексом, резиной. Добавление волокон (фибры) в вяжущее помогает зафиксировать минеральный материал и обеспечивает большее сопротивление вяжущего растяжению при низких температурах [6, 9].

Щебень поверхностной обработки воспринимает и передает на нижележащие слои нагрузку от колес транспортных средств, служит слоем износа и обеспечивает сцепление между дорогой и колесами. Каждый наезд колеса на щебенку представляет собой удар вертикальной нагрузки продолжительностью 1/2000 с в течение всего срока службы [9]. Своими размерами и формой щебень формирует текстуру поверхности покрытия, от которой зависит коэффициент сцепления с колесами транспортных средств и шум от их движения.

Форма щебенки должна быть как можно ближе к кубической, чтобы обеспечивать их устойчивое положение на поверхности покрытия. Яйцевидная форма не обеспечивает стабильного положения, а щебень лещадной формы хрупок и плохо укладывается в покрытие.

Чистота поверхности щебня существенно влияет на его связь с вяжущим, величину обволакивания и характеристики распада битумной эмульсии. Поэтому щебень для поверхностной обработки должен быть очень чистым. Для выполнения этого требования щебень необходимо тщательно промывать во время производства и не допускать его загрязнения в процессе транспортировки, хранения и укладки в слой поверхностной обработки.

Для устройства поверхностной обработки существующей автодороги старое покрытие должно быть подготовлено путем выполнения следующих операций:

- заделка трещин и ямочности (ямочный ремонт);
- устранение крупных неровностей фрезерованием или укладкой выравнивающего слоя;
- очистка покрытия после завершения предварительных работ.

В зависимости от способа выполнения основных операций технологического процесса – нанесения вяжущего и распределения щебня, технологию производства поверхностных обработок можно разделить на два направления: с отдельным распределением материалов и с синхронным распределением материалов.

В первом случае в состав основных работ входит последовательное нанесение вяжущего, затем, несколько отдаленное по времени, распределение и уплотнение щебня. После этого производится сметание отдельных неукрепившихся щебенки и возобновление движения транспорта.

Основной недостаток технологии устройства поверхностной обработки с отдельным распределением вяжущего и минерального материала состоит в том, что любое нарушение в организации работ и задержка с распределением щебня приводят к тому, что в случае с битумом он может остыть и потерять способность к обволакиванию минерального материала, а в случае с битумной эмульсией процесс ее распада может завершиться частично или полностью до распределения щебня. В результате щебень не будет равномерно покрыт вяжущим и надежно соединен с покрытием и друг с другом.

Значительные трудности в организации работ возникают из-за различия в скорости распределения вяжущего и россыпи щебня, а также их удельных расходов. Так, скорость автогудронатора при распределении вяжущего обычно не равна скорости движения щебнераспределителя, что вызывает необходимость некоторого задела с распределением вяжущего, чтобы обеспечить фронт работы щебнераспределителю. Также емкости автогудронатора в 6000 литров достаточно, чтобы обработать 6000 м² покрытия, а вместимости кузова автомобиля в 12000 кг, работающего со щебнераспределителем, – чтобы рассыпать щебень на 1200 м² покрытия. Таким образом, необходимо пять остановок в распределении щебня для загрузки щебнераспределителя. Поэтому даже при хорошей организации работ невозможно обеспечить одинаковый интервал времени между

распределением вяжущего и россыпью щебня, а следовательно, одинаковое качество поверхностной обработки на всей длине ремонтируемого участка автодороги [9].

При синхронном распределении вяжущего и щебня разрыв между этими операциями не превышает 1 с, что существенно сказывается на повышении качества поверхностной обработки как при использовании в качестве вяжущего горячего битума, так и битумной эмульсии.

Синхронное распределение решает все проблемы организации и координации работ, возникающие при раздельном распределении, поскольку при каждой остановке в распределении щебня автоматически прекращается и распределение вяжущего.

2. МАШИНЫ ДЛЯ ЛЕТНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

Как уже отмечалось выше, летнее содержание дорог и аэродромов включает их подметание, мойку покрытий и обстановку пути, разметку покрытий и окраску обстановки, уход за обочиной и кюветами.

2.1. Подметально-уборочные машины

2.1.1. Классификация и конструкции подметально-уборочных машин

При весенне-летнем содержании дорог выполняются работы по сдвигу, образованию валиков на расстоянии 1,5 м от бордюра и их погрузке и вывозу. Основную роль в этом процессе предполагается выполнить машинам МУН-1 и МУН-2 (производство ОАО «Амкадор»). Машина МУН-1 поможет быстро очистить и аккуратно уложить в валики прибордюрный мусор, который затем может быть легко убран бульдозером-погрузчиком ДЗ-133 или многоковшовым погрузчиком ТМ-3. Машина МУН-2 решает проблему качественной уборки дорог от наносов, пыли, грязи, снега и погрузки их в транспортные средства. Белорусскими предприятиями выпускается весь

комплекс машин, обеспечивающих летнее содержание дорог с прилегающими инженерными сооружениями.

Машина МУН-1 монтируется на базе трактора МТЗ-80/82 и обеспечивает работу со скоростью до 4,26 км/ч и убирает наносы с плотностью до 2,14 т/м³. Машина МУН-2 выполняется прицепного типа.

Подметально-уборочные машины для летнего содержания предназначены для подметания асфальто- и цементобетонных дорожных покрытий и сбора смета в бункер машины. В зависимости от способа воздействия на дорожное покрытие при подметании машины разделены на (рис. 2.1):

- машины щеточного типа с исполнительным органом в виде щеточного устройства;
- машины вакуумно-пневматического типа, подметающие дорожное покрытие струей воздуха;
- машины комбинированного щеточно-вакуумно-пневматического типа.



Рис. 2.1. Классификация подметально-уборочных машин

Наиболее распространены в настоящее время машины щеточного и комбинированного типов. Что же касается машин вакуумно-пневматического, т.е. бесщеточного типа, то известно сравнительно небольшое число конструкций таких машин, применяемых только при обслуживании аэродромов.

Машины щеточного и комбинированного типов в свою очередь различают по способу обеспыливания процессов подметания и подачи смета в бункер машины. Причем обеспыливают при подметании двумя способами: увлажнением дорожного покрытия (мокрое обеспыливание) и отсасыванием пыли из зоны действия щеток (сухое обеспыливание).

По способу подачи смета в бункер машины разделены на машины с механическим конвейером и машины с пневматическим транспортером. Современные подметально-уборочные машины смонтированы на специальных и автомобильных шасси, а также на прицепах.

Подметально-уборочные машины обеспечивают полный цикл уборки, в т.ч. отделение загрязнений и перемещение их с дорожных покрытий в бункер машины. Цикл уборки современной машины включает подметание покрытий, заполнение бункера сметом, транспортирование его на места складирования, разгрузку бункера и заполнение бака водой, необходимой для обеспыливания при подметании.

Для уборки загрязнений машина снабжена щеточными и транспортирующими устройствами, бункером для смета, механизмом его опорожнения, системой обеспыливания зоны подметания. Щеточное устройство обычно представляет собой комбинацию двух или трех щеток, различающихся формой (рис. 2.2). При этом торцовые щетки, предназначенные для уборки полосы дороги у камня, обеспечивают подметание и перемещение загрязнений к оси машины. Цилиндрические щетки не только подметают полосы дороги перед машиной, но и направляют смет непосредственно в бункер (рис. 2.2, а) или к транспортирующему устройству (рис. 2.2, б). Получают распространение цилиндрические щетки, которые, подметая, поднимают смет и направляют его через разгрузочное окно кожуха непосредственно в бункер машины (рис. 2.2, в). Значительно распространены машины, у которых перемещение смета в бункер обеспечивается воздушным потоком. В этом случае цилиндрическая щетка, подметая весь смет, подает его непосредственно или с помощью вспомогательного устройства к всасывающему патрубку пневматического транспортера (рис. 2.2, г).

Находят распространение машины, у которых воздушный поток использован для отделения загрязнений небольшой части убираемой полосы, захвата всего смета и перемещения его в бункер по трубе пневмотранспортера (рис. 2.2, д). Такие машины снабжены только лотковыми щетками, а функции цилиндрической щетки выполняет специальное сопло – подборщик пневмосистемы. Бункер

разгружают преимущественно самосвальным устройством. Получают распространение устройства, перемещающие бункер в положение, которое обеспечивает выгрузку смета в кузов грузового автомобиля. В качестве средства обеспыливания зоны подметания применяют увлажнение и только в редких случаях используют пневматические системы обеспыливания.

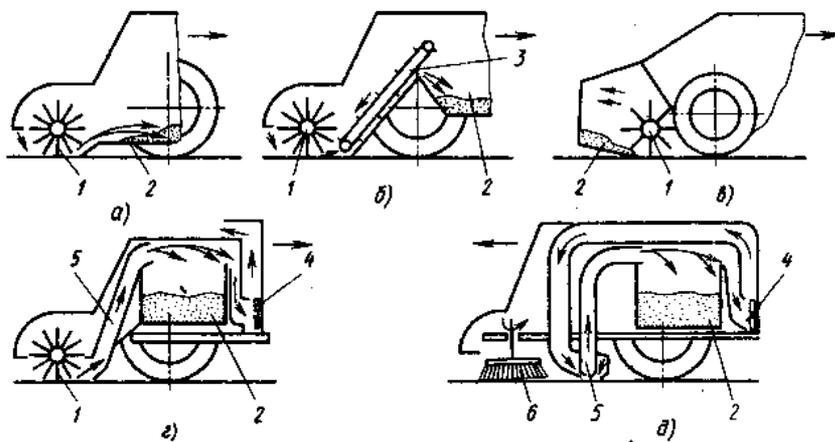


Рис. 2.2. Способы транспортирования смета в бункер:

- а, в - перемещение смета в бункер щеткой; б - перемещение смета механическим транспортером; г - перемещение смета пневматическим транспортером; д - подметание и перемещение смета сдувающей и всасывающей воздушной струей;
- 1 - цилиндрическая щетка; 2 - бункер; 3 - механический транспортер;
4 - вентилятор; 5 - пневматический транспортер; 6 - лотковая щетка

В настоящее время промышленность изготавливает подметально-уборочные машины двух типов: КО-309 и ПУ-53, различающиеся способом перемещения смета из зоны работы щеточных устройств в бункер машины. На машинах КО-309, выпускаемых в настоящее время, а также КО-304 и КО-304А, находящихся в эксплуатации, использована система пневматического транспортирования смета в бункер машины из зоны работы щетки.

На широко распространенных машинах ПУ-53 и ПУ-53А загрязнения, отделенные щеткой, поступают в бункер с помощью механического скребкового транспортера.

Машина типа КО-309 (рис. 2.3) на базе автомобиля ГАЗ-53 состоит из следующих основных узлов: щеточного устройства, пневматического транспортера, вентилятора, бункера для смета, системы увлажнения с водяным баком, устройства для сбора куч загрязнений, гидрооборудования и механизмов привода.

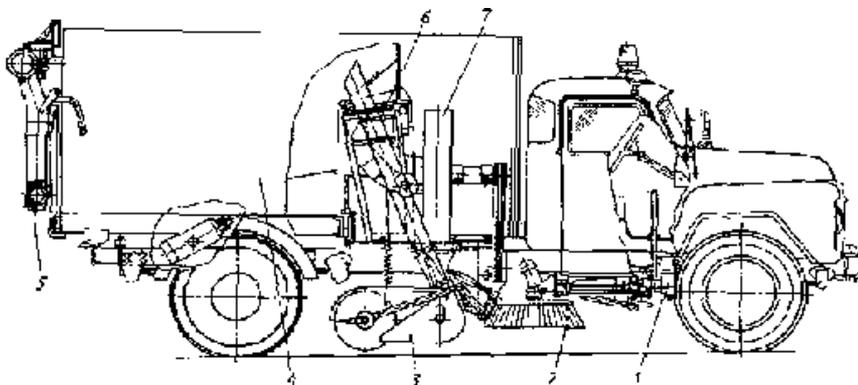


Рис. 2.3. Подметально-уборочная машина КО-309:

- 1 - коробка отбора мощности; 2 - лотковая щетка; 3 - щеточный подборщик;
4 - бункер; 5 - всасывающий шланг; 6 - транспортер; 7 - вентилятор

Щеточное устройство, размещенное в базовом пространстве шасси, представляет собой центральную цилиндрическую щетку-подборщик и две лотковые щетки. Подборщик расположен перед задними колесами, а лотковые щетки – за кабиной водителя.

Для обеспечения работы пневматического транспортера подборщик снабжен вспомогательным оборудованием, состоящим из кожуха, лотка и винтового конвейера. Винтовой конвейер перемещает смет вправо от оси машины. В правом своем конце конвейер переходит в метатель, диаметр двух его лопастей равен диаметру лопастей конвейера. В верхней части конвейера над лопастями расположено приемное сопло пневматического транспортера смета.

Щетку-подборщик можно легко демонтировать, переставлять с одной стороны на другую для равномерного изнашивания ворса на всей длине щетки. Для изменения степени обжатия ворса щетку подвешивают на пружинах, натяжение которых регулируется.

Для надлежащего направления смета на лоток и винтовой конвейер подборщик установлен под углом около 5° по отношению к поперечной оси машины. Винтовой конвейер размещен в подшипниковых опорах специальной конструкции, позволяющих перемещаться валу конвейера в вертикальном направлении. При попадании между кожухом и лопастью крупных фракций загрязнений вал может перемещаться в вертикальной плоскости, что предотвращает возможные заклинивания конвейера. Подборщик вместе с конвейером, лотком и кожухом перемещается в транспортное положение с помощью двух гидроцилиндров.

Лотковые щетки установлены на специальных шарнирных подвесках, прикрепленных к лонжеронам базового шасси. Тяги шарнирной подвески позволяют устанавливать щетку в надлежащее (рабочее или транспортное) положение. В рабочем положении лотковая щетка перемещается с помощью гидроцилиндра за габариты ведущих колес базового шасси. В транспортное положение щетка поднимается также гидроцилиндром, воздействующим на рычажную систему ее подвески.

Пневматический транспортер представляет собой металлическую трубу. Нижний конец ее соединен со всасывающим соплом, расположенным над лопастями шнека, верхний конец — с бункером для смета.

Вентилятор, установленный на раме автомобиля за кабиной водителя, соединен всасывающим патрубком с бункером, в результате чего в бункере и трубе транспортера при работе вентилятора создается разрежение. Поток воздуха, несущий смет, при попадании в бункер из-за резкого расширения теряет скорость и меняет направление движения. Благодаря этому частицы загрязнений осаждаются в бункере, а очищенный воздух поступает в вентилятор и выбрасывается через его напорный патрубок.

Контроль за наполнением бункера сметом осуществляется визуально через специальный лючок на правой стенке бункера. Разгрузка бункера производится путем его перемещения в наклонное положение при открывании задней крышки, фиксируемой специальным механизмом, и гидроцилиндром.

Система увлажнения состоит из бака для воды, насоса, системы трубопроводов с форсунками, расход воды через которые можно регулировать. Форсунки установлены на переднем бампере базового шасси, перед лотковыми щетками, а также на входе в пневматический транспортер. На задней крышке бункера для смета размещен всасывающий шланг, на конце которого имеется жесткий наконечник.

Перед использованием всасывающего шланга вход в пневматический транспортер у винтового конвейера перекрывается специальной крышкой. Гидрооборудование машины функционирует от гидронасоса, приводимого в действие двигателем базового шасси. Привод подборщика осуществляется с помощью гидромотора и цепной передачи. Лотковые щетки приводятся во вращение гидромоторами, соединенными непосредственно с валами щеток.

Гидросистема машины служит также для обеспечения работы гидроцилиндров, выполняющих различные вспомогательные функции.

Гидромоторами и гидроцилиндрами управляют с помощью распределителей и дросселей.

Привод всех механизмов обеспечивается двигателем шасси с помощью коробки отбора мощности, от верхнего вала которой клиноременной передачей (рис. 2.4) приводятся вентилятор и насос системы увлажнения. Конструкция привода обеспечивает совместную работу вентилятора и водяного насоса. От нижнего вала коробки приводится насос гидросистемы машины.

Машина работает следующим образом. Система увлажнения смачивает подметаемую полосу. Лотковые щетки, вращаясь, отделяют загрязнения на полосе своего захвата и направляют смет к середине машины в зону действия щетки-подборщика. Подметая соответствующую полосу, подборщик захватывает весь смет, отделенный им и лотковыми щетками, и отбрасывает его на лоток и винтовой конвейер. С помощью конвейера смет перемещается вправо к лопастям метателя, подающим смет к всасывающему соплу трубы пневматического транспортера, который перемещает смет в бункер, где он отделяется от струи воздуха. Для лучшего транспортирования (в бункер машины) и отделения (от воздушной струи) смет при входе в пневмотранспортер увлажняется с помощью форсунок. После заполнения бункера машина направляется к месту складирова-

ния смета. Бункер опорожняется путем перемещения его в наклонное положение при открытой крышке. Машина может работать с одной и двумя лотковыми щетками в зависимости от характера засоренности дорожного покрытия.

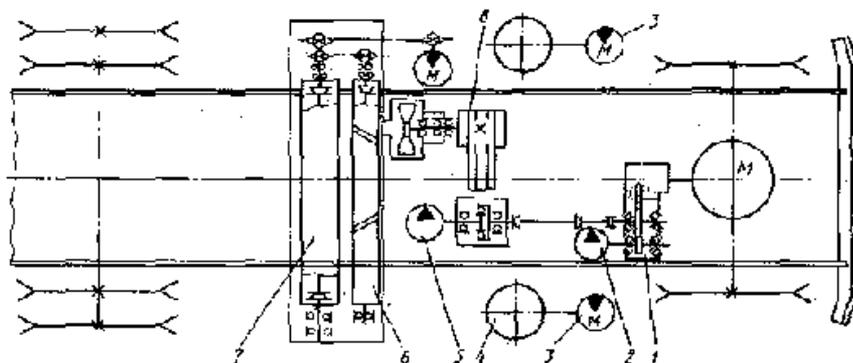


Рис. 2.4. Кинематическая схема машины КО-309:

- 1 - коробка отбора мощности; 2 - гидронасос; 3 - гидромотор; 4 - лотковая щетка;
5 - водяной насос; 6 - шнек; 7 - цилиндрическая щетка; 8 - вентилятор

При необходимости уборки куч смета или опавших листьев, урн и труднодоступных мест используют всасывающий шланг, который для облегчения пользования закреплен на специальной подвеске.

Находящиеся в эксплуатации, но уже снятые с производства машины КО-304 и КО-304А, также снабженные пневматическим транспортером смета, смонтированы на автомобиле ГАЗ-53 и отличаются от машины КО-309 конструкцией подметального устройства. На машине КО-304 — одна лотковая щетка цилиндрического типа, расположенная за кабиной водителя с правой стороны по ходу машины. Остальная полоса захвата машины подметается другой цилиндрической щеткой, установленной под углом к продольной оси машины несколько впереди лотковой щетки так, чтобы смет поступал в зону работы лотковой щетки, выполняющей функции подборщика. Над лотковой щеткой размещено всасывающее сопло пневматического транспортера. Благодаря этому весь смет при отбрасывании лотковой щеткой подхватывается воздушным потоком и поступает в пневматический транспортер.

Машина КО-304А, являющаяся модификацией машины КО-304, снабжена лотковой щеткой торцового типа, что позволило повысить эффективность подметания прилотковой полосы. Цилиндрическая щетка, расположенная под углом к направлению движения машины, и лотковая щетка подают смет к вертикально расположенному всасывающему соплу пневматического транспортера. В остальном конструкции машин КО-304 и КО-304А аналогичны конструкции машины КО-309.

Машина ПУ-53А (рис. 2.5) состоит из следующих основных узлов: подметального устройства, механизмов перемещения смета в мусоросборники, системы увлажнения, гидравлической системы, механизмов привода рабочих органов и окузовки. Подметальное устройство включает две лотковые щетки перед задними колесами и главную цилиндрическую щетку за ними.

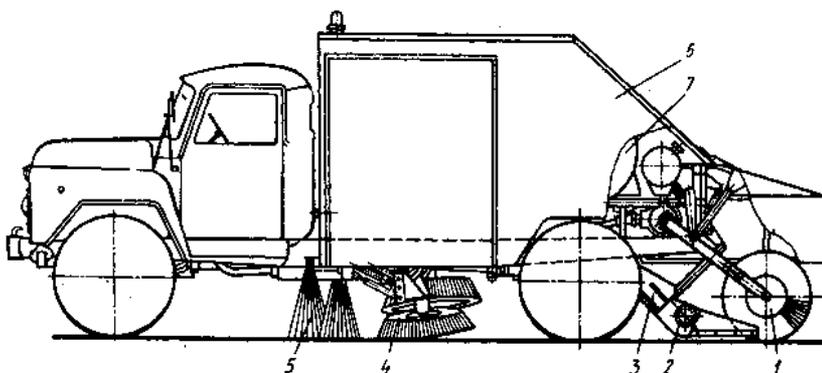


Рис. 2.5. Подметально-уборочная машина:

- 1 - цилиндрическая щетка; 2 - винтовой конвейер; 3 - транспортер;
- 4 - лотковая щетка; 5 - система увлажнения; 6 - кузов; 7 - водяной бак

Лотковые щетки подвешены на параллельно расположенных рычагах, позволяющих устанавливать щетки в нужное положение, копировать неровности дороги и бортового камня. Лотковые щетки обычной торцовой конструкции имеют механизмы для регулирования деформации ворса по мере его изнашивания.

К бортовому камню лотковая щетка прижимается с помощью пружин. Перед цилиндрической щеткой, подвешенной на шарнир-

ной раме, расположен лоток с двумя винтовыми конвейерами, у которых лопасти навиты в противоположные стороны. Винтовые конвейеры в средней части переходят в наклонный скребковый транспортер.

Расстояния между лотковыми щетками и задними колесами, а так-же между цилиндрической щеткой и колесами приблизительно одинаковые. Благодаря этому достигается наилучшее перекрытие полос, обрабатываемых щетками. Цилиндрическая щетка подвешена так, что при подъеме ее в транспортное положение одновременно поднимаются лоток, нижняя часть транспортера и винтовой конвейер. Для осмотра щетки и проведения технического обслуживания задняя часть кузова, подвешенная на петлях, может подниматься вверх.

В транспортное и рабочее положения лотковые и цилиндрическая щетки поднимаются и опускаются с помощью гидроцилиндров. Следует учесть, что гидроцилиндры перемещения лотковых щеток являются также распределителями, через которые масло подается к гидромоторам привода. Такая конструкция обеспечивает автоматическое включение гидромотора, вращающего лотковую щетку при ее опускании в рабочее положение, и его отключение при подъеме щетки в транспортное положение.

Смет забрасывается в корытообразный желоб, расположенный в передней части лотка, и винтовым конвейером перемещается к середине машины, подхватывается скребками нижней ветви транспортера. Транспортер подачи смета в контейнеры в верхней части имеет натяжную станцию. Обрезиненные скребки транспортера закреплены на ролико-втулочной цепи. Транспортер перемещает смет в переднюю часть машины к мусоросборникам – двум контейнерам вместимостью по 750 л, помещенным за кабиной водителя. С помощью рычажной системы и двух гидроцилиндров заполненные сметом контейнеры могут сниматься с машины и заменяться порожними. Кроме того, с помощью тех же механизмов контейнеры могут поочередно выгружаться путем перемещения их в наклонное положение.

Система увлажнения, обеспечивающая обеспыливание процесса подметания, состоит из двух баков цилиндрической формы, насоса,

системы трубопровода и распылителей, размещенных перед лотковыми щетками под лонжеронами рамы автомобиля за кабиной водителя. На трубопроводе, подающем воду из баков к водяному насосу, установлен фильтр. Расход воды через форсунки регулируется кранами, расположенными в кабине водителя и у лотковых щеток. Водяной насос вихревого типа получает вращение от нижнего вала раздаточного редуктора.

Гидравлическая система машины служит для привода лотковых щеток, разгрузки контейнеров, а также для опускания в рабочее и подъема в транспортное положение рабочих органов.

Механизмы привода состоят из коробки отбора мощности, которая непосредственно приводит в действие насос гидросистемы (рис. 2.6). От верхнего вала коробки отбора мощности с помощью карданного вала крутящий момент передается на раздаточный редуктор, который служит для привода водяного насоса системы увлажнения и передачи карданным валом крутящего момента на конический редуктор, приводящий в действие цепь транспортера и цепную передачу привода цилиндрической щетки. Привод шнека осуществляется от цепи транспортера. Механическим и гидравлическим приводами управляют из кабины водителя. Все механизмы закрыты специальным кузовом сварной конструкции, имеющим двери для доступа к контейнерам и люки для осмотра механизмов машины.

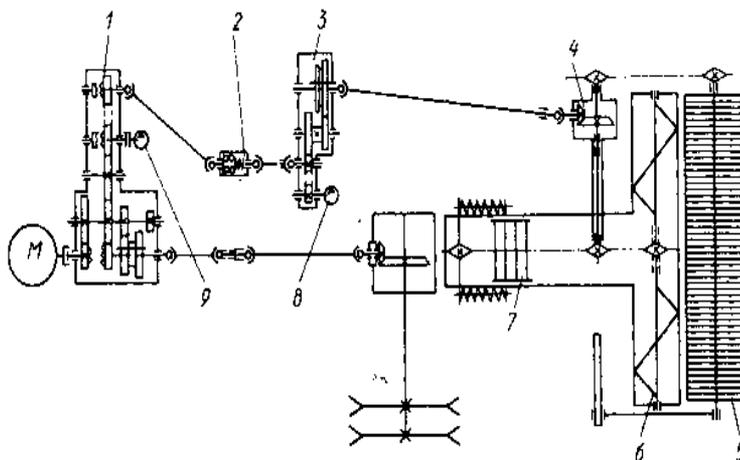


Рис. 2.6. Кинематическая схема подметально-уборочной машины:

1 - коробка отбора мощности; 2 - предохранительная муфта; 3 – раздаточный редуктор; 4 - конический редуктор; 5 - цилиндрическая щетка; 6 - шнек; 7 - транспортер; 8 - водяной насос; 9 - масляный насос

Особенностью данной машины является возможность круглогодичного использования базового шасси. Для работы в течение зимнего периода часть подметального оборудования демонтируют и заменяют плужно-щеточным снегоочистительным оборудованием, состоящим из плуга, установленного впереди машины, и цилиндрической щетки, расположенной в межбазовом пространстве.

Техническая характеристика подметально-уборочных машин приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Техническая характеристика подметально-уборочных машин

Показатель	КО -309	ПУ-53	КО-304А	КО-304
Ширина подметания, м: всеми щетками	2,8	2,8	2,15	2
цилиндрической и одной лотковой	2,25	2,4	2,15	-
Вместимость бункера для смета, м ³	2	1,5	2	2
Вместимость бака для воды, м ³	0,7	1	0,76	0,76
Рабочая скорость, км/ч	6-13	6-13	6-13	6-13
Диаметр щеток, м: цилиндрической	0,47	0,7	0,49	0,49
лотковой	0,8	0,9	0,8	0,45
Размеры, мм:				
длина	6185	6560	5850	5850
ширина	2270	2350	2300	2300
высота	2600	2440	2610	2610
Масса, кг: машины без смета и во- ды	4875	5500	4840	4710

специального оборудо- вания	2285	2900	2240	2110
--------------------------------	------	------	------	------

Примечание: Базовым шасси этих машин служит автомобиль ГАЗ-53А.

Основы расчета. В рекомендациях по расчету подметально-уборочных машин приведены вопросы общей компоновки рабочих органов и основных вспомогательных устройств, определения их параметров и режимов работы, усилий, возникающих при работе щеточных устройств, а также необходимой мощности для обеспечения работы машины на различных режимах работы.

На основании результатов этой части расчетов определяются нагрузки на мосты базового шасси, возможные вместимости бункера для смета, бака для воды и других емкостей, а также рассчитывается прочность основных устройств машины.

Рекомендации к общей компоновке машины

В отечественной практике в настоящее время используют две принципиальные схемы машин:

- перемещение смета в бункер с помощью различных транспортирующих устройств;
- поступление смета в бункер по пневматическому транспортеру.

Изложенные далее рекомендации по расчету будут относиться к подметально-уборочным машинам, сконструированным по этим схемам.

Рекомендации по компоновке подметально-уборочных машин, основанные на статистических материалах, анализе воздействия эксплуатационного фона, а также условиях движения смета при работе подметальных устройств, заключаются в следующем.

Основная масса загрязнений располагается в прилотовой полосе, поэтому для уборки применяют лотковые щетки торцевого типа. В зависимости от условий использования или особенностей организации движения транспортных средств (одно- или двустороннее) машину снабжают одной или двумя лотковыми щетками.

Цилиндрическую щетку подборщик обычно устанавливают сзади машины для удобства проведения ремонтных работ и замены изношенной щетки.

Преимуществом такого расположения подборщика является возможность симметричного относительно задней оси базового автомобиля размещения лотковых щеток и подборщика, при котором достигается наилучшее перекрытие щетками убранных полос дороги при повороте машины (рис. 2.7). Перед подборщиком установлено устройство для транспортирования смета в бункер машины.

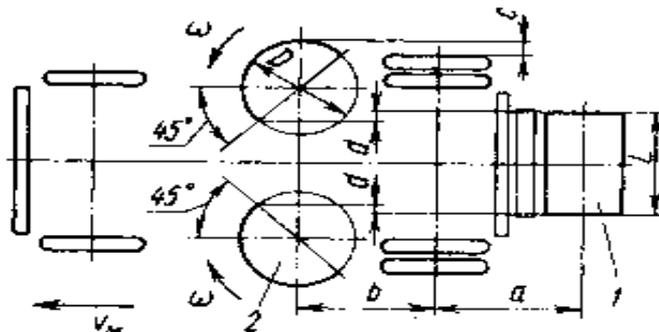


Рис. 2.7. Схема размещения щеточных устройств:
1 - цилиндрическая щетка; 2 - лотковая щетка

В табл. 2.2 приведены основные установочные размеры, которые рекомендуется использовать при компоновке машины.

Таблица 2.2

Установочные размеры подметально-уборочных машин
(см. рис. 2.7)

Установочный размер	Рекомендуемое значение установочного размера
Вылет a подборщика относительно задней оси базового шасси	Минимальный размер, зависящий от конструкции шасси и транспортера смета
Расстояние b от оси лотковых щеток до задней оси базового шасси	Для обеспечения условий надлежащего перекрытия следов работы щеток следует стремиться к тому,

	чтобы $a = b$
Вылет C ворса лотковой щетки относительно задних колес базового шасси	150...250 мм
Перекрытие d следов лотковых щеток и подборщика	При минимальном радиусе поворота машины $d > 30$ мм
Диаметр D лотковых щеток	600...1000 мм
Длина L подборщика	Устанавливается минимальной в зависимости от диаметра D и общей компоновки машины

Общая компоновка машины включает также определение вместимости бункера для смета и резервуара для воды. Для достижения наибольшей производительности машины следует стремиться к максимально возможной вместимости бункера и, следовательно, длительности цикла работы машины, определяемой периодом наполнения бункера сметом.

2.1.2. Основы расчета подметально-уборочных машин

При расчете определяют основные параметры машин, мощность, необходимую для их работы, и рассчитывают на прочность основные узлы и детали машины. В зависимости от заданных технических показателей определяют такие важнейшие параметры, как объемы бака для воды и бункера для смета, режим работы насоса для распыления воды и режим работы вентиляционной установки. Важное значение имеет также установление основных показателей работы щеточных устройств. К таким показателям относят соотношение скоростей машины и щеток и определение количества ворса, необходимого для нормальной работы щеток.

Определение мощности машины сводится к определению мощности, необходимой для работы отдельных агрегатов машины (щеточных устройств, конвейера, системы обеспыливания), а также общей мощности, необходимой для перемещения машины при подметании. В результате должны быть установлены и выбраны такие кинематические характеристики передач к потребляющим мощность агрегатам, при которых суммарная мощность, необходимая

для работы машины в целом, должна быть меньше мощности, которую может развивать двигатель автомобиля на выбранном режиме.

Расчет на прочность выполняется с использованием определенной выше мощности и необходимых конструктивных показателей.

Определение объема бункера для смета в машинах с увлажнением и в машинах с пневматическим обеспыливанием имеет свои особенности. В машинах с увлажнением объем бункера (в м³)

$$V_{б,у} = \frac{B \vartheta_m t_p Q}{\gamma_{см} K_{исп}},$$

где B - ширина подметания в м;

ϑ_m - рабочая скорость подметания в км/ч;

t_p - продолжительность подметания до выгрузки бункера или продолжительность заполнения бункера в ч;

Q - масса смета, находящегося на дороге, в г/м²;

$\gamma_{см}$ - объемная масса смета в кг/м³;

$K_{исп}$ - коэффициент использования геометрического объема бункера.

При определении $V_{б,у}$ рекомендуется принимать $\gamma_{см} \approx 900 - 1100$ кг/м³; $K_{исп} \approx 0,8 - 0,9$. Величину Q принимают: для нормальных условий при работе на систематически обслуживаемых улицах, вне района строительства и промышленных предприятий – равной 30 г/м²; для улиц в районах с пониженным уровнем благоустройства – 60 г/м² и для особо тяжелых условий работы, в лотках улиц, расположенных в районе строительства, – 100 – 150 г/м². Рабочую скорость подметания ϑ_p в зависимости от условий работы принимают равной 4 – 7 км/ч. Период заполнения бункера t_p обычно выбирается равным продолжительности половины или всей смены.

В машинах с пневматическим обеспыливанием наиболее крупный и тяжелый смет собирается в мусороприемнике (бункере) первой ступени очистки, а более мелкий смет собирается в бункере

второй ступени очистки, называемом пылесборником. В бункере первой ступени очистки обычно остается около 90 % всего собираемого машиной смета; остальные 10 % мельчайшего смета попадают в пылесборник. Исходя из этого объем бункера первой ступени очистки (в м³)

$$V_{б.п} = \frac{0,9B\vartheta_M t_p Q}{\gamma_{см} K_{исп}}$$

Объем пылесборника (в м³)

$$V_{п.п} = \frac{0,1B\vartheta_M t_p Q}{\gamma_{см} K_{исп}} \quad \text{или} \quad V_{п.п} = \frac{1}{9} V_{б.п}.$$

В одних подметально-уборочных машинах система увлажнения предназначена только для увлажнения дорожного покрытия; в других – для увлажнения дорожного покрытия и создания водяных завес в пневматической системе транспортирования смета в бункер. В машинах с системой увлажнения, предназначенной только для увлажнения дорожного покрытия, объем бака воды (в м³)

$$V'_{б.в} = \frac{B' \vartheta'_M t'_p q}{k_{исп}},$$

где B' - ширина увлажнения в м, обычно принимается равной в пре-делах (1,1-2) м;

q - удельный расход воды на увлажнение, для средних условий запыленности принимается равным (0,02-0,03) л/м², для тяжелых условий большой запыленности (0,03-0,05) л/м²;

$k_{исп}$ - коэффициент использования объема бака, равный 0,9-0,95;

t'_p - продолжительность подметания до момента опорожнения бака.

Для систем увлажнения дорожного покрытия и создания водяных завес необходимый объем бака (в м³)

$$V''_{б.в} \approx 2V'_{б.в}.$$

При определении объема бака для воды необходимо стремиться к согласованности этого параметра с объемом бункера. Оптимальным является выбор такого объема бункера и бака, при котором момент заполнения бункера сметом совпадает с опорожнением бака для воды, т.е. $t_p = t'_p$. В этом случае опорожнение бункера и заполнение бака водой будет происходить одновременно, что позволит при работе машины снизить непроизводительные потери времени до минимума. Если показанное условие выполнить не представляется возможным, то необходимо установить объем бака таким, чтобы время t'_p было кратным t_p , например $t_p = 2t'_p$.

С помощью системы увлажнения кратковременно в момент воздействия щеточных устройств на дорожное покрытие связываются мельчайшие частицы пыли и увлажняются нижние слои воздуха. В результате этого частицы наиболее подвижной пыли вместе со всем сметом при работе щеток удаляются с поверхности дорожного покрытия. Работа системы увлажнения обеспечивается насосом, который под давлением подает поступающую из бака воду в систему распылителей, установленных перед щеточным устройством. Расход воды, необходимый для работы системы увлажнения:

$$Q_y = B' \vartheta_m q.$$

Как указывалось выше, в среднем $q = 0,025 \dots 0,035 \text{ л/м}^2$.

Смет на дорожном покрытии размещается неравномерно. Основное количество смета скапливается у бордюрного камня в полосе шириной около 0,5 м, которая обрабатывается лотковой щеткой. Поэтому распылители, подающие воду на полосу дороги перед лотковой щеткой, обычно рассчитывают на повышенный расход, с тем чтобы

$$q_{л.щ} = 1,5 \dots 2,0 q_{г.щ},$$

где $q_{л.щ}$ - удельный расход воды на увлажнение полосы, обрабатываемой лотковой щеткой;

$q_{г.щ}$ - удельный расход воды при увлажнении дорожного покрытия перед главной щеткой.

В зависимости от засоренности удельный расход при увлажнении колеблется в пределах $q_{л.щ} = 0,04...0,07$ л/м². При таких небольших нормах увлажнения смет может достаточно эффективно смачиваться при равномерном и мелкодисперсном распределении воды по поверхности дорожного покрытия. Это условие, как показывают исследования, выполняется, если напор воды H при входе в распылитель составляет не менее 25...30 м.

Система обеспыливания. Задача сводится к определению количества воздуха, необходимого для обеспыливания процесса подметания, подбору соответствующего этим целям вентилятора и определению режимов его работы.

При решении задачи по определению количества воздуха, необходимого для обеспыливания процесса подметания, необходимо прежде всего определить режим работы пневмосистемы, при котором под кожухами главной и лотковой щеток будет создаваться достаточное разрежение и будет полностью исключено выбивание из под них пыли.

Режим работы пневмосистемы можно определить, зная очертания щели между дорогой и щеткой, а также скорость воздуха в щели. Аналитическое решение этой задачи представляет большие трудности. Поэтому используют результат определения потребного количества воздуха на опытных машинах с пневматическим обеспыливанием. Это количество воздуха (в м³/с) определяется следующим образом:

$$Q = \Pi Q_1,$$

где Π - периметр кожуха щеток в м; для раздельного кожуха Π равен сумме периметров кожухов главной и лотковых щеток;

Q_1 - количество воздуха, которое необходимо отсасывать через каждый метр периметра кожуха щеток; как показывают опытные данные, $Q_1 = 0,18...0,2$ м³/с на 1 м.

Вентилятор всасывает воздух через щели в кожухе щеток, а затем через фильтрующую систему выбрасывает его в атмосферу. При этом возникают местные и линейные сопротивления, обусловленные прохождением воздуха через щели кожуха, надщеточное пространство, бункер, воздухопроводы, фильтры и т.д. С некоторым приближением можно считать, что сумма этих сопротивлений, возникающих на всасывающей и напорной линиях системы, а также скоростной напор под кожухом щеток должны равняться полному напору (в Н/м²), развиваемому вентилятором:

$$H = \sum h + \frac{g^2}{2g}.$$

Это выражение можно представить следующим образом:

$$\frac{g^2}{2g} + \sum h = KQ^2.$$

Коэффициент K с учетом конструктивных особенностей местных и линейных сопротивлений пневмосистемы определяют по общеизвестным формулам гидравлики. Отсюда

$$H = KQ^2.$$

Таким образом, напор H должен развиваться вентилятором при необходимом для работы системы расходе воздуха Q . По полученным значениям H и Q выбирают вентилятор пневмосистемы.

Для определения режимов работы вентилятора, задаваясь значениями Q , находят точки параболы, характеризующие сопротивление пневмосистемы. Точка пересечения характеристики $H = f(Q)$ вентилятора с параболой $H = KQ^2$ позволяет определить необхо-

димые для работы машины значения H и Q , а также частоту вращения вентилятора и его КПД.

Как указывалось выше, отдельные сопротивления пневмосистемы определяют по соответствующим формулам гидравлики. Некоторую особенность представляет определение сопротивлений фильтров. Прежде всего следует иметь в виду, что сопротивление фильтров во время работы машины изменяется. Чистые фильтры имеют минимальное сопротивление, которое затем постепенно увеличивается по мере их запыленности в результате работы машины. Исходя из этого строят две параболы $H = KQ^2$ для чистых и для загрязненных фильтров.

Сопротивления фильтров обычно определяют, используя результаты исследований. Так, тканевый фильтр при нагрузке $\Delta Q' \approx 145 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади фильтра имеет сопротивление для чистого фильтра $h' \approx 170 \text{ мм вод. ст.}$, для загрязненного фильтра $h'' \approx 320 \text{ мм вод. ст.}$

С достаточной степенью точности можно считать, что сопротивление фильтра прямо пропорционально нагрузке на него, т.е.

$$h_{\text{ч}} = \frac{h' \Delta Q}{\Delta Q'} \quad \text{и} \quad h_{\text{загр}} = \frac{h'' \Delta Q}{\Delta Q'},$$

где ΔQ - нагрузка на фильтр проектируемой машины.

Зная режим работы вентилятора, легко определить мощность, необходимую для его привода:

$$N = \frac{HQ}{1000\eta}.$$

Так как величины H , Q и η изменяются при загрязнении, то обычно величину N определяют как для чистых, так и для загрязненных фильтров.

2.1.3. Система транспортировки смета

Обычно смет, подлежащий перемещению по воздухопроводу пневматического транспортера, подается к его приемному патрубку щеткой. В результате этого частицы смета получают начальную скорость ϑ_0 , направление которой близко к направлению воздушного потока в воздухопроводе.

Как известно, частицы смета будут перемещаться в том случае, если скорость воздушного потока $\vartheta_{\text{в}}$ будет превышать скорость витания этих частиц $\vartheta_{\text{вит}}$.

Скорость витания (в м/с)

$$\vartheta_{\text{вит}} = \vartheta_0 + \sqrt{\frac{mg}{\varphi F} \cdot \frac{2g}{\gamma}},$$

где ϑ_0 - скорость частицы в м/с;

m - масса частицы смета в кг;

g - ускорение свободного падения;

φ - коэффициент пропорциональности, зависящий от формы частицы смета; для частицы шарообразной формы $\varphi = 0,5$;

F - наибольшая площадь сечения частицы смета в м^2 ;

γ - объемный вес воздуха в $\text{Н}/\text{м}^3$.

Обычно при расчетах принимают, что $\vartheta_0 = 0$ и частицы смета имеют шарообразную форму, т.е. $\varphi = 0,5$. Тогда скорость витания (в м/с)

$$\vartheta_{\text{вит}} = 1,5\sqrt{\gamma_c d},$$

где γ_c - объемный вес частиц смета в $\text{Н}/\text{м}^3$;

d - диаметр частиц в м.

Объемный вес составляющих смета колеблется в пределах 1000 - 78 000 $\text{Н}/\text{м}^3$. Не менее значительно колеблются размеры частиц смета. Таким образом, при определении величины $\vartheta_{\text{вит}}$ необ-

ходимо установить характеристику смета, который должен транспортироваться по воздухопроводу.

Обычно у современных подметально-уборочных машин с пневматическим транспортером скорость воздушного потока $\vartheta_{\text{в}}$ около 50 м/с.

Формула определения количества ворса главной щетки (в шт.) выведена исходя из того положения, что на дорожное покрытие в каждый момент действует некоторое количество ворса, сосредоточенное в пучке, определяемом углом β (рис. 2.8), т.е.

$$i_{\text{ворс.г}} = \frac{B_1 2\pi K_p}{d\beta \frac{\vartheta_{\text{щ}}}{\vartheta_{\text{м}}}},$$

где B_1 - ширина очищаемой щеткой полосы в см;

K_p - коэффициент неравномерности размещения ворса на щетке; рекомендуется принимать равным 2,0 - 2,5;

d - диаметр ворса в см; для стального ворса обычно принимают равным 0,04 - 0,06 см; капронового ворса - 0,25 см;

β - угол, определяющий часть ворса, находящегося каждый момент в контакте с дорогой;

$\vartheta_{\text{щ}}$ - окружная скорость щетки в м/с;

$\vartheta_{\text{м}}$ - скорость подметания в м/с.

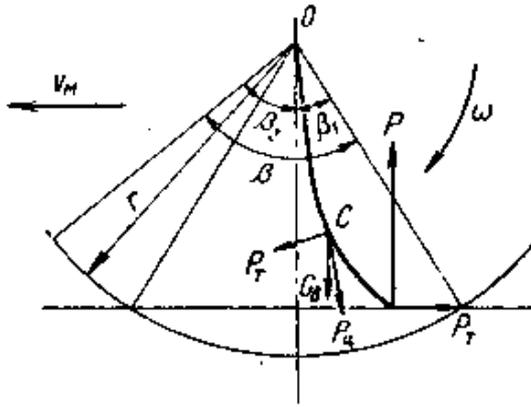


Рис. 2.8. Схема работы ворса главной щетки

Исследованиями Л. М. Гусева установлено, что $\beta \approx 2,6 \beta_1$ (β_1 - угол поворота ворсинки при контакте с дорогой до ее вертикального положения). В свою очередь

$$\beta_1 = \arccos \frac{r - h}{r},$$

где r - радиус щетки в см;

h - максимальная деформация ворсинки в см.

В зависимости от состояния дорожного покрытия h принимают в пределах 1 - 2,5 см. Меньшая величина берется при отличном состоянии дороги. Тогда можно записать

$$i_{\text{ворс.л}} = \frac{5,5B_1}{d \frac{\vartheta_{\text{щ}}}{\vartheta_{\text{М}}} \arccos \frac{r - h}{r}}.$$

В приведенной формуле отношение скоростей $\vartheta_{\text{щ}}/\vartheta_{\text{М}}$ принимают в зависимости от конструкции щетки. При применении обычной цилиндрической щетки отношение $\vartheta_{\text{щ}}/\vartheta_{\text{М}}$ колеблется в пределах 2 - 1,2, где верхний предел соответствует неизношенной, а нижний - изношенной щетке. Если на машине установлена щетка,

перебрасывающая смет в бункер через себя, то отношение $\vartheta_{щ}/\vartheta_{м}$ будут в пределах 3,5 - 4,5.

При определении количества ворса $i_{ворс.л}$, закрепляемого на лотковой щетке, принимают, что качественно подметаться будет в том случае, если следы, оставляемые соседними ворсинками, будут касаться друг друга. В связи с поступательным перемещением вращающейся щетки наиболее тесное расположение ворсинок потребуется в зоне оси щетки, параллельной бордюроному камню (рис. 2.9).

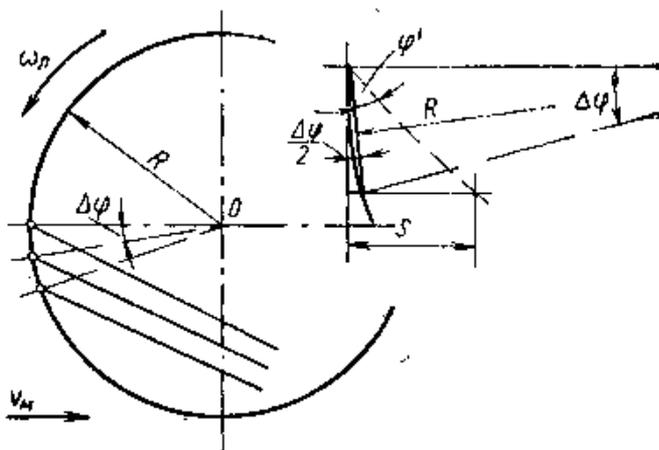


Рис. 2.9. Схема движения ворсинки лотковой щетки

Пренебрегая величинами малого порядка, а также учитывая, что угол φ' имеет небольшую величину, приведенное выше условие качественной работы щетки можно выразить как $S = d$, где d - диаметр ворсинок или ширина следа, оставляемого ворсинкой; S - путь, проходимый осью щетки в поступательном перемещении за время поворота щетки на угол $\Delta\varphi$.

Время поворота

$$\Delta t = \frac{\Delta\varphi}{\omega_{л}},$$

где $\omega_{\text{л}}$ - угловая скорость лотковой щетки.

Угол $\Delta\varphi$ принимаем равным угловому расстоянию между двумя расположенными рядом ворсинками. Тогда

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{i_{\text{ворс.л}}}.$$

Очевидно, что путь $S = \Delta t \vartheta_M$. Тогда можно написать следующее равенство:

$$d = \frac{2\pi \vartheta_M}{i_{\text{ворс.л}} \omega_{\text{л}}},$$

откуда количество ворса

$$i_{\text{ворс.л}} = \frac{2\pi \vartheta_M}{\omega_{\text{л}} d}.$$

Обычно ворс на каркасе лотковой щетки закреплен в два-три ряда. Приведенная формула позволяет определить количество ворса в первом, внешнем ряду. Ворс, размещенный в следующих рядах, компенсирует неравномерность его распределения в рядах. Поэтому общее количество ворса

$$i'_{\text{ворс.л}} = (2...3) i_{\text{ворс.л}}.$$

Баланс мощности подметально-уборочных машин, работающих с увлажнением, отличается от баланса мощности машин с пневматическим обеспыливанием. Поэтому рассмотрим задачу определения мощности, необходимой для работы специального оборудования, раздельно для каждого из типов машин.

Мощность, необходимая для работы специального оборудования машины, работающей с увлажнением, складывается из следующих составляющих:

$$N_{\sum \text{увл}} = N_{\text{щ.г}} + N_{\text{щ.л}} + N_{\text{к}} + N_{\text{с.у}} + N_{\text{д}},$$

где $N_{\text{щ.г}}$ - мощность, необходимая для привода главной щетки;

$N_{\text{щ.л}}$ - то же для лотковой щетки;

$N_{\text{к}}$ - мощность, необходимая для привода конвейера механического или пневматического действия;

$N_{\text{с.у}}$ - мощность, необходимая для работы насоса системы увлажнения;

$N_{\text{д}}$ - мощность, необходимая для перемещения машины:

$$N_{\text{д}} = N_{\text{д.г}} + N_{\text{д.п}}$$

($N_{\text{д.г}}$ - мощность, необходимая для передвижения на горизонтальном участке пути;

$N_{\text{д.п}}$ - мощность, необходимая для преодоления подъемов).

Мощность, необходимая для работы машины с пневматическим обеспыливанием, определяется как сумма составляющих мощностей:

$$N_{\sum \text{пн}} = N_{\text{щ.г}} + N_{\text{щ.л}} + N_{\text{пс.}} + N_{\text{д}},$$

где $N_{\text{пс.}}$ - мощность, необходимая для работы пневматической системы машины.

Мощность для привода главной щетки складывается из составляющих:

$$N_{\text{щ.г}} = N_{\text{тр}} + N_{\text{деф}} + N_{\text{в}} + N_{\text{п}},$$

где $N_{\text{тр}}$ - мощность, необходимая на трение ворса о поверхность дорожного покрытия;

$N_{\text{деф}}$ - мощность, необходимая на деформацию ворса;

$N_{\text{в}}$ - мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха;

N_{Π} - мощность, необходимая для отделения частиц смета от дороги.

Учитывая, что отделение частиц при летнем подметании не требует значительных усилий, с полным основанием можно считать, что эта работа производится за счет энергии, затрачиваемой при деформации ворса и частично освобождаемой после выпрямления ворсинок. Поэтому для летних условий можно считать, что $N_{\text{в}} = 0$.

При сплошных щетках, вращение которых в приближении можно отождествить с вращением сплошного материального цилиндра, $N_{\text{в}} = 0$.

Движение щетки относительно дороги является сложным, и поэтому мощность $N_{\text{тр}}$ определяется как сумма двух мощностей, т.е.

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{тр.п}} + N_{\text{тр.о}},$$

где $N_{\text{тр.п}}$ - мощность в переносном движении;

$N_{\text{тр.о}}$ - мощность в относительном движении.

В свою очередь составляющие мощности $N_{\text{тр}}$ (в кВт) можно определить следующим образом:

$$N_{\text{тр.п}} = \frac{P f_{\text{в}} \vartheta_{\text{м}}}{1000 \eta};$$

$$N_{\text{тр.о}} = \frac{P f_{\text{в}} \vartheta_{\text{щ}}}{1000 \eta_1},$$

где P - вертикальная реакция дороги на ворс в Н;

$f_{\text{в}}$ - коэффициент трения ворса о дорожное покрытие;

η_1 - КПД передачи от двигателя к щетке.

Коэффициенты трения $f_{\text{в}}$ для ворса из различных материалов приведены в табл. 2.3.

Коэффициент трения ворса

Ворс	Диаметр ворса в мм	Коэффициент трения
Сухая пиассава	1,45...0,62	0,36
Влажная пиассава	1,45...0,62	0,44
Высокоуглеродистая стальная проволока	0,82...1,52	0,34
Малоуглеродистая стальная проволока	0,63...1,0	0,40
Капрон	2,0...2,7	0,40

Определение вертикальной реакции P представляет определенные трудности. Во время вращения щетки на ворсинку действуют следующие силы: вертикальная реакция, сила трения ворсинок о дорожное покрытие, сила тяжести ворсинки, центробежная сила инерции $P_{ц}$ и тангенциальная сила инерции $P_{т}$ (см. рис. 2.8). Кроме того, задача по определению вертикальной реакции усложняется тем обстоятельством, что работает каждая ворсинка не изолировано, а в условиях взаимного влияния ворсинок друг на друга. Однако если учесть, что вертикальная реакция больше чем инерционные силы в 4 раза и силы тяжести в 10 раз, то можно для упрощения задачи и получения результатов, удобных для практического использования, пренебречь действием этих сил и исследовать изгиб ворсинки под действием только наиболее значительных сил P и $P_{т}$.

Рассмотрим изгиб ворсинки при $\varphi_0 = \pi/2$ (рис. 2.10). Изгибающий момент в произвольно выбранном сечении C равен

$$M = P(n - x) + P_{т}(m - y).$$

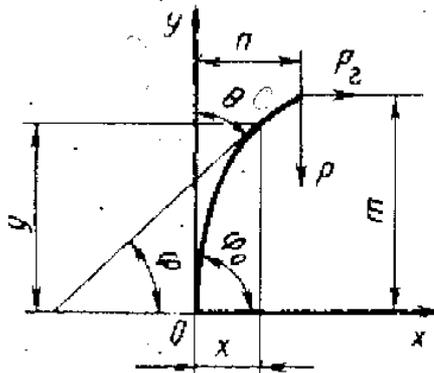


Рис. 2.10. Расчетная схема ворсинки главной щетки

Дифференциальное уравнение изогнутой оси ворсинки выражается так:

$$\frac{d\varphi}{dS} = \frac{M}{EJ},$$

где J - момент инерции сечения ворсинки;

E - модуль упругости материала ворсинки.

Учитывая, что $P_T = Pf_B$, можно написать

$$\frac{d\varphi}{dS} = \frac{P}{EJ}(n-x) + \frac{Pf_B}{EJ}(m-y).$$

После ряда преобразований и ввода значений $\pi/2 - \varphi = \theta$ и $\pi/2 - \varphi_1 = \theta_1$, получим

$$dS = \frac{d\theta}{\alpha\sqrt{2}\sqrt{\cos\theta - f_B\sin\theta - \cos\theta + f_B\sin\theta_1}}.$$

Так как $\sin\varphi = \frac{dy}{dS}$ и $dy = \cos\theta \cdot dS$, то получим следующее выражение:

$$dy = \frac{\cos\theta \cdot d\theta}{\alpha\sqrt{2}\sqrt{\cos\theta - f \sin\theta - \cos\theta_1 + f_B \sin\theta_1}},$$

где $\alpha = \sqrt{\frac{P}{EJ}}$.

Вводим новые переменные $\sin\theta_1 = K$ и $\sin\theta = K\sin\eta$. Получим

$$dS = \frac{K\cos\eta \cdot d\eta}{\alpha\sqrt{2}\sqrt{1 - K^2\sin^2\eta}\sqrt{\sqrt{1 - K^2\sin^2\eta} - f_B K\sin\eta - \sqrt{1 - K^2} + f_B K}},$$

и

$$dy = \frac{K\cos\eta \cdot d\eta}{\alpha\sqrt{2}\sqrt{\sqrt{1 - K^2\sin^2\eta} - f_B K\sin\eta - \sqrt{1 - K^2} + f_B K}}.$$

Полученные выражения для dS и dy после интегрирования будут иметь такой вид:

$$S = \frac{1}{\alpha\sqrt{2}} J_s;$$

$$y = \frac{1}{\alpha\sqrt{2}} J_y.$$

Анализ полученных выражений показывает, что их величина зависит только от угла θ_1 поворота концевое сечения ворсинки.

Путем численного интегрирования определены величины J_s и J_y как функции угла поворота θ_1 или параметра K . Зависимости $J_s = f_1(K)$ и $J_y = f_2(K)$, приведенные на рис. 2.11, могут быть выражены следующими функциями:

$$J_s = -1,515K^2 + 2,465K + 0,707;$$

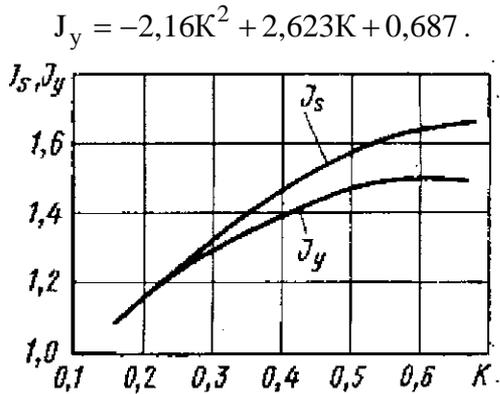


Рис. 2.11. График $J_s, J_y = f(K)$

По известным параметрам S и y щетки, исключая из выражений, их определяющих, α , можно получить следующее уравнение для вычисления величины K :

$$K^2(2,16S - 1,515y, - K(2,623S - 2,465y, + (0,707y - 0,687S) = 0.$$

Затем для определения искомого значения P и силового параметра α можно воспользоваться уравнениями, выражающими $S = f_3(K, \alpha)$ и $y = f_4(K, \alpha)$.

Во время работы щетки деформированные ворсинки находятся в различном положении, характеризуемом углом наклона φ_0 ворсинки к оси x . Очевидно, что угол φ_0 имеет принятую при решении данной задачи величину $\pi/2$ только в момент максимальной деформации.

Выше указывалось, что деформированные ворсинки располагаются в секторе, определяемом углом $\beta = 2,6\beta_1$, где

$$\beta_1 = \arccos \frac{r-h}{r} \approx \approx \arccos \frac{y}{S}.$$

Следовательно, чтобы определить суммарную реакцию всех ворсинок щетки, находящихся в работе на дороге, необходимо знать характер изменения реакции, действующей на ворсинку в различных ее положениях в пределах угла поворота β . Экспериментальные и теоретические исследования характера изменения реакций ворсинки как функций угла поворота $p = f(\beta)$ дают основание рекомендовать зависимость $P_{cp} \approx 0,6P$. Суммарная реакция P'_{cp} , действующая на щетку, может быть определена по формуле

$$P'_{cp} = p_{cp} \frac{i_{\text{ворс.г}}}{2\pi} \beta.$$

Мощность $N_{\text{деф.}}$, необходимую для деформации ворса, можно определить, зная момент M , изгибающий ворсинку, который можно найти, используя отношения $d\varphi/dS$ для начала координат, где, по условию, $\varphi_1 = \pi/2$. Подставляя это отношение, найденное таким образом, в дифференциальное уравнение упругой линии, получим

$$M = 1,41\alpha \cdot EJ \sqrt{1 - (\sin\varphi_1 - f_B \cos\varphi_1)},$$

где согласно ранее принятым значениям $\varphi_1 = \pi/2 - \theta_1$, $K = \sin\theta_1$.

При определении суммарного момента, необходимого для деформирования всех ворсинок, следует иметь в виду, что момент изменяется от максимальной величины до нуля. Кроме того, при деформации часть ворса размещается по ходу вращения за осью щетки и поэтому при определении суммарного момента не должна учитываться.

В первом приближении следует считать, что деформируемый ворс разделяется осью щетки на две равные половины.

Принимая закон изменения момента линейным и вводя некоторые допущения, можно определить суммарный момент, используя выражение

$$M' = \frac{0,25i_{\text{ворс.л}}\beta}{2\pi} M.$$

Мощность

$$N_{\text{деф}} = \frac{M'\omega}{1000\eta_{\text{л}}},$$

где ω - угловая скорость щетки.

Модуль упругости E (в Н/см^2) принимают для пиаассавы $80 \cdot 10^4$, для капрона $2,5 \cdot 10^5$ и для стали $2,1 \cdot 10^7$.

С большим упрощением работу цилиндрической щетки, составленной из метелок, можно отождествить с работой воздушного тормоза (мулинетки), имеющего вместо обычных двух несколько тормозных площадок, представляющих собой плоские метелки, встречающиеся с воздухом своей боковой поверхностью. Тогда момент сопротивления (в $\text{Н} \cdot \text{м}$), создаваемый одной метелкой, можно выразить

$$M = CS_M \rho \frac{(\vartheta_1)^2}{2} r_M,$$

где C - коэффициент сопротивления метелки, рассматриваемой как плоская пластинка, коэффициент сопротивления которой, как известно, в потоке, перпендикулярном к ее плоскости, равен 1,28; учитывая, что в нашем случае воздух подходит к плоскости метелки под некоторым углом и поток будет явно турбулентным, по аналогии с мулинеткой принимаем $C = 2,56$;

S_M - площадь боковой поверхности метелки в м^2 ;

ρ - плотность воздуха в кг/м^3 ;

ϑ_1 - окружная скорость центра тяжести боковой поверхности метелки в м/с ;

r_M - расстояние центра тяжести боковой поверхности метелки от оси вращения в м .

Необходимая мощность (в кВт)

$$N_{\text{в}} = \frac{M\omega \cdot n_{\text{м}}}{1000\eta_1},$$

где $n_{\text{м}}$ - количество метелок, составляющих щетку.

Подставляя соответствующие значения M и \mathcal{G}' и учитывая значения C , получим (в кВт)

$$N_{\text{в}} \approx 1,5 \cdot 10^{-6} \rho \cdot S_{\text{м}} n_{\text{м}} n_{\text{щ}}^3 r_{\text{м}}^3 \frac{1}{\eta_1}.$$

Конструктивные отличия лотковых щеток от главной обуславливают некоторые особенности расчета первых. Общая формула для определения мощности, потребной для работы лотковых щеток, остается такой же, как и для главной щетки, т.е.

$$N_{\text{щ.л}} = N_{\text{тр.л}} + N_{\text{деф.л}} + N_{\text{в.л}} + N_{\text{п.л}},$$

где $N_{\text{в.л}}$ - мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха при вращении щетки, принимается равной нулю;

$N_{\text{п.л}}$ - мощность, потребная для отбрасывания смета, обычно принимается равной нулю; это объясняется тем обстоятельством, что смет отбрасывается за счет возврата потенциальной энергии изгиба ворса при его выпрямлении.

Мощность, необходимую для преодоления сил трения ворса, можно выразить

$$N_{\text{тр.л}} = N_{\text{тр.л.п}} + N_{\text{тр.л.о}},$$

где $N_{\text{тр.л.п}}$ и $N_{\text{тр.л.о}}$ - мощности, потребные соответственно на переносное и относительное движение щетки, т.е.

$$N_{\text{тр.л.п}} = \frac{P_{\text{в}} \mathcal{G}_{\text{м}}}{1000\eta};$$

$$N_{\text{тр.л.о}} = \frac{P f_{\text{в}} \vartheta_{\text{щ}}}{1000 \eta_2},$$

где P - вертикальная реакция дороги на ворс в Н;

$f_{\text{в}}$ - коэффициент трения ворса о дорогу;

$\vartheta_{\text{м}}$ - поступательная скорость машины в м/с;

$\vartheta_{\text{щ}}$ - окружная скорость щетки в м/с;

η_2 - КПД передачи от двигателя к лотковой щетке.

Определение реакции P дороги под действием всех сил представляет большие трудности. Для упрощения задачи принимают следующие допущения:

1. Изгиб ворсинки рассматривают только под действием реакции дороги и центробежных сил инерции. Силой тяжести ворсинки и силой трения ворса о дорогу пренебрегают.

2. Ворсинка изгибается равномерно распределенной нагрузкой от инерционных сил. Изменение распределенной нагрузки по длине ворсинки не учитывается.

3. Изгибающий момент от сил инерции изменяется по линейному закону.

Обычно ворс лотковой щетки размещается под углом θ_0 к вертикальной оси щетки. Поэтому для определения реакции рассматривают ворсинку, заделанную одним концом, размещенную наклонно к оси X под углом φ_0 и нагруженную равномерно распределенной силой инерции и на конце – реакцией дороги P (рис. 2.12).

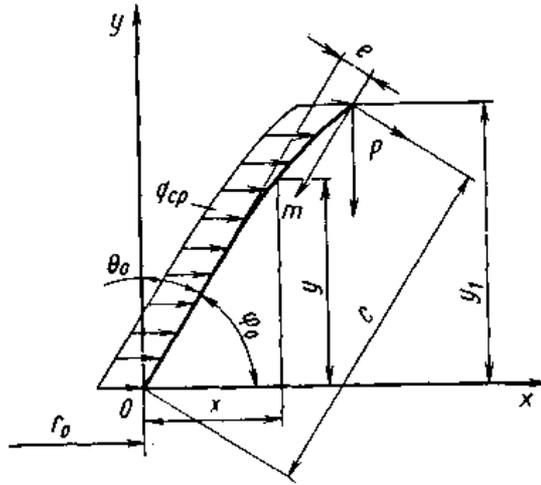


Рис. 2.12. Расчетная схема ворсинки лотковой щетки

Дифференциальное уравнение изогнутой оси ворсинки имеет такой вид:

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{M}{EJ}.$$

Изгибающий момент, действующий в произвольном сечении ворсинки согласно принятым выше допущениям:

$$M = P(n - x) + \frac{q_{cp}S}{2}(y_1 - y),$$

где P - вертикальная реакция, действующая на ворсинку;
 S - длина ворсинки.

$$n = e \sin \varphi_0 + c \cos \varphi_0;$$

$$q_{cp} = \frac{m\omega^2 r_{cp}}{S},$$

где e и c - плечи моментов составляющих силы P ;

m - масса ворсинки;

ω - угловая скорость щетки;

r_{cp} - расстояние от середины ворсинки до оси вращения щетки;

x , y и y_1 - координаты, определяющие положение сил и сечений.

Подставляя в дифференциальное уравнение формулу по определению M , получим

$$\frac{d\varphi}{dS} = \frac{1}{EJ} \left\{ P(n - x) + \frac{q_{cp}S}{2} (y_1 - y) \right\}.$$

Дифференцируя это уравнение, преобразуя, так же как для главной щетки, вводя новую переменную $\sin\theta_1 = K$, $\sin\theta = K \cdot \sin\eta$ и

принимая $P = q \frac{q_{cp}S}{2}$ и $\beta_1 = \frac{q_{cp}S}{EJ}$, получим

$$dS = \frac{K \cos\eta \cdot d\eta}{\beta_1 \sqrt{1 - K^2 \sin^2\eta} \sqrt{q \sqrt{1 - K^2 \sin^2\eta} - q \sqrt{1 - K^2} - K \sin\eta + K}},$$

но

$$dy = dS \sin\varphi = dS \cos\theta.$$

Следовательно,

$$dy = \frac{K \cos\eta \cdot d\eta}{\beta_1 \sqrt{q \sqrt{1 - K^2 \sin^2\eta} - q \sqrt{1 - K^2} - K \sin\eta + K}}.$$

Полученные значения могут быть выражены так:

$$S = \frac{J_1}{\beta_1} \quad \text{и} \quad y = \frac{J_1}{\beta_1}.$$

Значения J_1 и J_2 являются функцией двух величин K и q . Здесь K означает синус угла поворота концевое сечения при изгибе ворсинки и q – соотношение между реакцией и силой от распределенной инерционной нагрузки. Значения J_1 и J_2 при различных K и q определены

методом приближенного интегрирования. Результаты вычислений приведены в виде $J_1 = f_1(K, q)$ и $J_2 = f_2(K, q)$ на графиках (рис. 2.13).

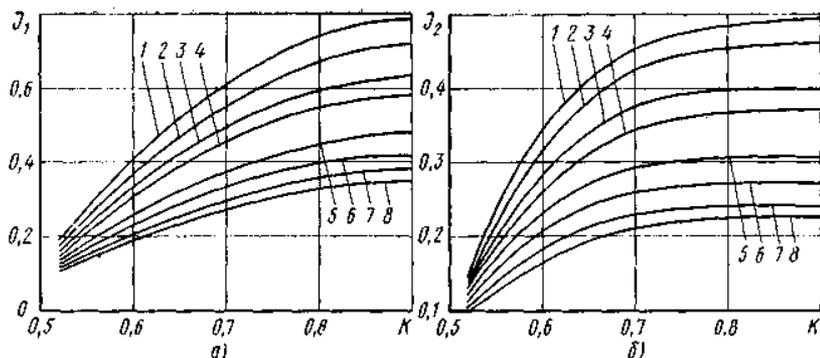


Рис. 2.13. Графики $J_1 = f_1(K, q)$ и $J_2 = f_2(K, q)$:

1 - при $q = 2,5$; 2 - при $q = 3,0$; 3 - при $q = 4,0$; 4 - при $q = 5,0$;
5 - при $q = 7,5$; 6 - при $q = 10$; 7 - при $q = 12,5$; 8 - при $q = 15,0$

При решении практических задач по расчету щеточных устройств бывают заданы следующие величины: S - длина ворсинки; y - ордината положения конца ворсинки в деформированном состоянии; EJ - жесткость ворсинки; q_{cp} - инерционная нагрузка. Эти данные позволяют определить значения J_1 и J_2 .

Для нахождения величины q следует использовать графические зависимости $J_1 = f_1(K, q)$ и $J_2 = f_2(K, q)$, позволяющие определить общие значения K и q , при которых могут быть найдены значения J_1 и J_2 . Зная величину q , по известному значению β_1 легко определить величину α и реакции. P .

Предлагаемый метод определения реакции P - приближенный не только в связи с принятыми выше допущениями, но также и потому, что при определении величины q по приведенным графикам приходится в ряде случаев прибегать к интерполированию, что приводит к некоторым неточностям. Полученную реакцию P обычно определяют для максимальной деформации.

Во время работы щетки ворсинки, находящиеся в контакте с дорожным покрытием, имеют различную деформацию от h до $h = 0$.

Результаты определения реакции во время контакта с дорогой дают основание считать, что каждая ворсинка, находящаяся в контакте с дорогой, испытывает действие реакции, равной $p = 0,65p_{\max}$. Следовательно, суммарная реакция P_1 , воспринимаемая лотковой щеткой:

$$P_1 = 0,325p_{\max} i_p,$$

где p_{\max} - максимальная реакция, действующая на ворсинку;

i_p - количество ворсинок, находящихся в контакте с дорожным покрытием.

Обычно при надлежащей установке лотковой щетки в контакте с дорогой $i_p = 0,5i_{\text{ворс.л.}}$. Следовательно,

$$P_1 = 0,325p_{\max} i_{\text{ворс.л.}}$$

Количество рядов ворса n_B , закрепленных на лотковой щетке, равно 2-3. Для упрощения расчетов, приводящих к некоторому увеличению мощности по сравнению с фактически необходимой, принимают, что все ряды ворса будут иметь одинаковую деформацию, тогда $P_1 = n_B$.

Работа деформации может быть определена, если известны величины K, β и q . Момент M может быть определен путем использования полученного выше выражения для $d\varphi/dS$ для начала координат и уравнения упругой линии, т.е.

$$M = \beta \cdot E \cdot J \sqrt{2} \sqrt{q \sin \varphi_0 - q \sin \varphi_1 - \cos \varphi_0 + \cos \varphi_1}.$$

Углы φ_1 и θ_1 можно определить, используя значение K . Приближенно можно принять, что момент изменяется от 0 до M и деформируется только $0,25i_{\text{ворс.л.}}$. Следовательно,

$$M_{\Sigma} = 0,125M_{\text{ворс.л.}}$$

Мощность, необходимая для деформирования ворса:

$$N_{\text{деф.л}} = \frac{M_{\Sigma} \omega}{1000 \eta_2}.$$

Работа увлажнительной системы обычно обеспечивается центробежным насосом, приводимым в действие от двигателя автомобиля.

Мощность (в кВт), необходимая для привода насоса:

$$N_{\text{с.у}} = \frac{Q \cdot p}{1000 \eta_3 \eta_4},$$

где Q - расход воды через увлажнительную систему в м³/с;

p - давление в системе в Н/м²;

η_3 - КПД передачи от двигателя к насосу;

η_4 - гидравлический КПД насоса.

Расход воды Q легко определить, пользуясь приведенной ранее зависимостью. Гидравлический КПД η_4 определяют по характеристикам насоса, принятого для увлажнительной системы.

Механический конвейер некоторых подметально-уборочных машин выполняют в сочетании со шнековым питателем. Щеткой смет забрасывается на шнековый питатель, который затем перемещает его на середину машины к конвейеру. Поэтому мощность, необходимая для привода конвейера в действие, в общем случае выражается так:

$$N_{\text{к}} = N_{\text{шн}} + N'_{\text{к}},$$

где $N_{\text{шн}}$ - мощность, необходимая для привода шнека;

$N'_{\text{к}}$ - мощность, необходимая для привода самого конвейера.

При горизонтальном положении шнека мощность (в кВт)

$$N_{\text{шн}} = \frac{\Pi_{\text{шн}} L' \omega'}{367 \eta_5},$$

где $\Pi_{\text{шн}}$ - производительность шнека в т/ч;

L' - длина перемещения шнеком смета в м;

ω' - коэффициент сопротивления для шнека, транспортирующего смет, обычно принимается равным 4;

η_5 - КПД передаточных механизмов от шнека к двигателю автомобиля.

В свою очередь производительность шнека (в т/ч)

$$\Pi_{\text{шн}} = 47 \text{sn} \gamma_{\text{см}} \psi \cdot D_{\text{шн}}^2,$$

где S - шаг шнека в м;

$D_{\text{шн}}$ - диаметр шнека в м;

$\gamma_{\text{см}}$ - плотность смета в т/м³, обычно принимается равной 0,9 - 1,1;

n - частота вращения шнека в мин⁻¹;

ψ - коэффициент заполнения материалом площади поперечного сечения шнека для смета, принимается равным 0,2...0,3.

Частота вращения шнека (в мин⁻¹)

$$n = \frac{K}{\sqrt{D_{\text{шн}}}},$$

где $K \approx 30$.

Мощность (кВт), потребная для привода самого конвейера:

$$N'_k = \frac{W' g_k}{1000 \eta_6},$$

где W' - сопротивление движению цепи конвейера;

v_k - рабочая скорость конвейера в м/с;

η_6 - КПД передачи привода от двигателя к конвейеру.

Сопротивление движению цепи определяется по формуле

$$W' = [(q_{cm} f_{cm} + q_k f_k) L \cos \beta + q_{cm} H] K,$$

где q_{cm} - нагрузка от перемещаемого конвейером смета в Н/м;

q_k - нагрузка от частей конвейера в Н/м;

f_{cm} - коэффициент трения смета о сталь;

f_k - коэффициент сопротивления движению цепи конвейера;

H - высота подъема в м;

L - длина конвейера в м;

β - угол наклона конвейера;

K - коэффициент, учитывающий сопротивление в подшипниках звездочек, принимается равным 1,25.

При расчетах рекомендуется принимать $f_{cm} = 0,58$, для цепей с ходовыми роликами $f_k = 0,11 \dots 0,13$ и для цепей, движущихся со скольжением, $f_k = 0,25 \dots 0,4$.

Мощность, необходимая для перемещения машины: $N_d = N_{д.г} + N_{д.п}$ определяется по вышеприведенным формулам.

2.1.4. Определение производительности подметально-уборочных машин

Различают техническую и эксплуатационную производительность подметально-уборочных машин. Техническую производительность (в м²/ч) определяют при непрерывной работе машины в течение 1 ч:

$$\Pi_T = 3600V\vartheta_M,$$

где ϑ_M - скорость подметания в м/с.

При определении эксплуатационной производительности необходимо учитывать потери рабочего времени на опорожнение бункера для смета, наполнения бака для воды и т.д. Эксплуатационная и производительность (в м²/ч)

$$\Pi_э = \frac{60 \cdot 10^3 V_{б.у} \gamma_{см}}{QT},$$

где T - продолжительность рабочего цикла, в течение которого заполняется бункер, в мин.

Продолжительность цикла

$$T = \frac{10^2 \vartheta_{б.у} K_B \gamma_{см}}{6QB\vartheta_M} + t_{зв} + t_{об} + t_{пер} + t_{п-з},$$

где K_B - коэффициент использования машины во время рабочего цикла, принимается равным 0,75...0,85;

$t_{зв}$ - продолжительность заполнения бака для воды в мин;

$t_{об}$ - продолжительность опорожнения бункера для смета в мин;

$t_{пер}$ - продолжительность переездов машины к месту заполнения водой и опорожнения мусора, включая холостые переезды от одного места работы к другому, в мин; к продолжительности переездов $t_{пер}$ должна быть отнесена часть времени, связанная с перемещением машины от места стоянки к месту работы и обратно;

$t_{п-з}$ - подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку и завершение операций по заполнению бака водой и опорожнению бункера для смета, в мин.

Для подметальных машин с пневматическим обеспыливанием продолжительность цикла

$$T = \frac{1,1 \cdot 10^2 \vartheta_{\text{б.п}} \gamma_{\text{см}}}{6QB\vartheta_{\text{м}}} + t_{\text{об}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{п-з}}.$$

Для современных подметально-уборочных машин наиболее важным является не увеличение их производительности, а скорее повышение качества работ и сближение конструкций машин с особенностями их эксплуатации. Важнейшей задачей, решение которой позволит повысить технико-экономические и эксплуатационные показатели подметально-уборочных машин, является создание простых по конструкции и надежных в эксплуатации машин с системой обеспыливания сухого действия. В настоящее время обеспыливание в зоне действия щеточных устройств достигается путем увлажнения дорожного покрытия.

Однако необходимость увлажнения исключает возможность использования машин этого назначения для подметания в зимнее время года в периоды длительного отсутствия снегопадов.

Опытные работы показывают возможность использования воздушных потоков для обеспыливания зоны работы щеточных устройств. Практически такие устройства не применяют из-за отсутствия конструкции надежно действующих воздушных фильтров, автоматически препятствующих засорению и залипанию при подметании увлажненных дорожных покрытий.

В связи с повышением интенсивности движения транспортных средств на городских дорогах загрязнения скапливаются главным образом в прилотовой части на полосе шириной около 1 м. Поэтому качество подметания прежде всего зависит от эффективности действия лотковой щетки. Повысить эффективность лотковых щеток можно, применив автоматические системы слежения и прижима щетки к поверхности дороги и бордюрному камню. Перспективным для той же цели является применение легкодеформируемых лотковых щеток.

2.2. Поливомоечные машины

2.2.1. Классификация и конструкции поливочных машин и мойки обстановки пути

Поливочно-моечные машины предназначены для мойки асфальто- и цементобетонных дорожных покрытий с помощью веерообразных плоских струй, направленных в сторону от машины по направлению к прилотовой полосе.

После смывания на прилотовой полосе задерживается около 50 % отделенных загрязнений, а вода с наиболее мелкими фракциями загрязнений поступает в колодцы водосточной сети. Таким образом, машина не убирает загрязнения, а только отделяет частицы от поверхности дорожного покрытия и перемещает их на прилотовую полосу. Кроме того, машину применяют при наличии продольных уклонов и правильной профилировке поперечного сечения дороги для смывания в колодцы водосточной сети загрязнений, расположенных в прилотовой полосе. Как правило, конструкция машины позволяет поливать дорожные покрытия, чем обеспечивается снижение запыленности придорожных слоев воздуха, и изменяются показатели микроклимата придорожной зоны. Эти машины также можно использовать для полива зеленых насаждений и тушения пожаров.

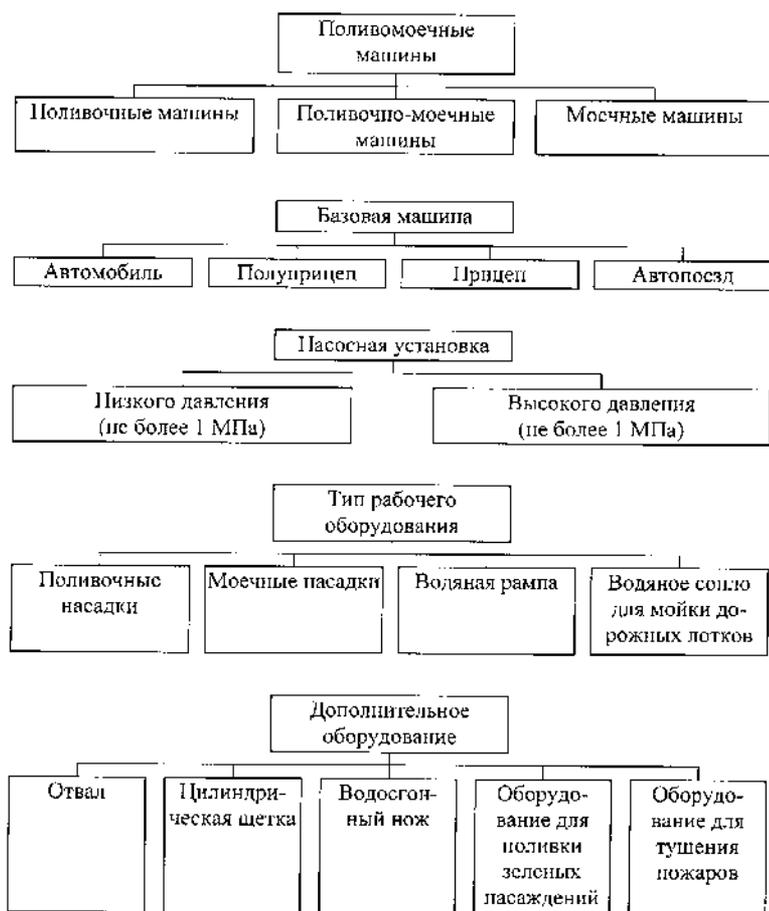


Рис. 2.14. Классификация поливомоечных машин

Поливочно-моечные машины производства стран СНГ имеют общую принципиальную схему устройства. Вода из цистерны, размещенной на базовом шасси машины, поступает в насосную установку, которая подает жидкость в напорный трубопровод, заканчивающийся рабочими органами машины – моечными насадками (рис. 2.15). Насадок образует плоскую веерообразную струю, направленную под небольшим углом к дорожному покрытию. При встрече струи с дорожным покрытием происходит отделение за-

грязней, смывание их и перемещение по направлению к прилотовой полосе.

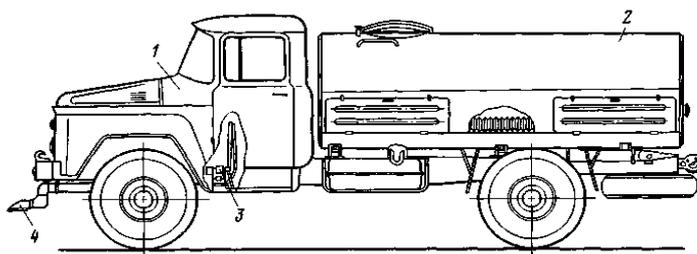


Рис. 2.15. Поливочно-моечная машина ПМ-130Б
(без подметально-уборочного оборудования):

1 - базовое шасси; 2 - цистерна; 3 - раздаточная коробка; 4 - насадок

Основным широко распространенным типом поливочно-моечной машины является машина ПМ-130Б.

Сущность высоконапорного метода мойки дорожных покрытий состоит в следующем. Энергия, которая передается струей загрязнения, смываемым с дорожного покрытия, пропорциональна массе воды и ее скорости. Исследования, проведенные в эксплуатационных условиях, показали, что имеется возможность дальнейшего повышения скорости рабочей струи при соответственном сокращении массы воды. При реализации такого перераспределения показателей, определяющих энергию струи, появляются перспективы снижения удельного расхода воды при мойке и, следовательно, соответствующего повышения производительности машин за счет того, что снижаются затраты времени на заправку цистерны водой.

Результаты исследований показали, что имеется возможность снизить удельный расход воды при мойке почти в 2 раза, при увеличении напора, поступающей к насадку воды в 3 - 4 раза.

Для работы в летнее время машина снабжена поливочно-моечным оборудованием, которое для работы машины в зимнее время заменяют оборудованием для распределения пескосоляной смеси и реагентов.

В течение последних лет за рубежом, главным образом на машинах, используемых для уборки тротуаров, появилось устройство нового типа для мойки покрытий. Это устройство представляет собой трубу напорной сети. Труба прикреплена к машине спереди под не-

большим углом к поперечной ее оси. На трубе через 250 – 350 мм установлены насадки, подающие на дорогу веерообразные струи. Струи встречаются с поверхностью дороги под углом 70 – 80°, смывают загрязнения и перемещают их вместе с водой несколько вперед и в сторону от машины.

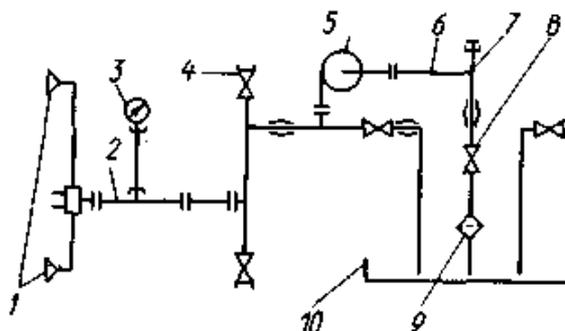


Рис. 2.16. Схема водяной системы поливочно-моечной машины:
 1 - насадка; 2 - напорная линия; 3 - манометр; 4 - вентиль; 5 - центробежный насос; 6 - всасывающая линия; 7 - заборная труба; 8 - центральный клапан; 9 - фильтр; 10 - цистерна

Основное преимущество такого способа мойки состоит в снижении удельного расхода воды. Однако, как и при высоконапорной мойке, это достигается путем увеличения давления до 1,2–1,6 МПа. Кроме того, для уборки городских дорог используют поливочное оборудование универсальной уборочной машины КО-705, выполненное в виде прицепа к базовому тягачу – трактору Т-40АП. Поливочно-моечная машина ПМ-130Б для круглогодичного использования базового шасси снабжена съемным плужно-щеточным оборудованием. Это оборудование применяют при очистке дорожных покрытий от свежевыпавшего снега, и оно является основным при выполнении этого вида работ.

Поливочно-моечное оборудование этой машины состоит из цистерны, узлов ее крепления к лонжеронам базового шасси, системы трубопроводов, соединяющих цистерну с центробежным насосом и подающих воду под давлением в два моечных насадка, размещенных впереди базового шасси.

Цистерна – сварная овальной формы, в передней верхней части имеется люк-лаз для доступа внутрь цистерны. Для предотвращения действия волновых инерционных нагрузок при резком торможении и ускорениях во время движения машины внутри цистерны установлено два волнореза. В нижней части цистерны имеется грязевик-отс-тойник. Цистерна наполняется водой из водопроводной сети с помощью специальной заливной трубы, которая соединяется шлангом с гидрантом, а также из водоема. Для этого на дне цистерны вокруг центрального клапана вварена обечайка, служащая для удержания в цистерне некоторого количества воды, необходимого для заполнения всасывающей системы и водяного насоса при заборе воды из водоема.

Внутри цистерны вмонтирована контрольная труба с надставкой, по которой определяют момент заполнения цистерны водой. Изменение положения надставки или ее демонтаж позволяют регулировать степень заполнения цистерны водой. Из цистерны в насос вода подается по трубопроводу, снабженному фильтром и центральным клапаном. Центральный клапан служит для соединения и разобщения цистерны с центробежным насосом. Для предотвращения попадания засорений в центробежный насос и насадки фильтр устанавливают перед центральным клапаном, благодаря чему вода, поступающая из цистерны в насос, проходит через фильтр. Для периодической очистки фильтр выполнен разъемным.

Насос с помощью узлов крепления размещен на правом лонжероне автомобиля. Всасывающий патрубок насоса соединен трубопроводом с центральным клапаном и системой для заполнения цистерны из водоема. Напорный патрубок насоса соединен с трубопроводом, позволяющим через вентиль подавать воду в цистерну, что необходимо для ее заполнения из водоема, а также в поперечный трубопровод. Трубопровод заканчивается по обе стороны машины вентилями для присоединения шлангов при поливке зеленых насаждений и тушении пожаров.

К поперечному трубопроводу присоединен напорный трубопровод, ведущий к моечным насадкам, расположенным в передней части машины. На этом отрезке напорного трубопровода имеется штуцер для подключения манометра, установленного в кабине водителя. Моечные насадки закреплены в двухколенном шарнирном

угольнике, имеющем стяжное устройство. Это устройство позволяет изменять положение насадков в вертикальной и горизонтальной плоскостях относительно поверхности дорожного покрытия и тем самым обеспечивает надлежащую установку насадков при мойке и поливке. На машине ПМ-130Б установлена коробка отбора мощности, которая передает крутящий момент от двигателя базового шасси через карданный вал центробежному насосу (рис. 2.17). Кроме того, коробка отбора мощности приводит непосредственно масляный насос и, с помощью карданного вала, редуктор привода цилиндрической щетки снегоочистительного оборудования. Машина снабжена гидросистемой, обеспечивающей подъем в транспортное и опускание в рабочее положение снегоочистительного оборудования – плуга и цилиндрической щетки. При работе поливочно-моечного оборудования используют только один гидроцилиндр общей гидравлической схемы машины, с помощью которого из кабины водителя управляют центральным клапаном.

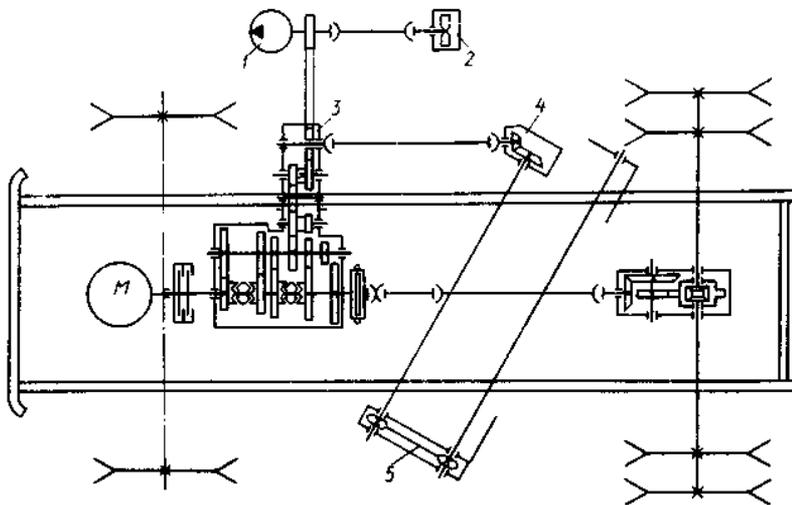


Рис. 2.17. Кинематическая схема поливомоечной машины:
 1 - масляный насос; 2 - центробежный насос; 3 - раздаточная коробка;
 4 - конический редуктор; 5 - цепная передача

Дорожные покрытия чаще всего моют с помощью двух моечных насадков, размещенных спереди машины и установленных так, чтобы струи воды смывали загрязнения в правую или левую сторону от машины. Поливка является вспомогательной операцией, и для ее выполнения используют те же моечные насадки. Для поливки их размещают симметрично относительно продольной оси машины и несколько вверх, чтобы обеспечить обработку полосы дороги шириной 15–18 м. Следует отметить, что при таком использовании моечных насадков не достигается требуемая при поливке равномерность распределения воды по поверхности дорожного покрытия.

Комбинированная машина КДМ-130А представляет собой базовое шасси ЗИЛ-130, на котором смонтировано сменное оборудование – поливочно-моечное для работы в летнее время и плужно-щеточное снегоочистительное, а также оборудование для распределения технологических материалов для работы в зимнее время. Поливочно-моечное оборудование машин КДМ-130А и ПМ-130Б различается только деталями конструкции.

Характеристика поливочно-моечных машин приведена в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Техническая характеристика поливочно-моечных машин

Показатель	ПМ-130Б	КО-002	КДМ-130А	КО-802
Базовое шасси	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130	КамАЗ-53213
Вместимость цистерны, л	6000	6450	6000	11000
Ширина, м:				
мойки	7	5-8,5	До 8	5
поливки	16	14-20	15-18	До 15
Средний расход воды, л/м ² :				
при мойке	1	1-1,1	1-1,1	0,7
при поливке	0,25	0,2-0,3	0,2-0,3	0,3
Рабочая скорость, км/ч:				
при мойке	10-18	20	20	10-19

при поливке	18	20	20	16-25
Размеры, мм:				
длина	6710	7750	6800	8300
ширина	2420	2890	2700	2500
высота	2750	2750	2750	3100
Масса: кг:				
машины без воды	4985	4995	5210	10000
специального оборудования	1350	1508	1508	3000

2.2.2. Основы расчета

Методика расчета поливочно-моечных машин предусматривает определение основных параметров и режимов рабочих органов, установление оптимального их расположения на машине, определение затрат энергии при выполнении различных элементов рабочего цикла и операций.

На основании результатов этих расчетов, общей характеристики параметров базового шасси, допускаемых нагрузок на его мосты уточняют вместимость цистерны для воды, определяют общую компоновку машины, ее производительность, а также выполняют расчет на прочность основных узлов машины.

Положение насадков должно обеспечивать промывание полосы дорожного покрытия наибольшей ширины и перемещение в сторону от полосы смытых загрязнений. Для определения этого положения составляют схему габаритов базового шасси, на которую наносят места расположения насадков, форму и положение рабочих струй. При этом учитывают, что для получения наибольшей ширины промываемой полосы расстояние между передними насадками в направлении, перпендикулярном к продольной оси машины, должно быть максимально возможным, но не более ширины машины.

Обычно на машине установлены три моечных насадка, из которых два размещены перед машиной и один за кабиной водителя перед правым задним колесом (рис. 2.18).

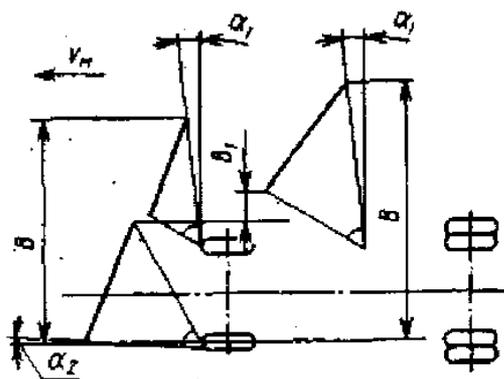


Рис. 2.18. Схема расположения трех моечных насадков

Мойку дорог производят двумя передними или левым передним и задним насадками. Так как задний насадок размещен на некотором расстоянии от переднего, то при мойке левым передним и правым задним насадками возможен некоторый разрыв между линиями встречи струй, обычно не превышающий 0,5 м. Ширина промываемой полосы в этом случае больше той, которая получается при мойке двумя передними насадками.

Основным требованием при выборе положения линий встречи является обеспечение перемещения смытых загрязнений. Для этого насадки устанавливают так, чтобы любая из элементарных струек рабочей струи была направлена в сторону перемещения смываемых загрязнений. В то же время для избежания выпадения частиц смытых загрязнений на очищенную полосу следует так располагать насадки, чтобы струя воды с загрязнениями, смываемыми в направлении правой прилотовочной полосы рабочей струей переднего левого насадка, подхватывалась рабочей струей насадка, расположенного сзади, или правого переднего насадка.

Рекомендуется принимать углы $\alpha_1 = 2...5^\circ$ и $\alpha_2 = 10...15^\circ$. Необходимые положения линии встречи струй с дорожным покрытием и ее длина достигаются в том случае, когда выходное сечение насадка располагают под некоторым углом к дорожному покрытию. Поэтому для обеспечения принятого на рис. 2.18 положения линий встречи рабочей струи с дорожным покрытием надо знать соответствующие координаты установки выходного сечения насадка, кото-

рые определяют так. На основе этого чертежа и компоновки машины можно получить координаты вершины А (x_0, y_0, z_0) насадка, а также граничных точек пересечения линий встреч с дорожным покрытием В (x_1, y_1, z_1) и С (x_2, y_2, z_2) (рис. 2.19). Используя координаты точек А, В и С, можно найти направляющие косинусы граничных струек рабочей струи, т.е. прямых АВ и АС. Для прямой АВ

$$\cos\alpha = (x_1 - x_0)/d; \quad \cos\beta = (y_1 - y_0)/d; \quad \cos\gamma = (z_1 - z_0)/d,$$

где d - расстояние между точками А и В.

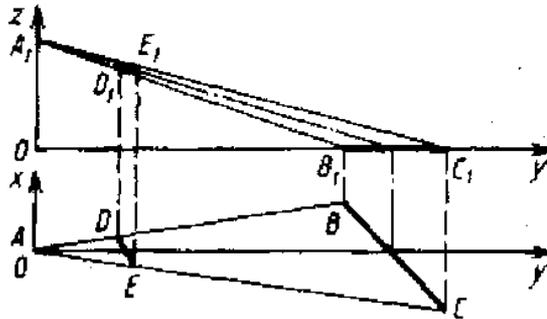


Рис. 2.19. Схема положения направления струи при мойке

В свою очередь,

$$d = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2}.$$

Крайние границы выходного сечения насадка находятся на прямых АВ и АС. Расстояния d_1 и d_2 от вершины насадка до крайних границ выходного сечения D и E могут быть определены исходя из размеров насадка.

Зная размеры насадка, можно определить лежащий на прямой АВ отрезок AD- d_1 . Координаты точки D (x_3, y_3, z_3) могут быть определены по формулам:

$$x_3 = d_1 x_1 / d; \quad y_3 = d_1 y_1 / d; \quad z_3 = z_0 (d - d_1) / d.$$

Аналогично находят координаты второй точки, лежащей на границе выходного сечения $E (x_4, y_4, z_4)$. Если окажется, что при принятом положении и длине линии встречи ВС размеры угла веера струи отличаются от принятых ранее, то повторно уточняют размеры и положение линии встречи. Можно также воспользоваться решением обратной задачи, т.е. по заданным координатам положения насадка – координатам точек А, В и Е уточнить положение точек В и С.

Аналогично определяют положение поливочного распылителя или моечных насадков при их использовании для полива дорог. Как указывалось, при наличии водосточной сети и уклонов проезжей части дорог поливочно-моечная машина может смывать с помощью струи накапливаемые после мойки загрязнения в водоприемные колодцы. Для надлежащего выполнения этой операции необходимо также определить оптимальные положения правого переднего специального и левого переднего насадков, используемых для предотвращения растекания смывающей струи при отсутствии надлежащего поперечного профиля дорожного покрытия. В этом случае согласно приведенной методике на схеме строят положение линий встречи рабочих струй передних насадков с дорожным покрытием и по указанным выше формулам определяют необходимые положения насадков.

Качество выполнения основной операции – мойки дорожных покрытий – характеризуется коэффициентом эффективности

$$K_{\text{эф}} = (m_{\text{см}} - m'_{\text{см}}) / m_{\text{см}},$$

где $m_{\text{см}}$ - масса загрязнений, находящихся на дорожном покрытии до мойки, кг/м²;

$m'_{\text{см}}$ - масса загрязнений, остающихся на дорожном покрытии после мойки, кг/м².

Исследованиями процесса мойки установлено, что ее эффективность зависит от силы воздействия рабочей струи на дорожное по-

крытие. Обычно степень воздействия струи характеризуется силой удара, отнесенной к площади дорожного покрытия, обрабатываемого в единицу времени. Степень воздействия, или так называемый критерий ударного действия струи, q_c ($H \cdot c/m^2$) равна:

$$q_c = \frac{\rho Q_H (1 + \cos \alpha)}{2 \vartheta_M b_{стр}} \sqrt{2 \varphi^2 g H + \vartheta_M^2 + 2 \vartheta_M \varphi \cos \beta \sqrt{2 g H}},$$

где ρ - плотность воды, $кг/м^3$;

Q_H - расход воды через моечный насадок, $м^3/с$;

α - угол между направлением движения струи и дорожным покрытием;

ϑ_M - скорость машины при мойке, $м/с$;

$b_{стр}$ - длина линии встречи рабочей струи с дорожным покрытием, $м$;

g - ускорение свободного падения, $м/с^2$;

H - напор при выходе из насадка, $м$;

β - угол между направлениями скоростей струи и машины;

φ - коэффициент, характеризующий скорость струи в насадке, на основе результатов исследований принимают $\varphi = 0,9$.

В результате преобразования этой формулы можно получить выражение, наиболее явно определяющее зависимость H от Q :

$$H + 0,5 \vartheta_M \cos \beta \sqrt{H} - 0,63 \vartheta_M^2 \left(q_c^2 b_{стр}^2 / (\rho^2 Q_H^2) - 1 \right) = 0.$$

Это выражение показывает, что существует (с некоторым приближением) квадратичная зависимость между расходом и напором. Таким образом, для получения определенного значения q_c можно уменьшить Q_H , но это требует значительного увеличения напора H . Многочисленные исследования, проведенные в эксплуатационных условиях, показывают, что для получения необходимого качества мойки при $K_{эф} = 0,85 \dots 0,75$ критерий q_c ударного действия

рабочей струи должен быть равным $40-30 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$. Зная q_c , можно определить режимы работы моечного насадка, т.е. Q_H и H с учетом скорости движения машины и других данных, влияющих на q_c .

Для упрощения производства машины и ее эксплуатации насадки обычно изготавливают одинаковой конструкции независимо от их размещения на машине. Поэтому через каждый из насадков на дорожку должна подаваться половина всего расхода воды, т.е.

$$Q = 2Q_H .$$

Суммарный расход через насадки

$$Q = Bq\vartheta_M ,$$

где q - удельный расход воды при мойке или поливе, $\text{л}/\text{м}^2$;

B - ширина захвата, м.

Расход воды через насадок ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$Q_H = \mu S \sqrt{2gH} ,$$

где μ - коэффициент расхода воды через насадок;

S - площадь выходного отверстия насадка, м^2 .

В зависимости от конструкции насадка значение коэффициента μ расхода колеблется в пределах $0,85 \dots 0,95$. При этом площадь (м^2) выходного отверстия

$$S = Bg\vartheta_M / (1000\mu \sqrt{2gH}) .$$

Если рассмотреть положение линий встречи рабочей струи при выполнении мойки или поливки, то можно заметить, что отдельные струйки одинакового поперечного сечения обрабатывают дорожное покрытие различной ширины. В связи с этим, а также с учетом того, что сила удара рабочей струи пропорциональна расходу воды

через насадок, можно сделать вывод: количество энергии и количество воды в каждой струйке должны быть переменными, зависящими от обрабатываемой площади. При поливке дорог необходимо, чтобы покрытие смачивалось одинаковым количеством воды, зависящим от удерживающей способности поверхности дорожного покрытия. Эти положения наглядно иллюстрируются схемами, приведенными на рис. 2.20. Поливка дорог должна производиться из распылителя, расположенного спереди, или из двух распылителей, смонтированных по бокам машины. Легко заметить, что каждая струйка ограниченная центральным углом δ , обрабатывает при поливке участок дороги протяженностью AD. Причем по мере приближения к границам струи при постоянном δ участок AD будет уменьшаться. Чтобы количество подаваемой воды соответствовало размерам обрабатываемой площади, высота h_δ щели должна быть переменной:

$$h_\delta = h \sin(\alpha + n\delta),$$

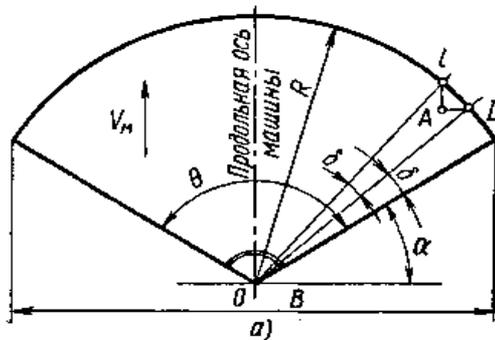
где h - постоянная высота выходного сечения распылителя.

В это выражение входят величины h и δ :

$$h = S/l_1; \quad \delta = \theta/n,$$

где l_1 - длина основания щели распылителя;

θ - центральный угол распылителя.



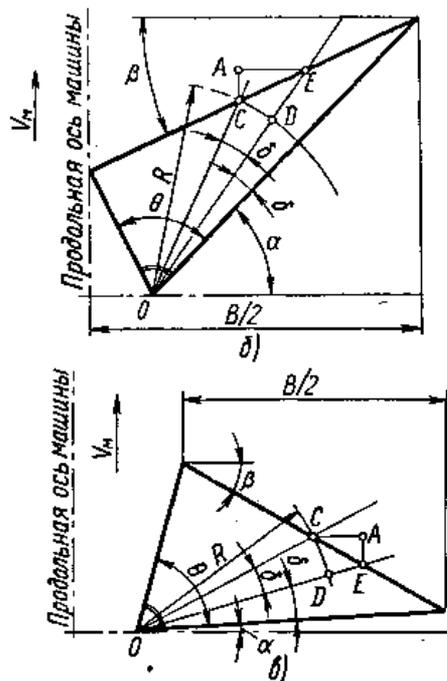


Рис. 2.20. Схема расположения струй:

а - при поливке; б - при мойке и поливке; в - при мойке

Если поливка производится двумя распылителями, как это показано на схеме (см. рис. 2.20, б), то переменная высота h_δ щели

$$h_\delta = h \cos \beta / \sin(\alpha - \beta + n\delta).$$

При мойке дорог или прилотковой полосы двумя насадками (см. схему, приведенную на рис. 2.20, в) можно заметить, что струйка, ограниченная центральным углом δ , имеющим постоянную величину, будет промывать полосу дороги АС, ширина которой зависит от положения этой полосы на дорожном покрытии. Переменная высота h_δ щели, при которой количество воды, подаваемой каждой струйкой на дорожное покрытие, будет постоянным, определяется следующим выражением:

$$h_{\delta} = h \cos \beta / \sin(\alpha + \beta + n\delta).$$

Тип насоса для поливочно-моечной машины определяют исходя из заданных параметров и параметров, рассчитанных по приведенным формулам суммарного расхода Q воды и напора H . Напор H является напором у входа в насадок. Поэтому при выборе насоса следует исходить из напора

$$H_{\Sigma} = H + \sum h,$$

где $\sum h$ - напор, теряемый при движении воды из насоса к насадкам.

На этой стадии расчета следует принимать

$$\sum h = 10 \dots 15 \text{ м.}$$

Для определения режимов работы насосной установки необходимо знать гидравлическую характеристику трубопровода. Используя уравнение Бернулли для сечений выходного патрубка насоса и входа в насадок, при условии, что трубопровод имеет два характерных поперечных сечения, можно получить следующее выражение для определения напора у выхода из насоса:

$$H_n = Q^2 \left\{ \frac{1}{2gF_2^2} - \frac{1}{2gF_1^2} + \frac{1}{2gF_1} \left[\sum \xi_1 + \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} \right] + \frac{1}{2gF_2} \left[\sum \xi_2 + \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} \right] \right\},$$

где F_1, F_2 - площадь поперечного сечения соответственно первой и второй частей трубопровода;

λ_1, λ_2 - коэффициенты сопротивления соответственно первой и второй частей трубопровода;

l_1, l_2 - длина соответственно первой и второй частей трубопровода;

d_1, d_2 - диаметр соответственно первой и второй частей трубопровода;

$\sum \xi_1, \sum \xi_2$ - коэффициенты местных сопротивлений сечений, расположенных соответственно на первой и второй частях трубопровода.

Величина, стоящая в фигурных скобках, для трубопровода принятой конструкции является величиной постоянной. Обозначив эту постоянную величину через k , получим следующее уравнение: $H_n = Q^2 k$.

Если трубопровод имеет постоянное сечение, то

$$F_1 = F_2 = F; d_1 = d_2 = d; l_1 = l_2 = l; \sum \xi_1 = \sum \xi_2 = \sum \xi.$$

Тогда выражение для определения k будет иметь более простой вид:

$$k = \frac{1}{2gF^2} \left(\sum \xi + \lambda \frac{l}{d} \right).$$

В координатах H и Q характеристика сети будет выражена параболой с началом на оси ординат на расстоянии H_2 , так как $H_n = H_1 - H_2$ (H_1 - напор при выходе из напорного патрубка насоса; H_2 - напор у входа в насадок).

Используя полученное уравнение, задавшись Q и определив k для принятой конструкции трубопровода, на характеристику выбранного насоса в координатах H и Q наносят характеристику трубопровода. Точка пересечения этих двух характеристик будет определять режимы работы насоса – частоту вращения n_1 , а также Q и H .

Для работы поливочно-моечной машины нужна мощность

$$N_{\Sigma} = N_n + N_d + N_v,$$

где N_n - мощность, необходимая для привода насоса;

$N_{\text{д}}$ - мощность, необходимая для движения машины во время работы;

$N_{\text{в}}$ - мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха, возникающего при движении машины.

Современные поливочно-моечные машины осуществляют мойку и полив дорог на скорости не более 20 км/ч. Поэтому принимается, что $N_{\text{в}} = 0$.

Мощность, необходимая для привода насоса:

$$N_{\text{н}} = Qp_{\text{н}} / (1000\eta_{\text{т}}\eta_{\text{н}}),$$

где Q - подача насоса, м³/с;

$p_{\text{н}}$ - давление, развиваемое насосом, МПа;

$\eta_{\text{т}}$ - КПД трансмиссии привода насоса;

$\eta_{\text{н}}$ - КПД насоса при выбранном режиме его работы.

Мощность, необходимая для движения машины во время работы:

$$N_{\text{д}} = m_{\Sigma}g(f_{\text{кач}} + i)\vartheta_{\text{м}} / (1000\eta),$$

где m_{Σ} - общая масса машины, включающая базовое шасси, специальное оборудование и массу воды при полном использовании вместимости цистерны;

$f_{\text{кач}}$ - коэффициент сопротивления перекачиванию колес машины;

i - подъем дорожного покрытия, выраженный синусом угла наклона местности;

η - КПД главной передачи (от двигателя к ведущим колесам машины).

Мощность, необходимая для работы насосной установки, изменяется в зависимости от выполненной операции.

Наибольшие напор у входа в насадок и расход Q воды бывают во время мойки дорожных покрытий. Поэтому мощность, необходимую при работе машины, обычно определяют при выполнении этой операции. Работа машины сопровождается постепенным расходом воды, что обуславливает соответствующие уменьшения массы машины и мощности N_d . Тем не менее за расчетный режим принимают режим с заполненной цистерной и при этом определяют максимально возможный подъем местности, на котором может работать машина.

Для этого путем соответствующих пересчетов частоты вращения насоса определяют режим работы двигателя на основных первой и второй передачах и мощность, развиваемую им.

2.3. Машины и оборудование для нанесения горизонтальной и вертикальной разметки и окраски обстановки пути

Выполненные исследования свидетельствуют о большом значении маркировки для повышения интенсивности, скорости, безопасности и безаварийности движения. Из анализа статистики дорожных происшествий следует, что безопасность движения существенно зависит от наличия маркировочных линий и знаков, обозначающих разделение полос при многорядном движении автомобильного транспорта, разделение транспортных потоков по видам (автомобильное и велосипедное движение, пешеходы), а также от наличия направляющих элементов, обеспечивающих лучшую ориентацию водителя (стрелки, надписи, символы).

При выполнении дорожной разметки предусматриваются следующие виды работ:

- разметка проезжей части улиц и дорог - осевые линии, разделительные линии, зоны запрещения обгона и объезда, краевые линии, линии обозначения мощеной обочины дороги, линии для обозначения изменения ширины проезжей части, линии и знаки направления движения, линии для обозначения приближения к препятствиям, линии поворотов, стоп-линии, линии обозначения пешеходных переходов, знаки обозначения приближения к железнодорожному

переезду, зоны стоянок, надписи, буквенные и символические обозначения, знаки направления дальнейшего движения с данной полосы;

- разметка бордюров;
- разметка объектов, препятствующих движению транспорта, находящихся на проезжей части и прилегающих к ней;
- разметка опасных мест и конфигурации дороги.

Разметку осуществляют материалами белого или желтого цвета. В интервалах между штрихами прерывистой линии допускается использование материалов черного цвета, в том числе, - если дорожное покрытие не обеспечивает достаточной контрастности. Другие цвета - зеленый, красный, коричневый - используются в декоративных целях.

Существуют два вида разметочных линий - сплошные и прерывистые. Их применяют для выполнения продольной и поперечной разметок дорожных покрытий. К линиям продольной разметки относят линии для обозначения пешеходных переходов, стоп-линий, линий островков безопасности, зон стоянок транспорта и др. Линии продольной разметки, как правило, наносят на покрытие. Такая разметка называется поверхностной. Линии и знаки поперечной разметки зачастую укладывают в пазы, предварительно выполненные в покрытии. Такая разметка называется разметкой с заглаблением.

В зависимости от вида разметочные линии выполняют различными материалами. От их выбора зависит эффективность разметки.

Материалы, применяемые для разметки, должны отвечать ряду требований, основными из которых являются: эффективность, экономичность, высокая производительность работ, малое время занятости проезжей части при проведении разметки. Разметочный материал должен обладать хорошим оптическим эффектом, чтобы оптимально быстро передать водителю форму и значение разметки. К другим определяющим показателям при выборе материала для разметки относят: стоимость, прочностные и реологические характеристики, адгезионные свойства, атмосферостойкость, устойчивость против топливо-смазочных материалов, цветостойкость, производительность при нанесении знака из данного материала, время, затра-

чиваемое с момента начала нанесения разметки до открытия движения транспорта, время для подготовки поверхности под разметку.

Из существующих материалов, используемых для разметки дорожных покрытий, наиболее распространены краски. Разметочная краска, как и любой лакокрасочный материал, представляет собой комплексный состав, основными компонентами которого являются наполнитель, пигмент, связующее вещество и растворитель. Наполнитель (инертное неокрашающее вещество) создает шероховатость и матовость высохшей пленки, улучшает прочностные и адгезионные свойства материала. Пигмент (окрашающее вещество минерального происхождения) вводят в состав красок для придания им нужного цвета. Вместе с тем он повышает твердость и прочность пленки, уменьшает ее водопроницаемость, сокращает время высыхания пленкообразующей основы. Связующее вещество связывает пигмент с наполнителем и образует при высыхании пленку. Растворитель (органическая летучая жидкость) придает краске вязкость, при которой ее можно наносить на покрытие.

В настоящее время все большим спросом пользуются краски на эпоксидной основе, на основе хлорированной резины и алкидов. Краски на эпоксидной основе долго сохнут, но обладают повышенной износостойкостью по сравнению с другими видами красок. Эти краски пока довольно дороги. Дешевле краски, изготовленные на основе хлорированной резины. Их наносят в горячем состоянии, продолжительность высыхания 10-15 мин.

Несмотря на ряд недостатков (низкие сцепные качества и сравнительно малая износостойкость), краски все шире применяют в качестве основного разметочного материала. Краску в основном применяют для разметки осевых линий, резервных зон и краев на магистралях; в этом случае краска очень эффективна, так как износ от движения здесь сравнительно невелик.

Однако разметка красочными составами на брусчатых мостовых, пешеходных переходах и других местах, часто пересекаемых транспортом, экономически нецелесообразна. В этих случаях для разметки следует применять более стойкие и долговечные материалы, например, керамические камни, резиновые пластины, пленки, термопластичные вещества, металлические плиты.

Керамические камни применяют преимущественно для широкополосной разметки (пешеходные переходы, сигнальные стоп-линии) и реже – для узкополосной разметки. По форме, способу заделки и свойствам они пригодны для укладки на брусчатых мостовых. Керамические камни отличаются высокой прочностью и долговечностью. Их прямоугольная форма при укладке в «разбежку» обеспечивает хорошую устойчивость и прочное строение всей полосы без искривлений в горизонтальной плоскости. Отрицательным свойством такой укладки является большая продолжительность твердения и схватывания раствора, с помощью которого производится укладка.

Резиновые пластины, применяемые для разметки, крепят к бетонным цоколям и армируют стальным листом с приваренными анкерами, на который вулканизацией наносят слой белой резины толщиной 2-5 мм. Поверхность таких пластин чаще всего выполняют профилированной выпуклыми цилиндрическими телами толщиной около 25 мм.

С нижней их стороны выполнены пазы в виде ласточкина хвоста, в которые заливают бетон, создавая тем самым анкеровку на цоколе. Наружная поверхность этих пластин снабжена рифлением толщиной 3 мм. Преимущественно пластинами выкладывают пешеходные переходы на брусчатых мостовых, а на асфальтобетонных покрытиях — только в опытном порядке, причем иногда без бетонных цоколей.

Установка пластин на дорожной поверхности достаточно трудоемка. Пластины, уложенные поверх проезжей части, быстро повреждаются, так как на их края действуют динамические нагрузки от движущегося транспорта. При повреждении кромки пластины быстро выходят из строя. Еще слабыми местами пластин, армированных сталью, являются вырезанные и отогнутые анкера. Оставшиеся в стальном листе соответствующие вырезы при вулканизации заполняют резиной, которая в этих местах лежит на бетоне цоколя без сцепления с ним. С этих мест разрушение начинается тем интенсивнее, чем выше скорость машины. Укладка пластин на покрытие трудно поддается механизации.

Пленки на резиновой и поливинилхлоридной основе достаточно легко и быстро укладывают на покрытие без применения дорогостоящего оборудования. Толщина пленки на резиновой основе – около 2,5 мм. Ее укладывают на покрытие следующим образом. На очищенную от пыли и грязи проезжую часть дороги и на обратную сторону пленки наносят специальный раствор. После его подсыхания пленку укладывают на поверхность дороги с помощью легкого катка. Пленки на поливинилхлоридной основе толщиной до 5 мм укладывают с помощью битумных клеев на предварительно подготовленное основание.

Наружная поверхность в основном у всех пленок ровная, встречаются и профилированные в виде пирамидального узора. На поверхность пленок также наносят рефлектирующие и минеральные материалы, чтобы повысить их износостойкость и шероховатость.

При разметке пленками необходимо тщательно подготовить покрытие путем устройства подстилающего слоя. При неровном покрытии между пленкой и основанием образуются пустоты, куда попадают грязь и влага, вредное воздействие которых разрушает разметку.

Стойкость и долговечность пленки обусловлены в основном прочностью ее материала при износе и разрыве, а также качеством клея, которым покрыта ее тыльная сторона. Прочность пленок при разрыве недостаточно высокая. Срок службы пленок в зависимости от интенсивности движения транспорта и физико-механических свойств пленок, как правило, 1-4 года. Основное достоинство пленок – в легкости удаления их с проезжей части при изменении вида разметки.

Сигнофальты представляют пигментированный мастиковый асфальт, к которому в качестве компонента примешивают гранулы мраморного щебня. Его содержание в общей массе невысоко. Окраска материала создается добавлением минеральных красителей различного цвета. Температура раскладки 150-180°C, толщина заделки не более 12-25 мм. Из этих материалов укладывают пешеходные переходы и стоп-линии.

Технология устройства линий при разметке пешеходных переходов типа «зебра» следующая. При укладке асфальтобетонного по-

крытия в соответствии с положением разметочных линий в нем выполняют углубления, которые после остывания покрытия заполняют вручную сигнофальтом. Необходимо обеспечить хорошее сцепление сигнофальта с материалом покрытия. После внесения материала в углубление необходимо тщательное уплотнение и выглаживание во избежание попадания влаги в углубление и образования зон местной концентрации напряжений под действием движущегося транспорта на неровностях затвердевшей массы.

Разметка из сигнофальта по прочности при разрыве не уступает асфальтобетонным покрытиям. Долговечность этих разметок согласно имеющемуся опыту определяется 10 годами и более.

Однако сигнофальт склонен к образованию трещин при низких и к образованию наплывов при высоких температурах, а на поверхности знака из светлого сигнофальта скапливается грязь в неровностях, знак приобретает грязно-серый оттенок и его оптический эффект снижается.

Наметилась тенденция устройства дорожной одежды частями или целиком из цветного сигнофальта. Дорога, выполненная из светлого сигнофальта, в ночное время для водителя с физиологической точки зрения благоприятнее, чем покрытие черного цвета. Из-за высокой стоимости сигнофальты, несмотря на ряд их преимуществ, применяют в основном для декоративных целей, они вытесняются разметочными материалами на основе термопластичных полимеров.

Материалы на основе термопластичных полимеров состоят из термопластичного вяжущего пигмента, светлых и рефлектирующих наполнителей. Их укладывают на покрытие при температуре 150-220°C слоем 3-5 мм. Перед укладкой основание очищают и грунтуют для улучшения соединения термопластика с покрытием. Термопласты чувствительны к деформации основания. Чтобы гарантировать достаточную долговечность таких разметок, их наносят на ровное устойчивое основание. Укладка поверх брусчатых мостовых нерациональна. Термопластичные вещества применяют для выполнения линий поперечной и продольной разметки, поверхностной и с заглублением. Разметка может быть механизирована. Масса, уложенная в

углубления, меньше подвержена механическим воздействиям, чем масса, наложенная на поверхность.

Полимерные материалы, укладываемые в холодном состоянии, состоят из одно- или двухкомпонентного вяжущего, пигмента, светлых наполнителей, рефлектирующих материалов и растворителей. Их укладывают механизированными методами или вручную. При температуре 10-25°C время их затвердевания составляет 20–30 мин. При укладке этих материалов на цементобетонные покрытия необходима предварительная грунтовка, а на асфальтобетонные – только очистка и просушка. В результате своих особых вяжущих свойств эти материалы даже при низкой температуре воздуха сохраняют пластичность в течение некоторого времени. Разметка, выполненная из материала холодной укладки толщиной 3-5 мм, не обладает достаточной для его стоимости долговечностью и через 2-4 года изнашивается.

Цветные цементобетоны в ряде стран применяют в виде опыта при использовании светлых портланд- и шлакопортландцементов. В зависимости от интенсивности окрашивания в цементобетонную смесь добавляют 2-5 % пигмента. Установлено, что при увеличении содержания пигмента до 5% наблюдается линейная зависимость эффекта окраски, при увеличении содержания свыше 5% интенсивность окрашивания возрастает медленнее. Разметка цветными цементобетонами – процесс непроизводительный.

Проведенные испытания показали, что эти материалы обладают высокой механической прочностью и хорошей цветостойкостью.

Их недостатки: невозможность повысить отражательную способность за счет применения рефлектирующего материала и невозможность изменения расположения элементов разметки в случае изменения условий движения.

Костыли (кнопки) изготавливают из металла с плоской и круглой головкой, а также со светоотражателями (катофотами). Они служат преимущественно для усиления штриховых разметочных знаков. В качестве самостоятельной разметки костыли применяют в виде узких полос, направляющих и разделительных линий на брусчатых мостовых, а также на участках вертикальных и горизонтальных кривых, где обычные разметочные знаки могут быть залиты водой

или покрыты снегом. Видимость достигается отражением светового потока от их поверхности. С этой точки зрения предпочтительнее сферическая, а не плоская головка костыля. Стоимость костылей высока. Разметка с заглублением для костылей неэффективна. Заделка их в покрытие трудно поддается механизации. Из-за низких сцепных качеств ряды разметочных костылей небезопасны.

Срок службы прерывистой продольной разметки из костылей составляет 8 лет и более (костыли мало подвержены нагрузкам); ряды костылей, расположенных поперек проезжей части, например стоп-линии при пешеходных переходах, требуют замены уже через 3-4 года.

Разметочные знаки из металлических плит для линий продольной и поперечной разметки дорог появились в результате стремления увеличить срок службы знаков. Получили распространение плиты из алюминиевых сплавов – материала более легкого и дешевого. Стальные плиты и плиты из алюминиевых сплавов легко полируются, в результате чего резко ухудшаются их сцепные качества, особенно в дождливую погоду. Кроме того, разделка дорожной одежды для укладки металлических плит является довольно трудоемким и дорогостоящим процессом. Для облегчения процесса разметки при сохранении долговечности знака вместо плит начали применять алюминиевую крошку, втапливаемую в покрытие.

Разметка из металлических материалов носит экспериментальный характер. В настоящее время наиболее распространенными разметочными материалами являются краски и термопластичные вещества.

Экономическая целесообразность применения разметочного материала определяется единовременными затратами на устройство разметки и удельными (например, ежегодными) затратами на ее возобновление после износа. За критерий срока службы знаков обычно принимают износ их поверхности на 50%, независимо от материала, из которого они выполнены. Единовременные затраты на устройство разметок колеблются в широких пределах. По многочисленным данным соотношение единовременных затрат на выполнение разметки термопластичными веществами и красками в настоящее время в среднем равно 13:1. Удельные затраты на возоб-

новление разметки зависят от срока службы знака, который, в свою очередь, зависит от вида разметки и материала, из которого выполнен знак.

Линии продольной разметки долговечнее линий поперечной разметки примерно в 2 раза. Сроки службы разметочных знаков, выполненных красками, существенно зависят лишь от интенсивности движения и в очень незначительной степени от типа покрытия и зимнего содержания.

Срок службы термопластичных материалов зависит от интенсивности движения, типа покрытия, интенсивности зимнего содержания, которая принимается пропорциональной толщине снегового покрытия. Статистические данные не дают оснований для установления зависимости срока службы знаков из термопластов от интенсивности движения, так как характеризуются большим разбросом.

В оценке пригодности материала для дорожной разметки решающими являются не только экономические показатели. Важной следует считать и возможность обеспечения разметочными линиями безопасности движения, которая характеризуется отражательной способностью, способностью сохранять цвет в течение периода эксплуатации, невосприимчивостью к загрязнению и хорошими сцепными качествами выбранного материала.

Работы (95%) по нанесению разметочных знаков в настоящее время выполняют красками. Механизация этих работ является актуальной проблемой.

2.3.1. Классификация и устройство машин

Классификация машин и оборудования для механизации дорожной разметки, приведена на рис. 2.21. Годовой объем работ по нанесению разметочных линий во всем мире превышает 100 млн км. Выполнение разметки без использования машин нерационально и неэффективно.

Разметочные машины отличаются друг от друга рядом параметров, что объясняется прежде всего различием фирм-изготовителей, различием в разных странах стандартов на разметку, различием технологии работ. Разметочные машины условно классифицируют

по следующим признакам: функциональному назначению, типу ходовой части, применяемому материалу и способу нанесения знака (см. рис. 2.21).

Существуют четыре основных способа механизированного нанесения разметочных линий и знаков лакокрасочными и термопластичными материалами. Существует также способ наложения пленочных материалов на дорожные покрытия, но он, как и способ фрезерования выемок под укладку термопластичных материалов, не получил достаточно широкого распространения из-за малой производительности и высокой стоимости наносимого материала. Простейшие из указанных способов – бескомпрессорный и гравитационный.

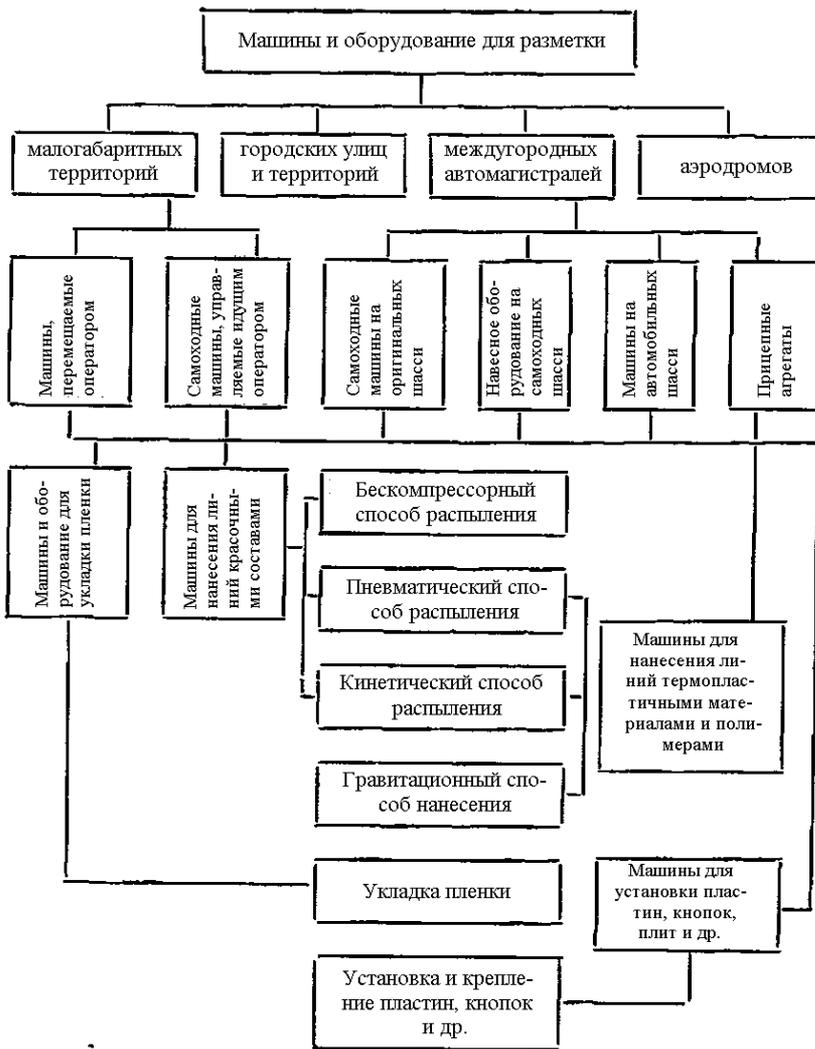


Рис. 2.21. Классификация машин и оборудования для разметки

Бескомпрессорный способ назван так потому, что поток краски из резервуара поступает к краскораспылителю под давлением и, разрушаясь в насадке краскораспылителя, вытекает из ее выходного отверстия однофазной струей. Давление в краскопроводной системе создается сжатым воздухом или ручным насосом.

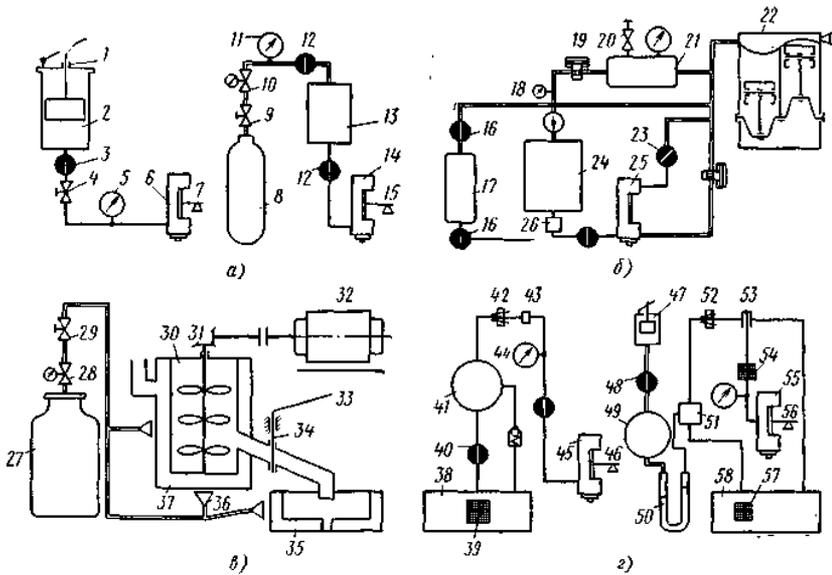


Рис. 2.22. Принципиальные схемы оборудования для нанесения разметки покрытий:

а - бескомпрессорный; б - пневматический; в - гравитационный; г - кинетический; 1 и 47 - ручные насосы; 2, 13, 24, 38 и 58 - резервуары для краски; 3, 12, 16, 40 и 48 - проходные краны; 4, 20, 29 и 53 - предохранительные клапаны; 5, 11, 18 и 44 - манометры; 6, 14, 25, 45 и 55 - краскораспылители; 7, 15, 33 и 46 - рычаги управления; 8 - баллон для сжатого воздуха; 9 - вентиль; 10 и 28 - редукторы давления; 17 - бак для растворителя; 19 - регулятор давления; 21 - ресивер; 22 - компрессор; 23 - кран управления; 26, 39 и 57 - фильтры; 27 - баллон для сжиженного газа; 30 - резервуар для термопласта; 31 - мешалка; 32 - привод мешалки; 34 - заслонка; 35 - бункер; 36 - горелка; 37 - масляная ванна; 41 - насос; 42 и 52 - стабилизаторы давления; 43 и 54 - фильтры тонкой очистки; 49 - масляный насос; 50 - буферная камера; 51 - клапанная коробка; 56 - рычаг управления

Гравитационный способ состоит в том, что материал, из которого выполняют разметочную линию, разогревают до текучего состояния и он вытекает на покрытие под действием собственного веса. Формирование контура происходит за счет высокой консистенции материала и формы выходного отверстия. Гравитационный метод используют при разметке термопластичными материалами.

Пневматический способ распыления лакокрасочных материалов является универсальным. Компрессор засасывает воздух из

атмосферы и подает его под давлением в коммуникации. Их условно подразделяют на три ветви. По одной сжатый воздух поступает в резервуар для краски, по другой – в бак для растворителя, по третьей – к краскораспылителю. У современных краскораспылителей, установленных на самоходных разметочных машинах, исполнительным механизмом управляют с помощью пневматики. К краскораспылителю подходят две пневматические ветви – одна для распыления материала, другая – для управления его работой. С подачей сжатого воздуха к краскораспылителю поступает под давлением лакокрасочный или термопластичный материал, вытесняемый из резервуаров. В насадке краскораспылителя струя материала дробится направленным воздушным потоком, и через щелевое отверстие в насадке стекает двухфазная диспергированная смесь.

Кинетический способ распыления красочных и термопластичных составов заключается в том, что материал поступает в краскораспылитель под давлением 3,0-12,0 МПа, создаваемым в системе насосной установкой. При истечении струи через отверстие малого сечения в атмосферу резкий перепад давления приводит к дроблению потока на мелкие частицы с образованием факела.

Сравнительная оценка способов нанесения разметки приведена в табл. 2.5.

Машины для разметки разделяют на классы условно, на основании следующих признаков: назначение машины, объем и вид выполняемых работ.

Т а б л и ц а 2.5

Сравнительная оценка основных способов нанесения разметки

Достоинства	Недостатки
Бескомпрессорный	
Простота оборудования	Ограниченная область применения; малая производительность
Гравитационный	
Простота оборудования	Малая производительность; большой расход материала; недостаточная четкость контуров вы-

	пол-няемых линий
--	------------------

Окончание табл. 2.5

Достоинства	Недостатки
Пневматический	
Надежность и ремонтпригодность оборудования; невысокие требования к обработке деталей распылителя; не требуется нескольких коммуникационных ветвей тонкой фильтрации красочного состава; не требуется квалифицированного обслуживающего персонала; позволяет формировать широкую полосу за один проход	Непроизводительные потери лакокрасочного материала; наличие нескольких коммуникационных ветвей
Кинетический	
Пониженный расход лакокрасочных материалов и растворителей; отсутствие ограничительных устройств для формирования боковых контуров линий; малые габаритные размеры оборудования; рациональны в черте города	Относительная сложность оборудования; малый срок службы сопел распыляющих устройств; необходимость жесткой стабильности давления в краскопроводной системе; тонкая фильтрация лакокрасочного материала; трудно формировать широкую полосу за один проход

Эти признаки определяют и технические показатели разметочных машин.

Основные характеристики машин соответствующих классов приведены в табл. 2.6 и 2.7.

Функциональное назначение разметочных машин определяет их технические показатели и конструктивное исполнение. Разметочные машины для малых территорий (I группа) в качестве базовых агрегатов имеют пневмокомплексные, трехколесные и самоходные те-

лежки. Ряд машин перемещается вручную идущим за машиной оператором.

Таблица 2.6

Классификация основных типов разметочных машин

Показатели	Машины для разметки			
	малогоабаритных территорий	проезжей части городских улиц и территорий	междугородных автомагистралей	аэродромные маркировки
Ширина наносимых линий в мм	50 - 100	100 - 250	100 - 500	150 - 1000
Число наносимых линий	1	1 - 3	1 - 4	1 - 2
Рабочая скорость в км/ч	2 - 4	4 - 10	6 - 25	3 - 10
Объем резервуара для лакокрасочного материала в л	20	400	500 - 7000	100 - 2000

Таблица 2.7

Техническая характеристика разметочных машин

Показатели	ДЭ-3	ДЭ-8	ЭД-40	ЭД-50
1	2	3	4	5
Тип машины	Навесное оборудование	Самоходная	Самоходная	Навесное оборудование
Базовое шасси	T-16M (СПИ-20) самоходное шасси	Автомобиль ГАЗ-53А	Автомобиль УАЗ-452Д	Автомобиль УАЗ-452 или любое транспортное средство, $\vartheta_p = 3 \dots 5$ км/ч
Мощность двигателя в кВт	15	15 (двигатель Д-21 для привода компрессоров)	—	3,7 (двигатель Д-300 для привода насоса)

Способ нанесения линий	Воздушное распыление		Безвоздушное распыление	
Марка компрессора	0-38Б	0-38Бх2	—	—

Окончание табл. 2.7

1	2	3	4	5
Производительность машины в м ² /ч	до 550	1550 (при нанесении двух полос)	—	—
Вид наносимых полос	Сплошная и непрерывная			
Ширина наносимой полосы в мм	150, 200, 250, 300	150 - 300	130 - 170	130 - 170
Скорость передвижения в м/с (км/ч): рабочая	0,4; 1,4 (1,38; 4,9)	до 1,4 (5,0)	0,8-2,8 (3-10)	0,8-1,4(3-5)
транспортная	до 5,5(20)	до 1,4(5,0)	до 1,2(4,2)	—
Объем резервуаров для краски в л	130х2	500х2	300х2	200
Объем баков для растворителя в л	25	40	—	—
Давление в системе в МПа: краскопроводной	до 0,6	0,7	6-8	6-8
пневматической	до 0,5	0,7	—	—
Габаритные размеры в м: длина	3,86	—	5,06	0,98
ширина	2,20	—	2,07	навесное оборудование
высота	2,40	—	3,59	0,72
Масса машины в заправленном состоянии в кг	2545	6400	3573	180 (навесное оборудование)
Масса оборудования в кг	—	3360	2363	26 (тележки)

Разметочная машина «Страйпер» (США) – наиболее типичный представитель бескомпрессорной группы машин. Оборудование монтируют на четырехколесной тележке. На сварной раме вертикально устанавливают один или два цилиндрических резервуара для краски. Давление на краску создается с помощью ручного насоса, встроенного в верхнюю крышку резервуара. На крышке смонтирован манометр, регулирующий давление в системе. От резервуара краска по гибкому шлангу поступает к краскораспылителю, расположенному справа по ходу машины. Краскораспылитель заключен в кожух для предотвращения воздействия воздушных потоков, вызывающих дефекты при нанесении разметки. Команда на исполнительный механизм краскораспылителя подается клапаном, расположенным на рукоятке управления тележки. Ориентация машины при движении по линии предварительной разметки осуществляется с помощью стержневого визира, установленного на одной оси с краскораспылителем, впереди него.

Разметочная машина С-10 базируется на трехколесной тележке с приводом от двигателя на переднее колесо с помощью ременной передачи. В этой модели предусмотрено выполнение разметки подогретыми лакокрасочными материалами, для чего в пневмосистему машины встроен теплообменник. Трубопроводные коммуникации, подводящие краску и воздух к краскораспылителю, выполнены из теплоизоляционных материалов. В отличие от других маркировщиков аналогичного назначения здесь применен краскораспылитель с головкой наружного смешения. Поскольку к краскораспылителю подается подогретый лакокрасочный материал, его корпус находится в теплоизолирующем футляре. Управление работой краскораспылителя пневматическое.

Устройство для внесения в знак рефлектирующих сфер представляет собой улиткообразный корпус, внутри которого вращается распределительный валик. Вращается валик от правого заднего колеса. **Машины для нанесения линий красочными составами** оборудуют на базовых агрегатах в виде стандартных самоходных шасси, специальных самоходных шасси и шасси грузовых автомобилей. Машины этой группы представлены моделями ДЭ-3, ДЭ-8, ЭД-40 и ЭД-50.

Разметочная машина ДЭ-3 предназначена для нанесения указательных линий и знаков на усовершенствованные покрытия автомобильных дорог и аэродромов. Кроме того, она может быть использована для покраски обстановки пути, различных сооружений, машин и механизмов.

Машина ДЭ-3 смонтирована на самоходном шасси СП-20. Ее специальное оборудование состоит из рабочего органа, компрессора, ресивера, резервуаров для краски, бака для растворителя, механизма перемены шага. Машина оборудована трубопроводными коммуникациями, контрольно-измерительной аппаратурой и органами управления. Крутящий момент от двигателя через трансмиссию шасси, карданную и ременную передачи передается на коленчатый вал компрессора. Компрессор подает сжатый воздух к краскораспылителю. Одновременно к нему под давлением подается краска. В краскораспылителе краска смешивается с воздухом, а затем рабочая смесь истекает на покрытие. Рабочий орган смонтирован на несущей балке с правой стороны по ходу машины. Он состоит из краскораспылителя, ограничительных дисков и механизма подъема.

Разметочная машина ДЭ-8 предназначена для нанесения маркировочных линий на усовершенствованные дорожные покрытия автомагистралей. Принципиальные схемы разметочных машин ДЭ-8 и ДЭ-3 аналогичны. Разметочная машина ДЭ-8 смонтирована на шасси автомобиля ГАЗ-53А. Агрегаты силового и специального оборудования машины установлены на быстросъемной платформе, закрепленной на раме автомобильного шасси. Дизельный двухцилиндровый двигатель Д-21 мощностью 15 кВт предназначен для привода двух поршневых компрессоров, которыми оборудованы оба резервуара для краски. Крутящий момент от двигателя на оба компрессора передается через муфту сцепления, зубчатый цилиндрический редуктор и клиноременные передачи. Вращаются мешалки с помощью пневматических гайковертов ГПМ-14.

Разметочные машины ЭД-40 и ЭД-50 действуют по принципу кинетического распыления красочных составов и предназначены для работы соответственно в больших и малых городах. Отличи-

тельными особенностями разметочных машин, работающих по принципу кинетического распыления краски, являются уменьшенный на 10-14 % расход лакокрасочного материала по сравнению с машинами, работающими по принципу пневмораспыления и оснащенными общестроительными пистолетами-краскораспылителями; получение достаточно четко очерченного бокового контура разметочной линии без применения ограничительных дисков; возможность работы на красках большой вязкости и отсутствие системы промывки краскопроводов.

Разметочная машина ЭД-40 предназначена для выполнения большого объема работ в городских условиях и выполнена на конструктивно доработанном шасси автомобиля УАЗ-452Д. Особенность компоновки машины заключается в том, что краскораспылитель установлен на балке переднего моста по оси машины, задние колеса являются и ведущими и управляемыми.

Рабочее место водителя-оператора находится в средней части машины. Перед ним расположены пульт управления и рулевая колонка, на которой смонтирован переключатель для управления краскораспылителем. В задней части машины находятся места для бригады разметчиков и рабочего, расставляющего оградительные заставки. Стойки ограждения выполнены из полиэтилена с тяжелыми резиновыми основаниями. Такая конструкция с низко расположенным центром тяжести делает стойки самоустанавливающимися.

На машине использован краскораспылитель высокого давления. Струя краски дробится и факел формируется за счет кинетической энергии струи и конфигурации отверстия в насадке. Управляют работой краскораспылителя с помощью электромагнита с дистанционным управлением. Для автоматического нанесения прерывистой линии машина оборудована редуктором управления краскораспылителем.

В рабочем процессе плунжерный насос под давлением нагнетает (см. рис. 2.22, г) масло, заполняющее его рабочий объем, в так называемую разделительную камеру, основным элементом которой является У-образная трубка. Одно колесо У-образной трубки сообщается с маслопроводом, другое – с краскопроводом. Нижняя часть

трубки заполнена разделительной жидкостью (водный раствор сернокислого кадмия). Этот раствор отличается способностью не смешиваться ни с маслом ни с краской.

При движении плунжера насоса вверх масло давит на разделительную жидкость, а жидкость – на краску, которая через нагнетательный клапан клапанной коробки поступает к ресиверу. При движении плунжера вниз под действием разрежения в системе краска из бака через всасывающий клапан поступает в У-образную трубку. Давление в краскопроводной системе поддерживается регулятором, оснащенным предохранительным клапаном. При повышении давления выше допустимого клапан сообщает систему со сливной магистралью. От регулятора через фильтр тонкой очистки краска подается к краскораспылителю. При подъеме запорной иглы краска поступает к насадке краскораспылителя и вытекает из него под большим давлением. Для покраски обстановки пути, островков безопасности и т.п. машине приданы выносной пистолет и ручная телетелескопическая установка ЭД-50 предназначена для нанесения линий безопасности на дорожные покрытия при малых объемах работ (рис. 2.23). Она может быть смонтирована на любом транспортном средстве. Непременным требованием к транспортному средству, на котором монтируется установка ЭД-50, является обеспечение рабочей скорости передвижения 3-5 км/ч. Установка состоит из трех основных узлов: насосного агрегата, тележки с пистолетом-краскораспылителем КРВД-6 и емкости с краской, в которой помещен приемный фильтр с насосом.

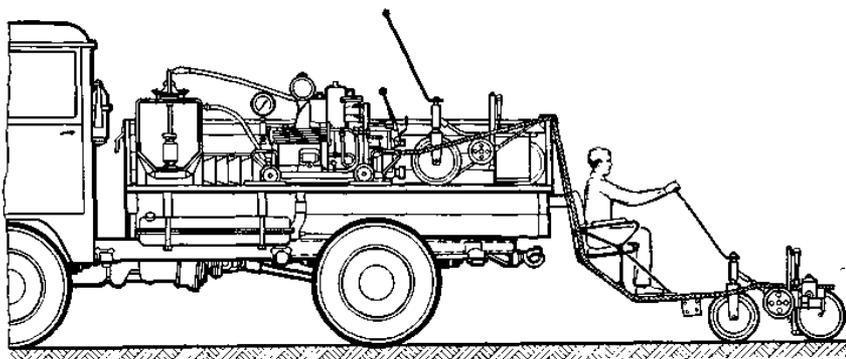


Рис. 2.23. Разметочная машина ЭД-50 на шасси УАЗ-452Д

Установка ЭД-50 предназначена для монтажа на автомобиле УАЗ-452Д. Основу покрасочной установки составляет насосный агрегат. Он помещен на сварной раме и состоит из двухтактного карбюраторного двигателя Д-300, червячного редуктора со сцеплением, масляного плунжерного насоса, разделительной камеры с клапанной коробкой, ресивера, регулятора давления, фильтра и компенсационного ручного насоса. Управляют работой краскораспылителя с помощью электромеханической системы.

При нанесении сплошной линии цепь питания электромагнита замкнута. Два тумблера, подающих команду на исполнительный механизм краскораспылителя, укреплены на руле тележки. В качестве командного элемента использован электромагнит. Корпус прерывателя укреплен на раме тележки. При нанесении прерывистой линии цепь электромагнита автоматически размыкается прерывателем, связанным цепной передачей с колесом тележки.

Разметочная машина «М-В Хот Лайн» фирмы «М-В Корпорейшн» смонтирована на большегрузном автомобильном шасси. Ее принципиальная схема основана на кинетическом распылении красочного состава. В качестве красочного состава применяют специальную краску ЗМ. По данным фирмы, нанесенный на покрытие слой этой краски толщиной 0,015 мм высыхает за 10 с. Такое быстрое высыхание объясняется еще и тем, что краска подается к краскораспылителю подогретой. Наибольшая температура подогрева 150°C. Давление в краскопроводной системе 14 МПа. Машина оснащена устройством для рефлексоризации нанесенного знака. Рефлектирующий материал вводится в знак под давлением. Одновременно машина может обеспечить нанесение трех линий различного цвета. Линии можно наносить по обе стороны от машины, для чего она оснащена двумя каретками, несущими краскораспылители.

Для разметки в ночное время фирма «Уолд Индастриез» изготавливает разметчики «Найт Лайнер». Базой этой машины является шасси автомобиля «Форд-С-550». Агрегаты силового и специального оборудования расположены на платформе, установленной на раме. В передней части платформы размещена насосная установка,

нагнетающая красочный состав в краскопроводные коммуникации машины. В средней части платформы расположены резервуар для краски объемом 800 л и бункер для рефлектирующих сфер объемом 600 л. На пути к краскораспылителям краска проходит через нагревательную установку, регулирующую ее вязкость, что обеспечивает надежную работу машины в любых температурных условиях.

Рефлектирующий материал, в отличие от обычного гравитационного наложения, вводится в свеженанесенный знак путем пульверизации. Расход рефлектирующих сфер составляет 4 кг на 3,8 кг краски. Машина наносит одновременно три линии двух различных цветов (прерывистую линию можно выполнять в семи комбинациях). Операторы поддерживают с водителем двухстороннюю телефонную связь. Для работы в ночное время машина оснащена пятью прожекторами по 500 Вт, один из которых освещает пульт управления. Энергия для питания прожекторов поступает от генератора мощностью 3200 Вт. Наибольшая рабочая скорость машины 7,5 км/ч. Предупредительный знак, устанавливаемый на машине в задней части платформы, указывает водителям автотранспорта наименьшее расстояние, на котором следует держаться от разметчика. Таким образом нанесенная линия предохраняется от проезда по ней автотранспорта.

Нанесение разметки термопластичным материалом «клино-сол» осуществляется машинами акционерного общества «Аурата-меркинта». Принцип их действия основан на гравитационном способе нанесения линии. Машина смонтирована на самоходной неупружиненной пневмоколесной тележке. Рама представляет собой сварную металлоконструкцию из прокатных профилей. На задней части рамы установлен четырехтактный карбюраторный двигатель. На машину могут быть установлены два приемных бункера для одновременного выполнения двух линий шириной 100 мм или один для линии шириной 150 или 250 мм.

Боковые стенки бункеров подвижны. При их перемещении между днищем и задней торцевой стенкой образуется щель, через которую может вытекать наполняющий бункер материал. Ширину щели регулируют. Перемещение граней и регулировку щели выполняют рычагом с резиновой сильфонной рукоятью. Для обогрева задней

торцевой стенки на кронштейне, связанным с каркасом бункера, укреплены две газовые горелки. Обогрев необходим для предотвращения налипания материала на стенки бункера. Налипший материал изменяет конфигурацию щели, что вызывает дефекты при выполнении работ.

Для разметки в последнее время применяют пластические пленки. Для механизации их укладки создано несколько машин. При использовании штампованной пластической пленки, покрытой с наружной стороны рефлектирующими сферами, а с внутренней – клейким веществом, применяют малогабаритную ручную машину. Поставляемый в рулонах материал закрепляют на машине в специальном приспособлении. При работе рулон разматывается, от пленки отделяется предохранительная бумага, затем пленка укладывается на горячий асфальт и вдавливается в него прижимным роликом. Машина наносит только сплошную линию. Машиной при движении по разметочной линии управляет оператор, идущий вслед за ней. Получили применение машины для разметки с заглаблением (разметочный знак не выступает над поверхностью дорожного покрытия), что более долговечно.

Предварительно нарезанные машиной углубления в покрытии заполняют вручную разогретой термопластичной массой. Срок службы изготовленного таким образом знака, по данным эксплуатации, 5 лет. Агрегаты машины смонтированы на трехколесной тележке. Машина формирует в покрытии канавку шириной 100 мм и глубиной 13 мм за один проход. Изготовление канавки осуществляется 48 фрезами, вращающимися на четырех валах с приводом от бензинового двигателя. Справа от оператора на защитном кожухе укреплен пластинчатый визир. Частота вращения фрез 1500 мин^{-1} ; долговечность фрезы 8 ч; скорость передвижения машины 15 м/ч.

В качестве материала для разметки пешеходных дорог в США используют порошок, обладающий большей износостойчивостью, чем краска. Для механизации процесса нанесения порошка созданы машины «Грин Лайт». Их выпускают в трех модификациях. Принцип их действия основан на плавлении порошка, наносимого на покрытие, горячей газовой струей. Срок высыхания линии, выпол-

ненной таким образом, не более 30 с. Использование таких машин дает экономию в 4,3% при увеличении объемов работ на 15%.

Большой интерес представляют предложения по механизации работ, связанных с нанесением на покрытие разделительных и светоотражательных знаков в виде отдельных плоских элементов круглой или квадратной формы. Соответствующее оборудование предлагается в виде самоходной машины с автоматическим размещением и закреплением отражателей в определенной последовательности. Отражатели с односторонней выпуклостью изготавливают из керамического материала. Машина имеет двухосное ходовое оборудование и направляющее устройство. Рабочее оборудование состоит из щетки для зачистки поверхности покрытия, барабанов с запасом отражателей разной формы, баков для хранения и разогрева вяжущих, с помощью которых отражатели приклеиваются к поверхности покрытия, механизма подачи отражателей, заблокированного с трансмиссией для обеспечения заданной последовательности установки знаков, и прижимного колеса для приклеивания отражателей к покрытию.

Анализ конструкций разметочных машин позволяет сделать следующие выводы. Из всего многообразия используемых материалов наибольшее распространение получили лакокрасочные составы. Большинство машин основано на принципе пневмораспыления лакокрасочных составов и кинетического распыления. Основными элементами, характеризующими современный уровень машины при соответствующих параметрах силовой установки, являются краскораспылитель высокой производительности, оборудование для рефлекторизации наносимых линий и механизм перемены шага, обеспечивающий автоматическое нанесение прерывистых линий согласно установленному стандарту.

Все машины, использующие красочные составы, имеют системы промывки краскопроводных коммуникаций. Для расширения области применения все машины оснащены выносными пистолетами-краскораспылителями, а самоходные средней и высокой производительности – еще и кронштейнами для проведения краевой маркировки. Перспективны машины, работающие с термопластическими

материалами и с лакокрасками на эпоксидной основе с добавками, вводимыми для сокращения времени твердения.

Подразделения дорожно-эксплуатационных служб нуждаются в различных по назначению машинах. Оснащение разметочными машинами служб безопасности движения является важным фактором в борьбе за снижение числа дорожно-транспортных происшествий.

2.3.2. Основы расчета машин и оборудования

При расчете разметочных машин определяют основные параметры системы распыления красящих составов, мощность, выполняют тяговый расчет, а также рассчитывают устойчивость всей машины, мощность на передвижение, рассчитывают на прочность и усталость основные конструктивные элементы.

Основным при конструировании разметочных машин пневматического действия является расчет и выбор рациональных режимов работы пневматических форсунок для распыления красящих материалов, а также определение скорости передвижения машины в процессе окраски. Исходными параметрами при расчете являются физико-механические свойства красящего состава (плотность, вязкость и т.д.), размеры выходного отверстия воздушного и материального сопла форсунки и разрежение в устье материального сопла $h_{эж}$ (принимается в среднем $h_{эж} = 12,5 \text{ Н/м}^2$).

Расчет основных параметров головок внутреннего смешивания пневматических краскораспылителей по методике ВНИИстройдормаша заключается в следующем. На первом этапе формируют исходные данные для расчета: диапазон рабочих скоростей $\vartheta_{p.min} - \vartheta_{p.max}$ в м/с; норму расхода материала q в кг/м^2 ; плотность лакокрасочного материала ρ в кг/м^3 ; наибольшую ширину наносимой линии B в м; избыточное давление в пневмосистеме P в Н/м^2 . На втором этапе параметры рассчитывают в следующей последовательности.

а) расход краски (в кг/с):

$$Q_k = q\vartheta_{p.max}B;$$

б) количество воздуха, потребное для распыливания краски:

$$Q_v = Q_k / \chi_0,$$

где χ_0 - массовая концентрация примеси в сечении струи $\chi_0 = 9 \dots 10,5$.

в) площадь выходного отверстия (в м²) в насадке

$$S_H = \frac{Q_k}{\sqrt{2\rho \cdot \Delta P}} \cdot \frac{1}{\eta_k},$$

где ΔP - напор;

η_k - экспериментальный коэффициент, зависящий от Re ; при

$Re = 30$ $\eta_k = 0,15$; при $Re = 85$ $\eta_k = 0,22$;

г) длина щели (в м)

$$B_0 = S_H / h,$$

где $h = (2 \dots 3) \cdot 10^{-3}$ м;

д) гидравлический диаметр (в м)

$$D_\Gamma = \frac{B_0 h}{0,5(B_0 + h)};$$

е) длина камеры смешивания (в м)

$$l_{к.с} = D_2 \varepsilon,$$

где $\varepsilon = 3,8 \dots 4,0$;

ж) угол конуса камеры смешивания выбирается из условия обеспечения наибольшего расхода, т.е. $\theta = 12^\circ$;

з) площадь поперечного сечения канала материального сопла (в м²)

$$S_k = S_H \psi,$$

где $\psi = 2,5 \dots 2,85$;

и) диаметр материального сопла (в мм)

$$d_K = \sqrt{\frac{4S_K}{\pi}};$$

к) длина канала материального сопла $l_K = 3...4$ мм;

л) площадь кольцевого зазора (в м²)

$$S_{OB} = \frac{Q_B \sqrt{T_B}}{P_B} \cdot \frac{1}{b'},$$

где P_B - давление воздуха;

$$T_B = 293\text{К};$$

$$b' = 0,0405 \text{ с град/м};$$

м) площадь сечения воздушного канала (в м²)

$$S_B \geq \frac{S'_{OB}}{n},$$

где $n = 4-8$;

н) наименьший диаметр воздушного канала (в м)

$$d_B = \sqrt{\frac{4S_B}{\pi}};$$

о) по конструктивным и технологическим соображениям принимают $d_{BB} = 3 \cdot 10^{-3}$ м. Длина воздушного канала $l_B = (2...3)d_B$ м;

п) угол раскрытия струи

$$\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} = \frac{B' - 1}{C \left[B' - 1 - \frac{1,22}{\alpha} \left(\sqrt{1 + B' \alpha} - \sqrt{1 + \alpha} - 1,87 \ln \left| \frac{\sqrt{1 + B' \alpha} + 1,87}{\sqrt{1 + \alpha} + 1,87} \right| \right) \right]},$$

где $V' = \frac{V}{V_0}$; $C = 1,4$; $\alpha = 2,24 \frac{1 + \chi_0}{\chi_0^2}$;

р) экспериментальный коэффициент C учитывает условия истечения смеси;

с) высота среза насадки над покрытием (в м)

$$H = \frac{V' - V_0}{2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}$$

Методика расчета разметочных машин с кинетическим распылением красящего состава разработана в ОКБ благоустройства г. Москвы. Расчет заключается в определении параметров факела распыляемого состава, размеров и формы сопла, подачи насоса, параметров гидроаккумулятора. Исходными данными для расчета являются: скорость нанесения знака (скорость движения машины) ϑ_M в см/с; средняя толщина знака δ_{cp} в мкм; ширина наносимой полосы b в см. Оптимальное значение $\delta_{cp} \approx 60 \dots 80$ мкм.

Объемный расход краски (в $\text{см}^3/\text{с}$) определяют по заданным величинам ϑ_M , δ_{cp} и b :

$$Q_k = \frac{\vartheta_M \delta_{cp} b K_{и}}{100 k_k (100 - \eta)},$$

где $K_{и}$ - коэффициент, учитывающий изменение толщины слоя краски при высыхании, $K_{и} \approx 2,25$;

k_k - весовая концентрация твердого вещества в краске в %;
 $k_k = 70\%$;

η - суммарное количество потерь краски при распылении, %;
 для асфальтобетонных покрытий рекомендуют принимать $\eta = 5 \dots 7\%$;
 для цементобетонных $\eta = 6 \dots 10\%$.

Площадь выходного отверстия сопла (в см²) определяют по установленному расходу краски:

$$f_0 = \frac{Q_k}{\mu \sqrt{2g \frac{10\Delta P}{\gamma_k}}},$$

где Q_k - расход краски в см³/с;

μ - коэффициент расхода;

ΔP - давление на срезе сопла в МПа;

γ_k - плотность краски в кг/см³;

g - ускорение свободного падения в см/с².

Коэффициент расхода μ находят по графику в зависимости от числа Рейнольдса

$$Re = \frac{\sqrt{2g \frac{\Delta P}{0,001\gamma_k}} \cdot d}{10\nu_0 e^{2,15 \cdot 10^{-3} \cdot P}},$$

где d - условный диаметр отверстия сопла в см;

ν_0 - кинематическая вязкость краски в см²/с;

e - основание натурального логарифма;

P - давление краски в системе в барах (атм.).

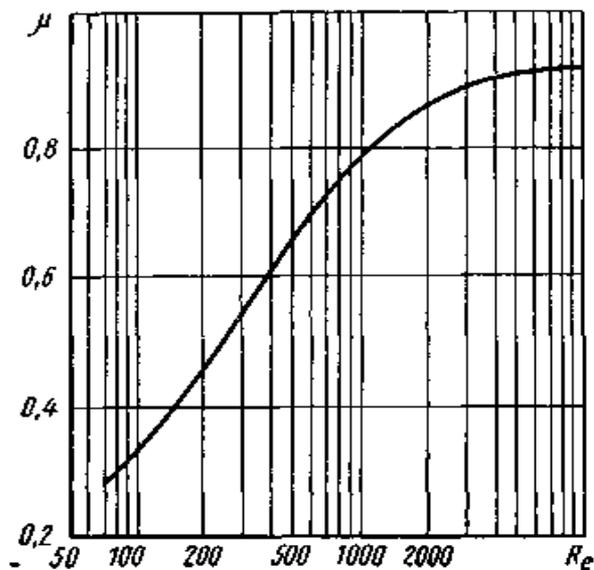


Рис. 2.24. Зависимость коэффициента μ от числа Рейнольдса Re

Условный диаметр отверстия сопла определяется из выражения

$$d = 1,13\sqrt{f_0} .$$

Высоту установки краскораспылителя до покрытия рекомендуют определять по формуле

$$H = \frac{b}{2\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} ,$$

где b - ширина маркировочного знака в см;
 α - конусный угол факела распыла в градусах.

Для $b/b_0 \leq 90$

$$H = 18,6\sqrt{b_0 b_2} ,$$

где b_0 - большая полуось выходного отверстия сопла в см; $b_0 = 0,075; 0,098; 0,1$;

b_2 - половина ширины маркировочного знака в см.

Ширина разметочного знака соответствует ГОСТ 13508-68 «Разметка проезжей части улиц и дорог» или назначается исходя из условий работ.

Для минералокерамических сопел с внутренней полостью в виде конуса, переходящего в сферу, $R = 1$ мм, прорезанных клиновидной щелью, корневой угол факела $\alpha = 51...63^\circ$.

Подача поршневого насоса простого действия (в $\text{см}^3/\text{с}$) для краски

$$Q_n = \eta_n \frac{FSn_x}{60},$$

где η_n - коэффициент объемного наполнения;

F - площадь поршня в см^2 ;

S - ход поршня в см;

n_x - число двойных ходов в минуту.

Коэффициент объемного наполнения η_n зависит от числа двойных ходов насоса и вязкости краски. Его значения приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Значение коэффициента объемного наполнения

Условная вязкость краски по вискозиметру ВЗ-4 в с	20	60	120	200
Коэффициент объемного наполнения при числе двойных ходов насоса в минуту:				
100	1,00	0,86	0,66	0,58
150	0,98	0,82	0,63	0,56
200	0,95	0,80	0,61	0,51
250	0,90	0,77	0,60	0,47
300	0,86	0,72	0,58	0,44

Мощность и прочность определяют обычным путем.

Применение в покрасочной системе в качестве питающего агрегата плунжерного насоса высокого давления делает необходимым введение в систему аккумулятора. Это позволяет практически устранить пульсации давления и приводит к повышению КПД всей установки в целом.

Гидроаккумулятор представляет собой цилиндрическую емкость, имеющую с торцов входное и выходное отверстия. В верхней части емкости встроена тупиковая трубка-змеевик, в которой находится сжатый воздух, используемый при импульсной подаче краски как упругий элемент. Цилиндрическую часть гидроаккумуляторов рекомендуют выбирать конструктивно, и ее объем обычно не превышает 4...6 л.

Объем змеевика гидроаккумулятора (в см³)

$$V_{зм} = W \left(\frac{1}{\sqrt[n]{1-\tau} - 1} + \beta \right),$$

где W - количество вытесняемой жидкости за цикл (объем рабочей камеры насоса) в см³;

n - показатель политропы;

τ - коэффициент неравномерности давления;

β - коэффициент запаса.

Коэффициент неравномерности давлений

$$\tau = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max}},$$

где P_{\max} - конечное давление в системе в МПа (кгс/см²);

P_{\min} - начальное давление в системе в МПа (кгс/см²).

Показатель политропы

$$n = \frac{\lg \left(\frac{P_{\max}}{P_{\min}} \right)}{\lg \left(\frac{V_{\max}}{V_{\min}} \right)},$$

где V_{\max} - объем змеевика, заполненного краской при P_{\max} , см^3 ;

V_{\min} - объем змеевика, заполненного краской при P_{\min} , см^3 .

Для установок с показателями $P_{\max} = 4 \dots 10$ МПа ($40 \dots 100$ кгс/см²) и $W = 20 \dots 40$ см³ рекомендуются следующие показатели и коэффициенты:

$$n = 1, 12 \dots 1, 17; \quad \tau = 0, 22; \quad \beta = 6 \dots 8.$$

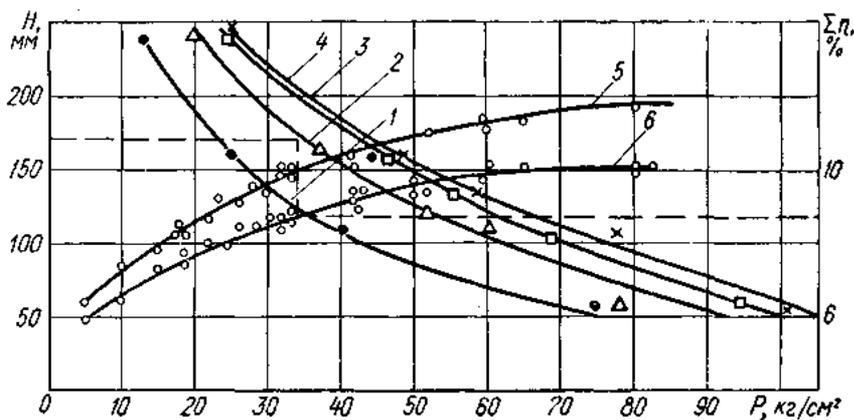


Рис. 2.25. Зависимость потерь красящего состава $\sum \eta$ от высоты установки краскораспылителя H , давления P , вязкости краски и материала дорожного покрытия:

- 1 - $v_{кр} = 70$; 2 - $v_{кр} = 100$; 3 - $v_{кр} = 150$; 4 - $v_{кр} = 200$; 5 - жесткая подложка;
6 - мягкая подложка

Для уменьшения «жесткости» работы насоса следует предварительно заряжать воздух в змеевик гидроаккумулятора до $P_3 = 0,3$ МПа.

Для снижения окисления краски при контакте ее с воздухом рекомендуется применять трубки змеевика сечением $f = 1,6 \dots 2,0$ см².

Прочностные расчеты элементов гидроаккумулятора производятся, как для толстостенных сосудов, по P_{\max} .

Скорость движения (см/с) при нанесении разметочного знака на дорожное покрытие

$$g_m = \frac{100Q_k k_k (100 - \eta)}{\delta_{cp} b k_n},$$

где k_k - весовая концентрация твердого вещества в краске в %;

η - технологические потери краски при распыливании в %;

δ_{cp} - толщина разметочного знака в мкм;

k_n - поправочный коэффициент.

Весовая концентрация твердого вещества в красках обычно составляет 40...70 % общего объема. Количество потерь для наиболее употребляемых в практике красок находят в пределах 5...10 % в зависимости от высоты установки краскораспылителя, вязкости краски и материала дорожного покрытия.

Средняя толщина маркировочного знака для красок ОРУД-белая, ГДР-белая, ЗП-51 и других красок с нитроосновой $\delta_{cp} = 60...80$ мкм.

Поправочный коэффициент k_n зависит от пористости покрытия и изменения толщины пленки краски при ее высыхании. Его значение определено опытным путем и составляет $k_n = 2,25$. Для работ в городских условиях в дневное время рабочую скорость движения машины принимают не более 5 км/ч.

В связи с принятием нового СТБ 1231-2000 «Разметка дорожная» значительно изменились требования, предъявляемые к дорожной разметке.

Основные трудности вызывает то, что разметка автомобильных дорог, кроме дорог 4-й категории, должна выполняться с применением световозвращающих материалов.

Эффект световозвращения достигается благодаря применению стеклянных микрошариков, которые возвращают попавший в них свет обратно к источнику, т. е. к водителю транспортного средства.

В настоящее время началось использование для разметки полимерных лент. Для дорожных новостроек они обладают целым рядом преимуществ в сравнении с традиционными видами разметок (красками и термопластиками).

Ленты для разметки дорог различаются по типам: они могут быть для временной и длительной эксплуатации; поверхность их может быть ровной или профилированной; ленты могут быть различных цветов, т.к. требуются кроме белого еще желтый и оранжевый цвета разметки.

2.4. Машины и оборудование для ухода за обочиной

Зеленые насаждения широко применяют для укрепления грунтов насыпей и откосов и для защиты дорог от снежных заносов. Соответствующее распределение зеленых насаждений на всем протяжении дороги, хороший уход за ними способствуют снижению утомляемости водителя и сокращают число дорожных происшествий. Работы, связанные с уходом за зелеными насаждениями, механизированы. Создаются специальные машины для выкапывания и посадки деревьев и кустарников, обрезки крон деревьев и стрижки кустарников, посева и скашивания травы, опрыскивания деревьев и кустарников ядохимикатами и т.д. Для ухода за зелеными насаждениями созданы машины для скашивания травы и обрезки кустарников, гидропосева травы, опрыскивания деревьев и кустарников ядохимикатами и поливки зеленых насаждений.

Роторная косилка ДЭ-6 предназначена для скашивания и удаления травы с откосов кюветов автомобильных дорог, с горизонтальных участков обочин и полосы отвода и стрижки живой изгороди. Наружный и внутренний откосы кюветов можно обрабатывать со стороны дороги, что важно при работе косилки на участках дорог, к которым прилегают кустарники и лес.

Оборудование, состоящее из рабочего органа, основной рамы, рамы рабочего органа и гидросистемы, навешено на промышленный трактор Т-50АП Липецкого тракторного завода. На шасси может быть установлен как ротационный, так и кольцевой рабочие органы. Рабочий орган роторного типа имеет опорную лыжу и вращается от гидромотора. По периферии режущего диска закреплены стандартные ножевые сегменты сельскохозяйственной косилки.

При окашивании рабочий орган опирается на откос канавы и может свободно поворачиваться в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. При работе на внутреннем откосе режущий диск вра-

щается по часовой стрелке, на наружном – против часовой стрелки. При соприкосновении ножевого сегмента с препятствием он прячется за наружный контур диска. При удалении с рабочего органа опорной лыжи с самоустанавливающимся подшипником его используют для стрижки кустов. Гидросистема машины состоит из двух автономных систем. Одна из них предназначена для привода рабочего органа, а другая – для управления рабочим органом. Машину обслуживает один человек.

Косилка ЦКБ-Т-216 (рис. 2.26) является навесным оборудованием на тракторах МТЗ-80/82 «Беларусь» или Т-40. Она предназначена для скашивания травы в канавах, на насыпях и откосах автомобильных дорог, обочинах, полосе отвода и разделительной полосе. В комплект косилки входит ротационный режущий аппарат диаметром 800 мм для подрезки кустарников. Косилка состоит из рычажной рамы, подрамника, режущего аппарата и гидросистемы управления. Косилка оборудована пятью сменными режущими органами: ротационным режущим аппаратом с шириной захвата 1 м; ротационным режущим аппаратом с шириной захвата 0,8 м для стрижки кустарников; пальцевыми режущими аппаратами с шириной захвата 1,2; 1,5 и 2,1 м.

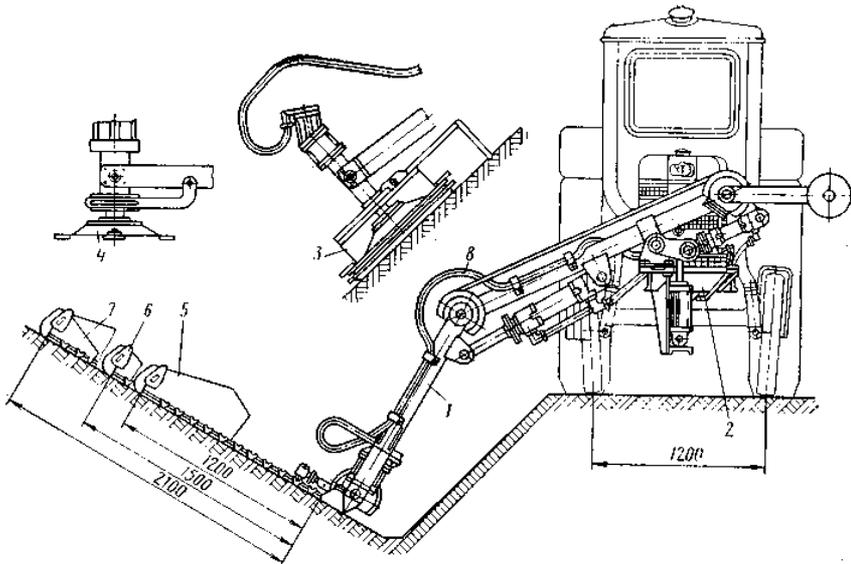


Рис. 2.26. Косилка модели ЦКБ-Т-216 на тракторе «Беларусь» или Т-40:
 1 - рычажная рама; 2 - подрамник; 3 - ротационный режущий аппарат диаметром 1 м; 4 - ротационный режущий аппарат диаметром 0,8 м для стрижки кустов; 5 - пальцевый режущий аппарат с шириной захвата 1,2 м; 6 - пальцевый режущий аппарат с шириной захвата 1,5 м; 7 - пальцевый режущий аппарат с шириной захвата 2,1 м; 8 - гидросистема привода и управления

Ротационный аппарат состоит из режущего диска, укрепленного на вертикальном валу, который установлен в корпусе на подшипниках. Режущий диск защищен кожухом. Под режущим диском к кожуху и подпятнику оси режущего диска крепится лыжа. Последняя обеспечивает копирование профиля скашиваемого участка. Рабочий орган может поворачиваться во всех направлениях благодаря шарнирной подвеске к раме.

Ротационный аппарат для стрижки кустарников отличается от ротационного аппарата для скашивания травы диаметром режущего диска, количеством и формой ножей.

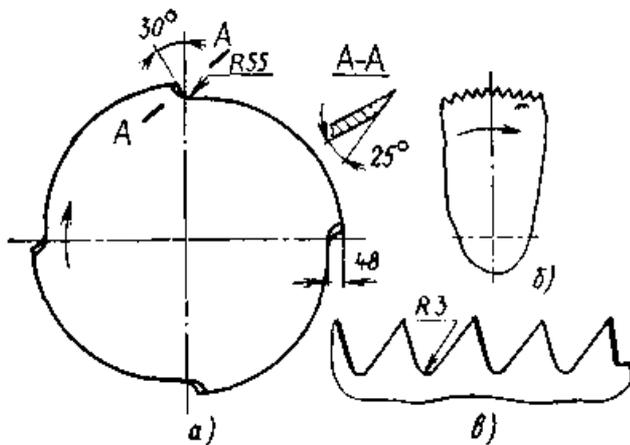


Рис. 2.27. Дисковая пила для подрезания кустов и срезки деревьев:
 а - четырехзубая; б - многозубая; в - форма зубьев многозубой пилы

Специализированные машины для стрижки кустов – кусторезы оснащают дисковыми пилами двух типов: многозубыми с прямыми зубьями и четырехзубыми различного диаметра с зубьями, имеющими одностороннюю заточку. Многозубая пила предназначена для распиливания крупных деревьев диаметром до 40 см, четырехзубые – для подрезания кустов и мелких деревьев диаметром до 10 см.

При обработке кустарников агрегатом Т-216 с рабочего органа снимают кожух и лыжу. Аппарат устанавливают под углом 45° к плоскости движения трактора и жестко закрепляют.

Пальцевые режущие аппараты и ротационный аппарат диаметром диска 1000 мм унифицированы с оборудованием косилки ЦКБ-Т-211. Рабочий орган косилки подвешен на рычажной раме. Последняя состоит из двух шарнирно соединенных звеньев и звена противовеса. Это позволяет устанавливать оборудование в различных положениях в зависимости от положения трактора относительно скашиваемого участка. Сама рычажная рама укреплена шарнирно на подрамнике, который жестко установлен на лонжероне трактора.

Рычажная рама перемещается гидроцилиндрами. Один гидроцилиндр связывает первое и второе звенья рамы и изменяет угол между звеньями. Второй гидроцилиндр связывает второе звено с подрамником и поворачивает всю раму относительно трактора. При помощи третьего гидроцилиндра пальцевый аппарат поворачивается в зависимости от угла наклона скашиваемой поверхности. Момент, создаваемый рамой с рабочим органом, уравнивается противовесом.

При работе на очень густых травах и с кустарником со сложным профилем, с большим количеством инородных предметов на косилку устанавливают ротационный режущий аппарат. При скашивании на наклонных поверхностях ротационный режущий аппарат необходимо загружать так, чтобы при установке на откос он занимал необходимое положение. Для этого на кожух аппарата устанавливают один из грузов противовеса.

Во избежание несчастных случаев при уходе за машиной и во время работы на ней необходимо строго соблюдать основные правила техники безопасности:

1. Перед началом работы необходимо убедиться в полной исправности машины.
2. При остановках агрегата необходимо выключать вал отбора мощности трактора.
3. При работе ротационным режущим аппаратом заслонка кожуха должна быть опущена в крайнее нижнее положение.

4. Регулируют, смазывают, очищают и исправляют косилку при заглушенном двигателе трактора.

Серийное производство дорожных косилок наладил Мозырский машиностроительный завод. Установка рабочего оборудования у этой машины боковая (рис. 2.28).

Рабочее оборудование состоит из стрелы, рукояти, редуктора привода режущего аппарата и гидросистемы.

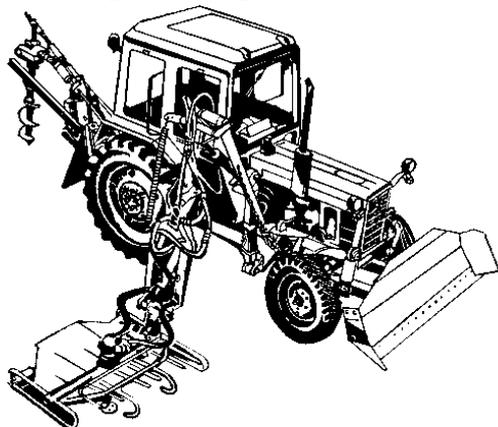


Рис. 2.28. Универсальная машина НО-9А для ремонта и содержания автомобильных дорог

Режущий аппарат может быть однодисковым, на котором шарнирно крепится несколько ножей. В этом случае привод диска осуществляется от насоса. Недостатком такой конструкции является малая ширина захвата при кошении обочин и откосов. Установка редуктора в зоне режущего аппарата обеспечивает увеличение ширины захвата кошения травы и кустарника, синхронизацию движения ножей. Из-за изменения угла наклона режущего аппарата смазка, находящаяся в редукторе, стекается в одну сторону, поэтому затруднена смазка той части редуктора, которая находится в противоположной стороне от наиболее низко находящейся части редуктора. Следует отметить, что индивидуальный гидравлический привод каждого ножа или пары ножей, находящихся на диске, может привести к отказу насоса, т.к. ножи могут застревать в древесине, что

приводит к возрастанию динамических нагрузок на нож, которое ведет к обрыву плунжеров насоса.

При боковой навеске рабочего оборудования может быть использовано сменное рабочее оборудование (рис. 2.29).

В США, Англии, Франции, Бельгии, ФРГ и других странах ряд фирм специализируется на выпуске машин по уходу за зелеными насаждениями. Большое внимание уделяют созданию и выпуску машин для скашивания травы на откосах и обочинах и обработке кустарника.

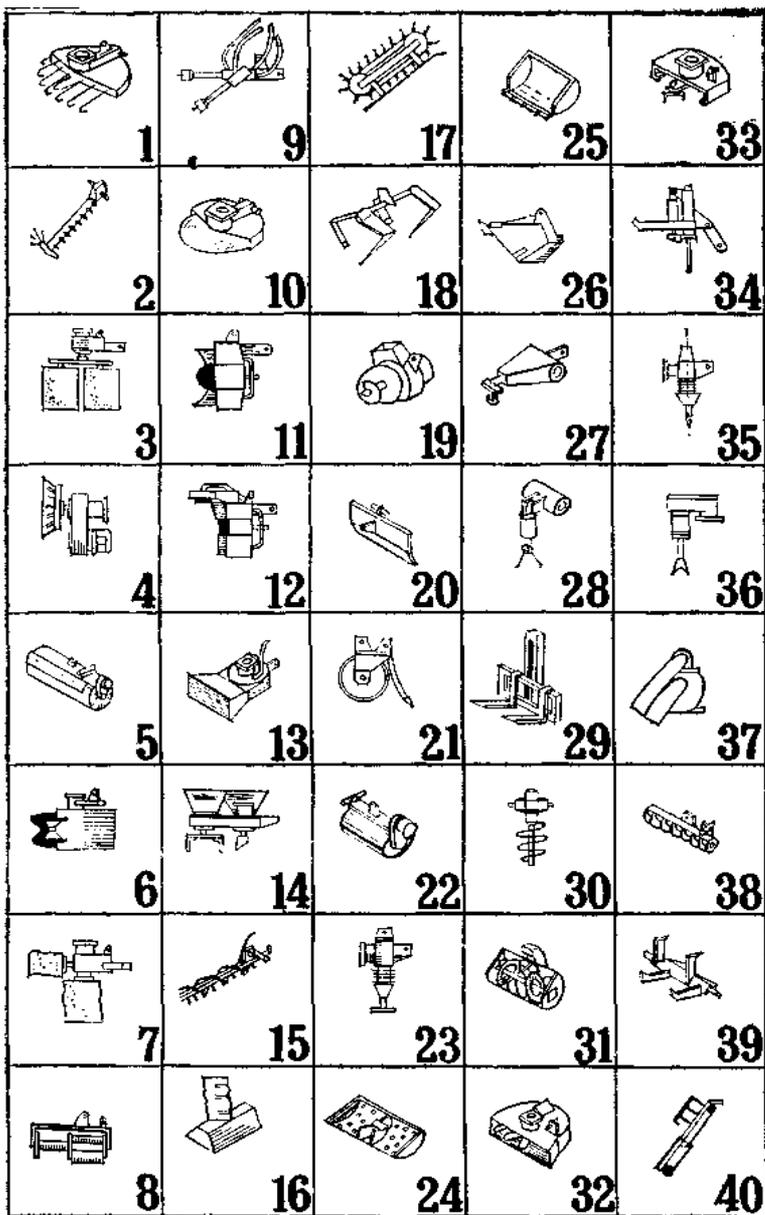


Рис. 2.29. Комплекс сменных рабочих органов, монтируемых на боковом механизме навески

Боковую роторную косилку фирмы «Астрон Корп» (США) выпускают как навесное оборудование на любой стандартный колесный трактор. Телескопическая стрела с гидроуправлением, на которой навешен рабочий орган, позволяет окашивать откосы под углом 105° к горизонту и насыпи под углом 75° . Наибольший вылет стрелы 9,455 м, ширина захвата – 1,52 м, масса – 1270 кг. Шарнирное крепление рабочего органа к стреле позволяет копировать профиль скашиваемой поверхности.

Фирма «Клаус» совместно с фирмой «Даймлер-Бенц» (ФРГ) разработала косилку «М-2», навешиваемую на шасси «Унимог». Косилка предназначена для скашивания травы с откосов канавы и стрижки кустарника. Наибольшая высота подъема рабочего органа – 5,3 м; глубина окашиваемых откосов – 3,3 м; угол поворота стрелы – 360° ; рабочая скорость передвижения при скашивании травы – 1,8-2,8 км/ч, при стрижке кустарников – 0,9 км/ч; транспортная скорость передвижения до 60 км/ч.

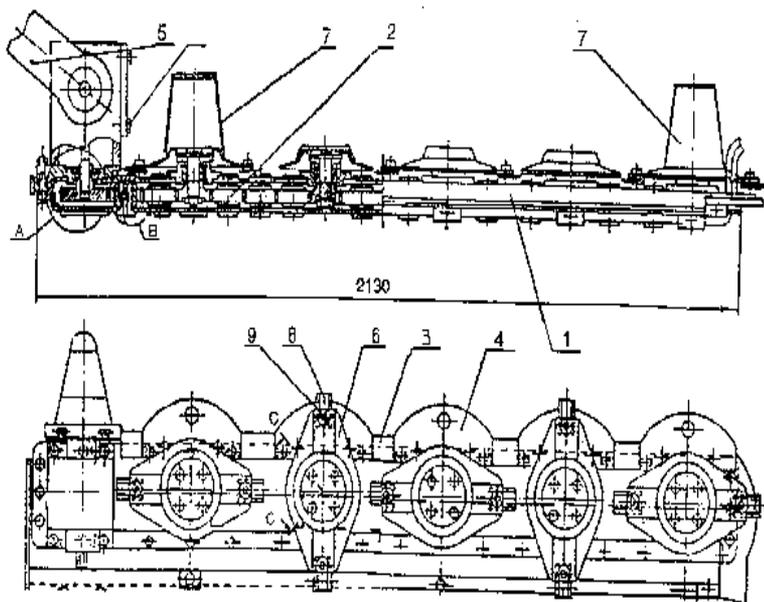


Рис. 2.30

Широкое распространение в дорожных организациях нашла косилка, выпускаемая ГП «Дорвектор» (г. Молодечно).

Режущий аппарат такой косилки состоит из бруса 1 (рис. 2.30), в котором установлены шестерни 2, передающие вращение.

Под днищем бруса расположены малые 3 и большие 4 башмаки, которыми режущий аппарат опирается на землю. Во время работы режущий аппарат может свободно поворачиваться на цапфах 5, обеспечивая копирование неровностей почвы. На режущем аппарате имеются пять роторов 6. На наружном и внутреннем роторах имеются конические ограничители 7, которые позволяют при скашивании высоких и полеглих трав укладывать их в прокос, подгребая траву слева и справа к центру режущего аппарата.

Каждый из роторов снабжен двумя ножами 8, шарнирно установленными на осях 9. Оси крепятся корончатыми гайками и фиксируются шплинтами.

Ротор 1 (рис. 2.31) крепится двумя болтами 3 к планшайбе 2, сверху устанавливается крышка ротора 4 и фиксируется двумя болтами 5, которые одновременно крепят ротор к планшайбе и поджимают головку болтов 3, предотвращая их самопроизвольное отворачивание. Под болты 3 и 5 ставятся пружинные шайбы. Планшайба 2 устанавливается на верхней шлицевой части вала ротора 6, на нижней шлицевой части вала ротора устанавливается цилиндрическая шестерня ротора 7. Вал ротора помещается в двухрядный закрытый радиально-упорный подшипник 8. Все это соединение поджимается гайкой 9 с усилием $300 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Чтобы в процессе работы избежать самопроизвольного отворачивания гайки 9, устанавливается специальная шайба, которой обжимают грани гайки.

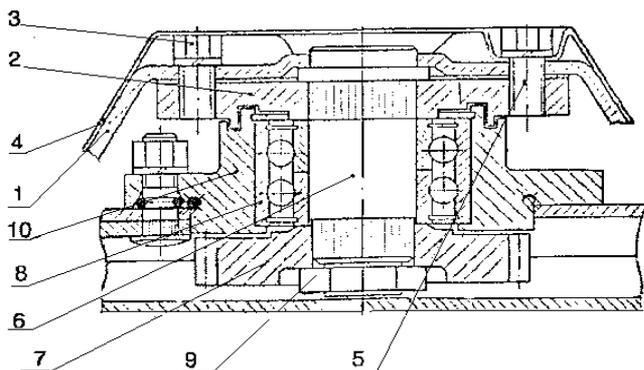


Рис. 2.31

Подшипник 8 наружной обоймой ставится в стакан ротора 10, который при помощи специальных болтов и гаек крепится к брусу режущего аппарата.

Ведущая шестерня 1 (рис. 2.32) устанавливается на радиальном сферическом двухрядном подшипнике 2 и фиксируется стопорным кольцом 3. Подшипник 2 наружной обоймой устанавливается в корпус втулки 4 и фиксируется стопорным кольцом 6. Втулка 4 приварена сваркой к брусу 5. Ведущая шестерня имеет по центру шлицевое отверстие для передачи крутящего момента от шлицевого вала 7 редуктора.

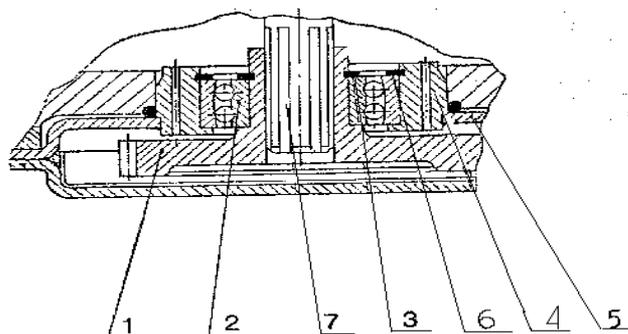


Рис. 2.32

Ведущая шестерня кинематически связана с шестернями роторов через паразитные шестерни 5 (рис. 2.33), которые служат для передачи вращения от ведущей шестерни на шестерни роторов. Паразитные шестерни установлены на радиально-упорных двухрядных

подшипниках 1 и фиксируются на наружной обойме подшипника стопорными кольцами 2. Внутренняя обойма подшипника 1 установлена на ось паразитной шестерни 3. Через ось паразитной шестерни корпус и крышка бруса стягиваются болтом 4, тем самым обеспечивая дополнительную жесткость бруса режущего аппарата

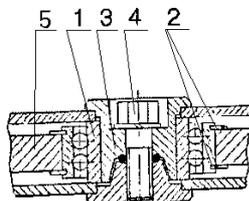


Рис. 2.33

Таблица 2.9

Комплект рабочих органов, монтируемых
на боковом механизме

№ п/п	Тип сменного рабочего органа	Технологические операции
1	2	3
1	Режущий аппарат ротационной косилки	Окоска травы, срезка кустарника на обочинах, откосах, кюветах, разделительных полосах и в полосе отвода; стрижка снегозащитных, декоративных насаждений, отдельно стоящих деревьев и газонов
2	Режущий аппарат сегментно-пальцевой косилки	Скашивание травы на обочинах, откосах, кюветах, разделительных полосах
3	Сдвоенные капроновые щетки	Очистка и мойка барьерных и перильных ограждений, сигнальных столбиков, стоек, тумб, опор и щитов, дорожных знаков, элементов архитектурного оформления дороги, павильонов, беседок и т.д.
4	Приспособление для мойки дорожных знаков	Механизированная очистка и мойка дорожных знаков, плакатов, указателей, элементов архитектурного оформления дороги и т.д.
5	Набор механических щеток (с капроновым или металлическим ворсом)	Влажная или сухая очистка от пыли, грязи, снега проезжей части дороги, тротуаров, площадок, автобусных остановок в труднодоступных местах

6	Узкозахватная механическая щетка с металлическим ворсом	Очистка криволинейного бруса и других ограждающих устройств от старой краски и ржавчины, очистка водоотводных лотков
7	Приводная сдвоенная щетка	Очистка бордюра, бортового камня от старой краски и грязи
8	Приспособление для удаления разметки	Снятие старой разметки с проезжей части дороги, устройство канавок для нанесения термопластика
9	Приспособление для окраски обстановки пути	Разметка и окраска обстановки пути: сигнальных столбиков, тумб, стоек под знаки, ограждений частей мостов и путепроводов, элементов архитектурного оформления дороги (павильонов, беседок), нанесения краской линии разметки, побелка деревьев на полосе отвода

Продолжение табл. 2.9

1	2	3
10	Режущий аппарат «циркулярная пила»	Резка крупноствольного кустарника, сучьев деревьев и мелколесья вдоль дороги для обеспечения видимости и на полосе отвода, рубка ухода в снегозащитных насаждениях
11	Приспособление для окраски криволинейного бруса	Механизированная двухколесная окраска криволинейного бруса
12	Приспособление для окраски бордюра	Механизированная двухколесная окраска бордюра
13	Оборудование для розлива жидких материалов	Мойка проезжей части дороги, розлив обеспыливающих и противогололедных материалов, укрепление откосов гидропосевом трав, поливка газонов и зеленых насаждений, обработка растений жидкими удобрениями, гербицидами и другими химическими веществами, увлажнение поверхностей перед их уплотнением и т.д.
14	Оборудование для планировки и укрепления откосов засевом трав	Рыхление и планировка грунта на откосах, внесение в почву семян многолетних трав
15	Оборудование для укрепления обочин и	Внесение в почву ГСХВ, минеральных удобрений и других веществ

	откосов с применением грунтосвязующих химических веществ (ГСХВ)	
16	Оборудование для сбора скошенной травяной растительности	Сбор скошенной травяной растительности на обочинах, откосах, кюветах, разделительных полосах, преобразование ее в компактную массу, транспортировка и выгрузка
17	Грабелное оборудование	Сгребание с откосов дороги скошенной растительности и строительного мусора в валки
18	Механический захват	Уборка скошенной растительности и мусора, собранного в валки; захват и транспортировка различных предметов
19	Центробежный метатель	Очистка дна кюветов от ила, наносов, растительности, талого снега и т.д.

Продолжение табл. 2.9

1	2	3
20	Ножевой отвал	Выполнение мелких планировочных работ, засыпка ям, расчистка и разравнивание обвалов, оползней, ликвидация других нарушений на откосах и обочинах, распределение и перемещение различных материалов, выгрузка сыпучих материалов с бортовых автомобилей или прицепов
21	Каток, совмещенный с ножевым отвалом	Заделка и уплотнение размоин и других дефектов на обочинах, откосах и кюветах
22	Вибрационный каток	Уплотнение грунта на обочинах, откосах, посадочных площадках, велосипедных дорожках, уплотнение асфальтобетона и других материалов при ямочном ремонте
23	Вибротрамбовка	Уплотнение грунта и различных покрытий в непосредственной близости от строящихся сооружений, при установке сигнальных столбиков, дорожных знаков, ограждений, осветительных мачт и т. д.
24	Ковши для мелиоративных работ различной модификации	Планирование и очистка кюветов, водоотводных каналов от наносов или растительной массы
25	Погрузочные ковши различной	Транспортировка и погрузка грунта, сыпучих и каменных материалов, строительного

	модификации	го мусора, очистка покрытий
26	Экскаваторное оборудование (прямая и обратная лопатка для легких грунтов)	Выполнение мелких земляных работ: засыпка траншей, ям; погрузка сыпучих, каменных и других материалов в транспортное средство
27	Крановое оборудование	Монтажные работы: установка и снятие бордюрного камня, тротуарных и дорожных железобетонных плит, сигнальных столбиков, стоек для знаков; погрузка и выгрузка штучных грузов, замена поврежденных дорожных знаков и ограждений
28	Корчеватель	Удаление пней, отдельно стоящих деревьев и кустарника в полосе отвода
29	Вильчатый погрузчик	Погрузка, выгрузка и транспортировка штучных грузов

Окончание табл. 2.9

1	2	3
30	Ямобур	Бурение скважин для установки сигнальных столбиков, дорожных знаков, ограждений, осветительных мачт, для посадки саженцев деревьев и т.д.
31	Шнекороторный снегоочиститель	Очистка обочин, откосов, кюветов, автобусных остановок, площадок отдыха, автосто-янок от свежесвалившегося снега, переброска его в сторону от дороги, удаление снега вблизи павильонов, сигнальных столбиков
32	Фрезерный снегоочиститель	Удаление снега из-под криволинейного бордюра и других ограждающих приспособлений, переброска снега в сторону от дороги
33	Роторная фреза	Снятие наледи и уплотненного снега (в т. ч. в труднодоступных местах)
34	Оборудование для установки и удаления колев для снегозадерживающих щитов	Установка и удаление колев для снегозадерживающих щитов, стоек под дорожные плакаты, сигнальных вышек; транспортировка и установка снегозадерживающих щитов
35	Бетонолом	Обрубка краев асфальтобетонных покрытий, вырубка поврежденных мест при ямочном ремонте

36	Керноотборник	Высверливание кернов в покрытиях автомобильных дорог для последующих лабораторных испытаний
37	Водяной насос	Перекачивание и транспортировка жидкости
38	Малогобаритная фреза	Срезка дерна и мелкого кустарника с обочин и откосов, планировка растительного грунта на газонах
39	Рыхлитель	Рыхление грунта вокруг деревьев, зеленых насаждений в полосе отвода, вспашка и подготовка почвы перед посадкой саженцев
40	Телескопическая раздвижная лестница	Осмотр, ремонт и окраска искусственных сооружений, павильонов и других объектов, замена светильников и т.д.

Специальные машины для содержания обочин и откосов автомобильных дорог предназначены для выполнения комплекса работ, включающих срезку растительности, планировку поверхности, погрузку срезанной растительности и грунта и подметание проезжей части. Соответствующая операция машина выполняет в результате наличия следующих узлов: фрезы, транспортирующего шнека ленточного конвейера и щетки. Фреза срезает растительность и перемещает ее к транспортирующему шнеку. Последний подает материал на ленточный конвейер, который погружает его в кузов самосвала, идущего параллельно с машиной. Заключительной операцией при необходимости может быть подметание. Производительность выпускаемой машины 350 м³/ч; скорость передвижения от 2,56 м/мин до 25,6 км/ч; ширина захвата фрезы 1500 мм; наклон фрезы 105°; ширина конвейера 500 мм; высота разгрузки 2800 мм; вылет 2350 мм. Производительность конвейера 35 т/ч. Ширина захвата щетки 3000 мм. Габаритные размеры машины 1100?3870 (транспортная 3000?3200) мм. Масса машины 6800 кг.

При расчете конструкций машин для ухода за зелеными насаждениями определяют устойчивость машины, рассчитывают сопротивление и потребную мощность привода, а также основные узлы и детали установок на прочность и долговечность. Важным разделом расчета является определение оптимальных параметров режущего элемента и режима его работы.

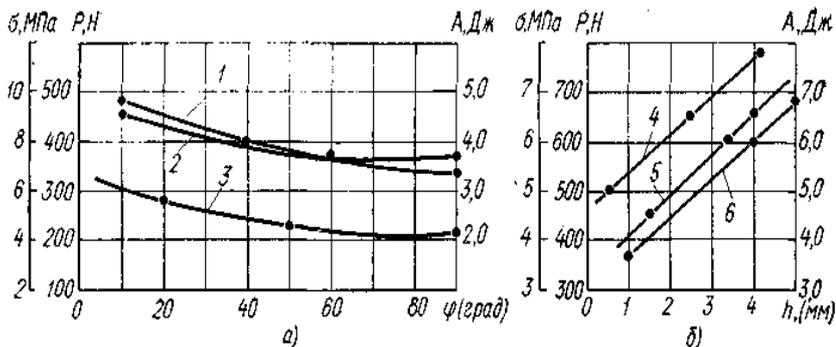


Рис. 2.34. Зависимость усилия резания P , работы A и напряжения среза σ от угла резания φ (а) и толщины ножа h (б):

1 - $P = f(\varphi)$; 2 - $A = f(\varphi)$; 3 - $\sigma = f(\varphi)$; 4 - $\sigma = f(h)$; 5 - $A = f(h)$; 6 - $P = f(h)$

На параметры лезвия и режим рабочего оборудования существенно влияют физико-механические свойства стеблей кустарника. Режущее усилие зависит от угла встречи вектора действующей силы с направлением перерезаемых волокон. При уменьшении этого угла сопротивление срезу у сельскохозяйственных растений снижается на 60%, а работа резания – на 30% (по сравнению с резанием перпендикулярно волокнам).

Исследования позволили установить, что у кустов диаметром до 12 мм удельное сопротивление перерезанию равно 4,8...5,2 МПа для больших диаметров (свыше 12 мм) и 7...14 МПа для малых диаметров. При торцовом перерезании стебля для наиболее распространенного диаметра стебля 2...15 мм усилие резания P изменяется в зависимости от диаметра от 50 до 600 Н. Работа резания A для того же диапазона диаметров составляет 3...40 Дж. Временное сопротивление перерезанию (удельное сопротивление перерезанию) изменяется при малых диаметрах стеблей из-за большого числа перерезания стеблей и остается почти без изменения при больших диаметрах, $\sigma = 4,5...14$ МПа.

Лезвие резца характеризуется следующими параметрами:

φ - углом между передней кромкой лезвия и задней гранью лезвия;

φ_1 - углом между задней кромкой и задней гранью лезвия;

h - толщиной лезвия.

Для получения чистого среза задний угол резца ϕ_1 должен быть равен нулю. В противном случае вертикальная составляющая давит на стебель, который во время резания прогнется (вниз), что увеличивает силу трения и ухудшает качество среза. С увеличением скорости резания влияние заднего угла уменьшается. С увеличением угла заточки на 33% усилие резания увеличивается на 5%, работа – на 8% и удельное сопротивление перерезанию – на 7%. Углы заточки менее 18° и более 30° применять нецелесообразно. При 18° уменьшается жесткость лезвия и начинаются вибрации при работе, что приводит к его выкрашиванию; выше 30° сила резания и удельная работа перерезанию начинают интенсивно возрастать.

Для наиболее распространенного диаметра стеблей кустарника (2...15 мм) усилие резания меняется в зависимости от диаметра соответственно от 20 до 1000 Н. Удельное сопротивление перерезанию составляет 3...16 МПа, причем для более твердых пород кустарника (вяз, боярышник и т.д.) колебания удельного сопротивления в зависимости от перерезаемого диаметра будут ниже, нежели у более мягких пород (жасмин, бузина и т.д.). При наклонных и косых срезах работа резания уменьшается в среднем на 25...35 %, а удельное сопротивление перерезанию – на 28...30 %.

Поэтому желательно, чтобы режущий инструмент перерезал стебель под углом, а не нормально к его поверхности. Это возможно при работе измельчающей фрезы. При перерезании со скольжением усилие резания по сравнению с резанием без скольжения уменьшается на 20%, а удельное сопротивление перерезанию на 45%. Лезвие рабочего органа для стрижки кустарников должно иметь следующие геометрические параметры: угол между передней кромкой лезвия и его задней гранью (угол заточки) $19...24^\circ$; угол между задней кромкой и задней гранью лезвия (задний угол) 0° ; толщина лезвия 2...2,5 мм. С увеличением влажности на 10% удельное сопротивление перерезанию для кустарников понижается на 10...12 %. Оптимальная скорость резания при безопасном резании составляет 9...12, при опорном 2,5...3,5 м/с.

За последнее время все большее внимание уделяется изучению режущих аппаратов, работающих по принципу безопасного среза.

Преимущество такого способа резания, помимо повышения производительности и отсутствия знакопеременных инерционных нагрузок, заключается в том, что при нормальной работе аппарата место среза получается достаточно чистым, без смятия и расщепления стебля вблизи плоскости среза. Известно, что материал режется лучше тогда, когда лезвие ножа одновременно с движением внутрь материала перемещается относительно поверхности среза перпендикулярно направлению резания (имеется в виду скользящее резание).

Сочетание удара и скольжения при резании, очевидно, явилось бы оптимальным вариантом работы безынерционного режущего аппарата. Предполагается, что при резании скользящим движением часть силы трения переносится в плоскость, перпендикулярную к направлению разреза, в результате чего на лезвие действует меньшая сила трения и оно легче проникает в толщу разрезаемого материала.

Экспериментально доказано, что наименьшая удельная работа резания достигается при угле скольжения, равном 0° (угол между нормалью к лезвию и направлением его перемещения), т.е. при рубящем действии лезвия.

Анализ выполненных исследований позволяет сделать вывод, что оптимальной кривой, образующей лезвие ротационного рабочего органа, обеспечивающей ударно-скользящий срез, является спираль Архимеда, полюс которой совпадает с центром вращения системы. При этом после перерезания растение плоскостью лезвия отбрасывается в сторону, тем самым устраняется дополнительное измельчение стеблей, приводящее к повышению потребной мощности.

Количество лезвий ротационного режущего аппарата при безопорном срезе рекомендуют определять по следующей формуле:

$$Z = \frac{2\pi\vartheta_M}{h\omega},$$

где ϑ_M - скорость поступательного движения машины в м/с;

h - высота лезвия в м;

ω - угловая скорость в с^{-1} .

Коэффициент, учитывающий наложение зон среза двух лезвий, образующих участки перекрытия, по которым сравнивают работу ротационного режущего аппарата:

$$K_{\Pi} = \frac{4R\vartheta_{\Pi}\alpha'_{\Pi}}{\pi \cdot h\omega \cdot (R + r)},$$

где R - радиус диска в м;

α'_{Π} - угол между двумя последовательно работающими лезвиями, отсчитываемый против направления вращения, в рад;

r - радиус кривизны кривой лезвия в м.

Наиболее используется режущая кромка лезвия в момент, когда направление скорости лезвия совпадает с направлением перемещения аппарата. Наиболее длинный участок режущей кромки, осуществляющей срез, определяют из соотношения

$$\frac{l_{с.р}}{l_{к}} = \frac{\alpha'_{\Pi}\vartheta_{\Pi}}{\omega \cdot h},$$

где $l_{с.р}$ - наиболее длинный участок режущей кромки, осуществляющей срез, в м;

$l_{к}$ - длина режущей кромки в м.

Угловая скорость ротационного диска (в 1/с), обеспечивающая нормальную работу аппарата:

$$\omega = \frac{\vartheta_{рез}\pi}{(R - r_{Н})},$$

где $\vartheta_{рез}$ - скорость резания в м/с;

$r_{Н}$ - радиус диска по впадине зуба в м.

Скорость резания

$$\vartheta_{рез} = \frac{(R - r_{Н})n}{30}, \text{ м/с,}$$

где n - частота вращения диска в мин^{-1} .

Величина $\vartheta_{\text{рез}}$ не должна быть меньше величины $\vartheta_{\text{м}}/\text{tg}\varphi$, где φ – угол между равнодействующей векторов скорости поступательного движения машины и скорости резания и вектором скорости резания, направленным перпендикулярно к вектору скорости поступательного движения. Схема режущего аппарата ударно-скользящего среза приведена на рис. 2.35.

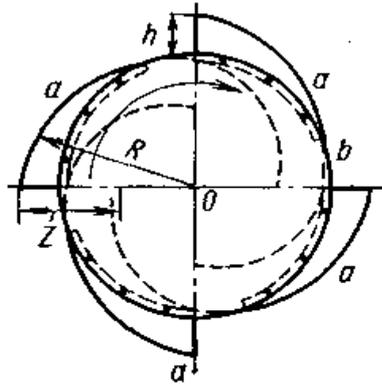


Рис. 2.35. Схема режущего аппарата ударно-скользящего среза

Режущие аппараты типа «многоножевой сектор» используют для подрезания кронок кустарников.

Основными факторами, влияющими на процесс перерезания стебля между двумя лезвиями, является форма режущих кромок лезвий и характер расположения лезвий относительно друг друга.

В режущих аппаратах типа «косилка» обычно применяют лезвийные пары, имеющие одно «активное» (подвижное лезвие) – лезвие режущего сегмента и другое «пассивное» (неподвижное лезвие) – лезвие противорежущей пластины. Резание в данной конструкции происходит так, что кромки лезвия режущего сегмента перемещаются параллельно самим себе, и при наличии стебля между активной и пассивной кромками он будет перерезан в зависимости от усилия, прикладываемого к активному лезвию.

Для уменьшения усилия, прикладываемого к лезвию при перерезании стебля, кромки активного и пассивного лезвий располагают под некоторым углом друг к другу, чем достигается скользящее лез-

вие. Отмечено, что процесс резания может быть облегчен скользящим движением. При резании скользящим движением силы трения переносятся в плоскость, перпендикулярную направлению разреза. В результате на лезвие действует меньшая сила трения и оно легче проникает в толщу разрезаемого материала.

Мощность на привод в действие режущего аппарата косилки (в кВт)

$$N = (N_1 + N) / 2 .$$

Первое слагаемое учитывает расход мощности на преодоление сил инерции ножа, т.е.

$$N_1 = \frac{m\omega^3 r^2}{102g} ,$$

где m - масса ножа в кг;

ω - угловая скорость вращения кривошипа в рад/с;

r - радиус кривошипа в м.

Частота вращения эксцентрика в среднем составляет 700...800 мин⁻¹.

Второе слагаемое в формуле, учитывающее мощность, расходуемую на преодоление сопротивления резания (в кВт):

$$N_2 = \frac{P\vartheta}{1000} ,$$

где P - сопротивление резанию в Н;

ϑ - скорость резания в м/с.

Величина P (в Н)

$$P = k_p l ,$$

где k_p - удельное сопротивление резанию, принимаемое равным 750 Н/м;

l - ширина захвата косилки в м, равная для дорожных косилок 2...3 м;

η - КПД привода ножевой системы.

Скорость резания определяют по заданной частоте вращения кривошипа и его размерам:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60},$$

где D - диаметр кривошипа в м, $D = 2r$ (r – радиус кривошипа, равный 0,03-0,04 м).

Расчет ножевой полосы на прочность начинается с определения расчетной силы, действующей на нож. При работе на нож действуют силы инерции, сопротивления резанию и трения. Наибольшее расчетное разрывное усилие (в Н)

$$P_p = K_d (mj_{\max} + k + fmg)l,$$

где K_d – коэффициент динамичности;

m – масса 1 м длины ножа в кг;

j_{\max} – ускорение ножа в м/с²;

f – коэффициент трения ножа в направляющих ($f = 0,06$);

g – ускорение свободного падения;

l – длина полосы ножа в м.

Оборудование для укрепления откосов земляного полотна (гидросеялки)

Для обеспечения устойчивости откосов насыпей и выемок необходимо качественное и своевременное их укрепление. Откосы земляного полотна там, где не требуется специальных работ, укрепляют в основном травосеянием с добавлением растительного грунта. Этот метод трудоемок и его механизация сложна. ЦНИИСом Минтрансстроя разработан метод крепления откосов земляного полотна и водоотводов гидropосевом многолетних трав с мульчированием без использования растительного грунта.

Тщательно перемешанную рабочую смесь, состоящую из семян многолетних трав, минеральных удобрений, мульчирующего и

пленкообразующего материалов и воды, наносят на откосы насыпей и выемок. Мульчирующий и пленкообразующий материалы создают на откосе благоприятный для прорастания и развития трав влажностно-температурный режим. Пленка, которая образуется на откосе, предохраняет его от водной и ветровой эрозии. Применение этого способа для укрепления откосов земляного полотна и водоотводов в сравнении с существующими дает экономию по стоимости на 30%, а по трудоемкости на 70%.

3. МАШИНЫ ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

3.1. Конструкция плужно-щеточных снегоочистителей

Плужно-щеточные снегоочистители предназначены для очистки дорожных покрытий от свежес выпавшего неуплотненного снега. С помощью отвала, обычно установленного впереди машины, сгребается и смещается в сторону основной слой снега. Оставшийся слой снега высотой около 10...20 мм подметается щеткой и отбрасывается в сторону. В связи с тем, что это оборудование не оказывает заметного влияния на показатели использования грузоподъемности базового шасси автомобиля, его выполняют сменным, монтируемым на зимний период.

Наибольшее распространение получило плужно-щеточное оборудование, смонтированное на поливочно-моечной машине ПМ-130 (рис. 3.1). Плужное оборудование этой машины состоит из поворотного отвала, сцепной и толкающей рам, механизма подъема плуга. Поворотная рама сварена в виде дуги из профилей, приваренных к отвалу, которые имеют отверстия для фиксации отвала в определенном положении на сцепной раме и по отношению к продольной оси машины. Отвал плуга сварной конструкции в виде каркаса из уголка с приваренным к нему стальным изогнутым листом. К нижнему продольному элементу каркаса болтами прикреплены сменные резиновые ножи в виде отдельных секций.

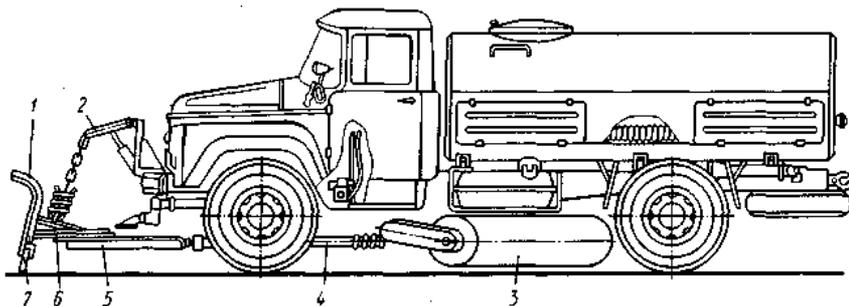


Рис. 3.1. Поливочно-моечная машина со снегоочистительным оборудованием:
 1 - отвал; 2 - механизм подъема плуга; 3 - цилиндрическая щетка;
 4 - толкающая рама; 5 - сцепная рама; 6 - поворотная рама; 7 - нож

Сцепная рама, изготовленная из отдельных профилей, служит опорой для отвала и соединяет отвал с толкающей рамой, состоящей из двух штанг. Сцепная и толкающая рамы соединены с помощью шаровых шарниров. Штанги толкающей рамы прикреплены к лонжеронам базового шасси и передают на них усилия, возникающие при работе плуга. Каждая штанга представляет собой телескопическое соединение двух труб, между которыми размещены амортизирующие пружины. Каждая из штанг, кроме того, имеет скользящую подвеску к балке передней оси базового шасси. Плуг поднимается в транспортное положение с помощью подъемной рамки, закрепленной шарнирно на сварной раме, установленной на бампере шасси. Подъемная рамка, перемещаемая гидроцилиндром, соединена с отвалом с помощью цепи с амортизатором.

Снегоочистительное щеточное оборудование состоит из цилиндрической щетки, ее рамы, механизмов привода щетки и ее перемещения в рабочее и транспортное положение. Каркас цилиндрической щетки представляет собой трубу с фланцами по концам. На трубе расположена стальная профилированная лента, в которую уложен стальной или капроновый ворс, прикрепленный к каркасу щетки стальным канатом. Концы каната закреплены на фланцах болтами. Щетка на подшипниках может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси.

Рама щетки состоит из двух поперечных труб и боковых соединяющих щек. Верхняя труба рамы закреплена на лонжеронах автомобиля и на шарнирной подвеске несет нижнюю трубу. Нижняя труба прикреплена болтами к щекам рамы. В нижней части щек установлены гнезда подшипников, к которым на болтах с помощью фланцев прикреплена щетка. В верхнюю трубу рамы щетки вмонтирован конический редуктор ее привода. Ведущий вал редуктора передает крутящий момент к левой опоре рамы на ведущую звездочку цепной передачи щетки. Цепная передача заключена в кожух и снабжена натяжным устройством. Рама щетки с помощью кронштейна соединена с механизмом подъема. Для подъема щетки в транспортное положение служит гидроцилиндр. Давление щетки на дорожное покрытие и, следовательно, деформацию ворса можно изменять, регулируя длину цепи, на которой подвешена щетка. Щетка получает вращение от двигателя базового шасси с помощью коробки отбора мощности, карданной передачи и конического редуктора.

Более современной является машина М1К-5337 на базе МАЗ-5337 (рис. 3.2).

Гидросистема служит для подъема плуга и щетки и состоит из масляного насоса, приводимого во вращение коробкой отбора мощности, двух секций распределителя (по числу гидроцилиндров и гидрозамков этих цилиндров). Такое же по конструкции снегоочистительное оборудование установлено на распределителе технологических материалов – машина КО-105. Кроме этих двух машин промышленность изготавливает плужно-щеточное оборудование, входящее в комплект оборудования снегоочистителя КО-707, а также сменное оборудование, устанавливаемое на универсальную уборочную машину КО-705.

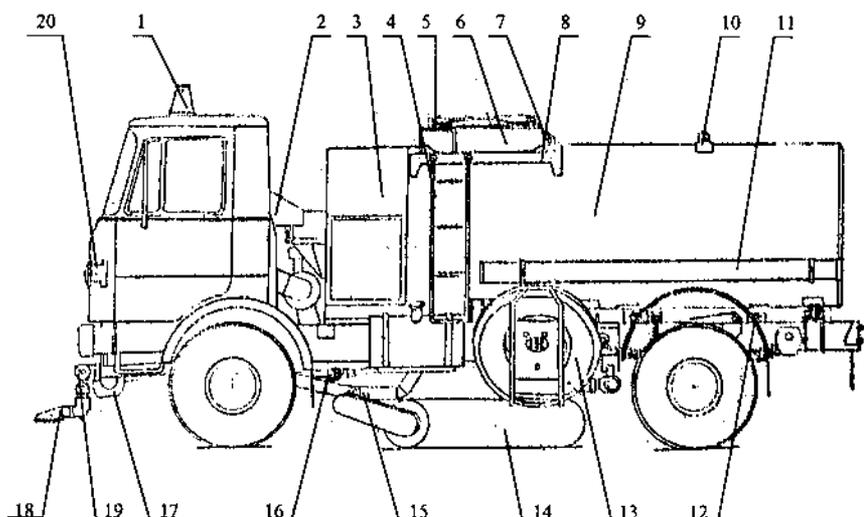


Рис. 3.2. Машина МДК-5337 (летний вариант):

- 1 – маячок проблесковый; 2 – кожух тяг управления гидрораспределителями;
 3 – шкаф спецоборудования; 4 – лестница; 5 – поручень; 6 – горловина цистерны;
 7, 10 – узел такелажный; 8 – площадка; 9 – цистерна; 11 – пенал; 12 – крыло заднее;
 13 – колесо запасное; 14 – щетка; 15 – трубопровод; 16 – карданный вал привода
 шестеренного насоса; 17 – агрегат насосный; 18 – насадок поворотный;
 19 – трубопровод всасывающий; 20 – фара

Снегоочистительное оборудование машины КО-707 (рис. 3.3) смонтировано на базе трактора МТЗ-80 и также состоит из плуга и цилиндрической щетки. Плуг, смонтированный спереди трактора, по устройству аналогичен плугу, описанному выше. Основным отличием этого оборудования является подвеска цилиндрической щетки, размещенной за задними колесами трактора. Снегоочистительная щетка состоит из самой щетки, ее рамы, системы вывешивания, механизмов ее привода и подъема. Цилиндрическая щетка из стального или капронового ворса смонтирована на раме, шарнирно подвешенной к трубчатой конструкции. Конструкция прикреплена к основной раме оборудования. В трубчатую конструкцию вмонтирован конический редуктор привода щетки, и через нее проходит ведущий вал, оканчивающийся звездочкой цепной передачи привода щетки.

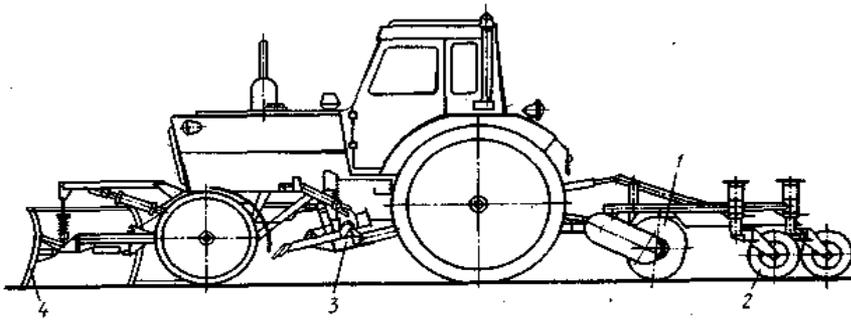


Рис. 3.3. Снегоочиститель КО-707 с плужно-щеточным оборудованием:
1 - цилиндрическая щетка; 2 - опорные колеса; 3 - скалыватель; 4 - плуг

На раме щетки закреплена опорная подвеска, состоящая из металлоконструкции и двух колес, размещенных за щеткой. Каждое из колес имеет механизм для регулирования положения колеса по высоте. Таким образом, путем регулирования положений колес, перемещающихся по очищенному щеткой дорожному покрытию, изменяется давление щетки на дорогу и, следовательно, степень деформации ворса. Несмотря на некоторое усложнение конструкции щетки, наличие опорных колес делает более доступным регулирование деформации ворса и, следовательно, обеспечивает необходимое качество очистки от снега при минимально возможном износе ворса. Щетка в рабочее и транспортное положения перемещается гидродоцилиндром и рычагами задней подвески трактора.

Для привода щетки используют задний вал отбора мощности трактора и карданный вал, который передает крутящий момент конечному редуктору и цепной передаче привода щетки.

На универсальной уборочной машине КО-705 плуг, имеющий аналогичную конструкцию, подвешен с помощью специального кронштейна к передней раме базового трактора.

Техническая характеристика плужно-щеточных снегоочистителей приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1

**Техническая характеристика плужно-щеточных
снегоочистителей**

Показатель	ПМ-130	КО-002	КО-105	КО-705	КДМ-130	КО-707
Базовое шасси	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130	Т-40АП	ЗИЛ-130	МТЗ-80
Ширина очищаемой полосы, м отвалом	2,5	2,5	2,5	2,17	2,5	2,15
щеткой	2,3	2,3	2,3	1,8	2,3	1,8
Рабочая скорость, км/ч	10-20	10-20	10-20	До 10	До 30	До 15
Наибольшая высота сгребаемого слоя, м	0,25	0,25	0,25	0,4	0,25	0,5
Наибольший диаметр щетки, мм	520	520	520	500	500	560
Угол установки, °: щетке	62	62	60	60	60	60
отвала	55	55	55	55	50	60
Размеры машины, мм длина	7725	7720	8800	6850	9450	6345
ширина	3000	3000	2820	2280	2790	2600
высота	2350	2700	2400	2520	2755	2470
Масса оборудования, кг	600	690	690	585	650	600

**3.2. Основы расчета плужно-щеточных
снегоочистителей**

Расчет плужно-щеточного снегоочистителя включает в себя определение параметров и режимов работы плуга и щетки, тяговых характеристик процесса снегоочистки и мощности, необходимой для работы машины.

Плуг устанавливают в передней части базового шасси, цилиндрическую снегоочистительную щетку – в межбазовом пространстве или сзади шасси. Последний вариант размещения щетки позволяет применить цилиндрические щетки большего диаметра, чем при установке их в межбазовом пространстве. В этом его преимущество.

Ширина полосы, очищаемой машиной, определяется размерами базового шасси. Обычно принимают, что цилиндрическая щетка должна прометать полосу шириной B_c (м):

$$B_c = B + (0,1...0,2),$$

где B - расстояние между внешними поверхностями задних колес базового шасси, м.

Далее принимают следующее соотношение между шириной захвата щетки B_c и плуга B_{Π} (м):

$$B_{\Pi} = B_c + (0,2...0,3).$$

Основной функцией плуга является сгребание снега и направление его в сторону от очищаемой полосы. Схема сил, действующих при его работе, изображена на рис. 4.3, гл. 4. Упрощенно принимаем, что при сгребании свежеснегавшего неуплотненного снега частицы снега во время движения перед отвалом будут отклоняться от перпендикуляра к поверхности отвала на угол δ в сторону сдвигания, т.е.

$$\operatorname{tg} \delta = f_1,$$

где f_1 - коэффициент трения о поверхность отвала.

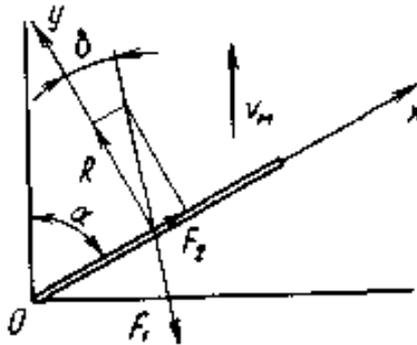


Рис. 3.4. Схема сил, действующих при работе плуга

Эффективность сдвигания снега отвалом обычно оценивают по коэффициенту эффективности

$$\eta_0 = \cos(\alpha + \delta),$$

где α - угол захвата, который принято называть углом между направлением скорости движения машины и поверхностью отвала;
 $\delta = \arctg f_1$.

Оптимизация по значению коэффициента эффективности η_0 установки отвала показывает, что η_0 приобретает максимальное значение при $\alpha = 43...38^\circ$.

Угол резания у сгребающего плуга принимается равным $75...80^\circ$. Цилиндрическую щетку, сметающую слой снега высотой 10...20 мм, который остался после работы отвала, обычно устанавливают под углом около 60° .

Важнейшими параметрами щетки являются ее внешний диаметр и диаметр ворса. Диаметр щетки принимают в пределах 0,55...0,75 м. Количество ворса, закрепляемого на сердечнике щетки, определяют так же, как и для подметально-уборочных машин. Для данного оборудования рекомендуется принимать для стального ворса $d = 0,08...0,1$ см, для ворса из капронового моноволокна $d = 0,3...0,35$ см; коэффициент равномерности $K_p = 2,5...3$.

3.3. Конструкции роторных снегоочистителей

Роторные снегоочистители предназначены для выполнения ряда работ по снегоочистке и удалению снега: формирования валов снега, отбрасывания снега на свободные площади направленной переброски и укладке снега, погрузки снега из валов и куч в транспортные средства.

В настоящее время получили распространение пять принципиальных схем рабочих органов роторных снегоочистителей (рис. 3.5), которые, в свою очередь, разделены на две группы: рабочие органы совмещенного типа и рабочие органы раздельного типа.

В рабочих органах совмещенного типа разработку валов снега и его отбрасывание в сторону выполняет один и тот же рабочий орган. В отличие от этого рабочий орган раздельного типа состоит из двух устройств – одно разрабатывает снег и подает его в другое, которое и отбрасывает снег. Прочность снега в валах на городских

дорогах различна. Поэтому наиболее важным требованием к рабочему органу для роторных снегоочистителей, применяемых в городских условиях, является способность разработки снега большой прочности. Наиболее полно этому требованию отвечает рабочий орган фрезерно-роторного типа, у которого разработка валов снега обеспечивается фрезой с горизонтальной осью вращения, а отбрасывание снега – ротором.

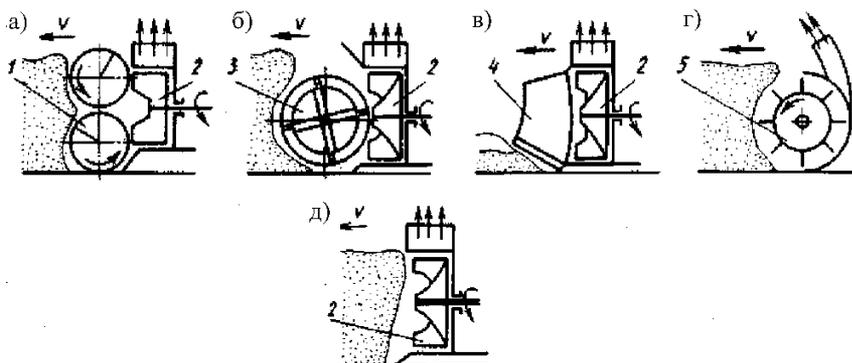


Рис. 3.5. Схемы рабочих органов роторных снегоочистителей:
 а - шнекороторный; б - фрезерно-роторный; в - плужно-роторный;
 г - фрезерный; д - роторный;
 1 - шнек; 2 - ротор; 3 - фреза; 4 - отвал; 5 - фрезерный барабан

В связи с тем, что заводы коммунального машиностроения в настоящее время изготавливают роторный снегоочиститель для зимней уборки всего одного типа, в городах применяют роторные снегоочистители, предназначенные для содержания автомобильных дорог и аэродромов. Из этих машин наибольшее распространение получили два снегоочистителя шнекороторного типа – ДЭ-210 и ДЭ-211. Эти снегоочистители с аналогичными рабочими органами различаются устройством привода.

Шнекороторный снегоочиститель ДЭ-210 смонтирован на автомобильном шасси ЗИЛ-131 по одномоторной схеме (рис. 3.6). Двигатель автомобильного шасси демонтирован, и для привода рабочего органа снегоочистителя и ходового оборудования базового шасси использован один дизельный двигатель. Специальное оборудование машины состоит из рабочего органа, его корпуса, механизмов под-

вески рабочего органа, гидрооборудования, механизмов привода рабочего органа и ходового оборудования базового шасси.

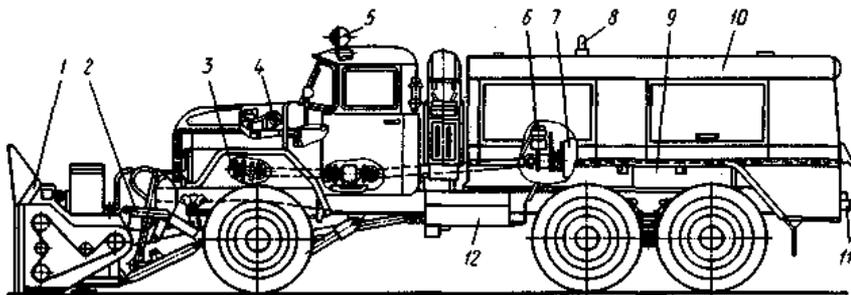


Рис. 3.6. Шнекороторный снегоочиститель ДЭ-210:

- 1 - рабочий орган; 2 - подвеска рабочего органа; 3 - трансмиссия рабочего органа; 4 - система обогрева; 5 - фара; 6 - система пневмомоторов;
- 7 - двигатель; 8 - сигнальный огонь; 9 - подрамник; 10 - капот;
- 11 - удлинитель рамы шасси; 12 - аккумуляторы

Рабочий орган установлен с помощью механизма подвески впереди автомобиля и прикреплен к лонжеронам базового шасси.

Он состоит из двух шнеков и ротора. Эти механизмы помещены в корпусе рабочего органа. В передней части корпуса один над другим размещены два шнека, направление витков которых обеспечивает перемещение разработанного снега к продольной оси машины. Корпус сварной цельнометаллический, в рабочем положении опирается на лыжи. В задней части корпуса имеются лобовой лист с отверстием и четыре проушины, служащие для соединения корпуса с механизмом подвески. На корпусе закреплен редуктор привода рабочего органа. Шнеки смонтированы на боковинах корпуса на самоустанавливающихся подшипниках. Ротор представляет собой звездообразную литую ступицу с шестью отверстиями, к которым болтами прикреплены лопасти ротора. Кожух ротора представляет собой улиткообразную конструкцию, состоящую из обечайки, имеющей патрубок для выбрасывания снега, и задней стенки. Рабочий орган вместе с корпусом присоединен к механизму подвески, который состоит из рамы, двух рычагов и двух гидроцилиндров подъема рабочих органов. Для погрузки снега в транспортные средства рабочий орган снабжен погрузочным желобом, который соединен с отверстием выбросного патрубка кожуха ротора.

Гидравлическая система машины включает в себя шестеренный насос, три гидроцилиндра, два из которых служат для перемещения рабочего органа в рабочее положение и транспортное положение и один – для поворота кожуха ротора, и другое оборудование. Механизмы машины приводятся в работу дизелем с помощью карданных валов и раздаточного редуктора, который передает крутящий момент коробке передач автомобиля и редуктору рабочего органа (рис. 3.7). Этот редуктор имеет одну пару конических шестерен и верхний ведомый вал, на котором закреплена ступица ротора. Ведущий вал с помощью карданного вала передает крутящий момент звездочке двухрядной цепной передачи привода шнеков.

Роторный снегоочиститель ДЭ-211, монтируемый на автомобиле Урал-375, отличается от машины ДЭ-210 системой привода, которая выполнена по двухмоторной схеме. На раме базового шасси установлен второй дизельный двигатель, служащий для привода механизмов специального оборудования. Второй двигатель с помощью карданного вала и специальной муфты передает крутящий момент трехвальному промежуточному редуктору, который, в свою очередь, карданными валами приводит в работу редуктор рабочего органа, имеющий цилиндрическую и коническую пары шестерен. Общий вал цилиндрической и конической шестерни несет на свободном конце ступицу ротора. Ведущая коническая шестерня с помощью карданного вала обеспечивает передачу крутящего момента цепной передаче привода шнеков рабочего органа.

В настоящее время в эксплуатации имеется некоторое количество снегоочистителей Д470 и Д450. Шнекороторный снегоочиститель Д-470, монтируемый на шасси автомобиля ЗИЛ-157, послужил базой при создании машины ДЭ-210. Более мощной машиной является снегоочиститель Д-450 на базе автомобиля МАЗ-502. Он предназначен для разработки больших по высоте валов снега, в связи с чем его рабочий орган снабжен тремя шнеками. Машина выполнена по двухмоторной схеме; дополнительный двигатель служит только для привода специального оборудования.

В табл. 3.2 приведена характеристика шнекороторных снегоочистителей.

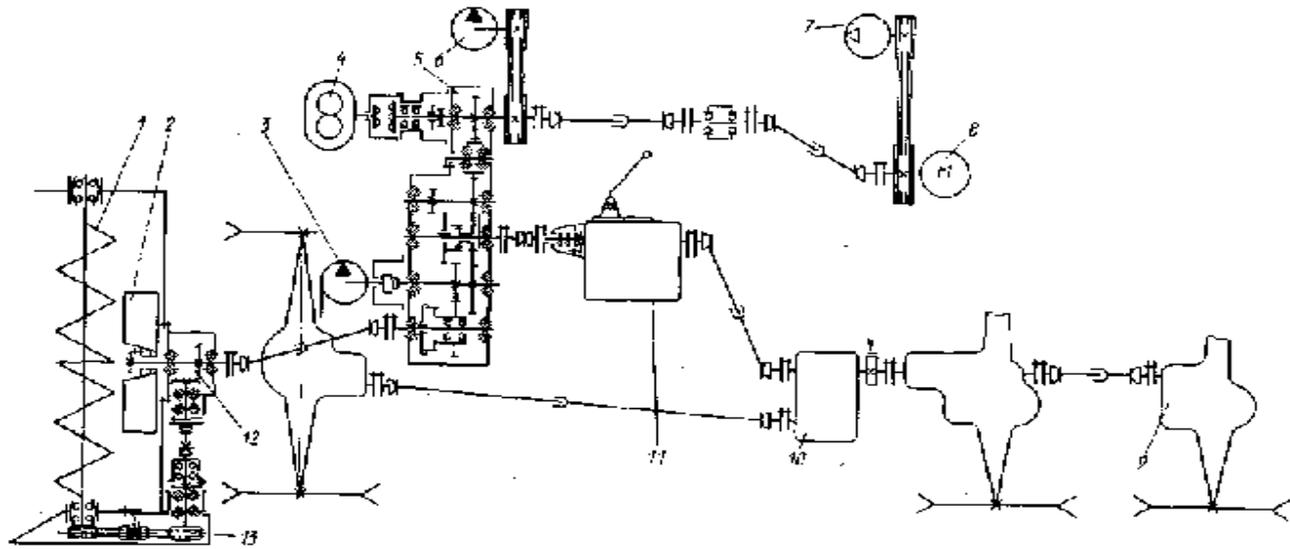


Рис. 3.7. Кинематическая схема снегоочистителя ДЭ-210:

- 1 - шнек; 2 - ротор; 3 - насос; 4 - гидронасос; 5 - раздаточный редуктор; 6 - насос гидроусилителя; 7 - компрессор;
 8 - двигатель; 9 - задний мост; 10 - раздаточная коробка; 11 - коробка передач; 12 - редуктор рабочего органа;
 13 - цепная передача

Таблица 3.2

Техническая характеристика шнекороторных
снегоочистителей

Показатель	ДЭ-210	ДЭ-211	Д-470	Д-450
Базовое шасси	ЗИЛ-131	Урал-375Е	ЗИЛ-157КЕ	МАЗ-502
Мощность двигателя, кВт	184	132+294	110	132+221
Ширина захвата, м	2,56	2,81	2,52	2,76
Наибольшая высота убираемого слоя снега, м	1,3	1,5	1,2	1,7
Средняя дальность отбрасывания, м	24	37	24	25
Ротор: диаметр, мм	978	1220	975	1220
частота вращения, об/мин	422	403	425	338
Шнеки: диаметр, мм	450	550	450	450
частота вращения, об/мин	354	302	318	352
Угол наклона патрубка ротора к поверхности дороги, ?: вправо	19	15	—	15
влево	44	35	—	35
Минимальная рабочая скорость, км/ч	0,3	0,452	0,3	0,77
Размеры, мм: длина	8550	10050	8000	8750
ширина	2670	2810	2570	2800
высота	2700	2940	2530	2950
Масса, кг	10820	15200	8820	13600

3.4. Основы расчета роторных снегоочистителей

В расчет машин этого назначения входит определение параметров и режимов работы основных исполнительных органов машин – питателя, осуществляющего разработку вала или слоя снега и его подачу к ротору, и ротора-метателя, отбрасывающего снег в сторону или загружающего его в транспортные средства. На основании результатов расчета определяют мощность, необходимую для работы ротора и питателя машины.

Мощность для работы снегоочистителя обычно определяют по заданной производительности и корректируют по этому показателю, а также по мощности силовой установки машины.

Определение параметров ротора. Для определения параметров ротора исходными являются данные, полученные в результате анализа закономерностей движения снега при его взаимодействии с лопастью ротора. Для упрощения анализа рассмотрим движение частицы снега по лопасти, считая эту частицу невесомой (рис. 3.8). Как известно, лопасти ротора могут иметь радиальное положение и отклонения от него вперед или назад по отношению к направлению вращения ротора.

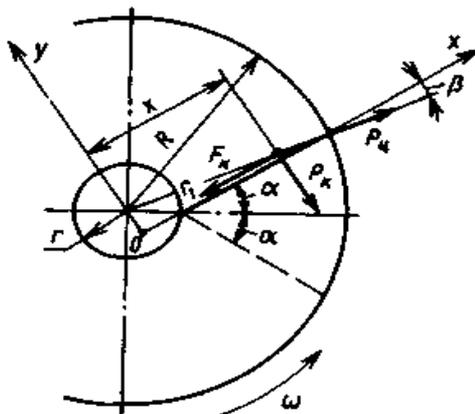


Рис. 3.8. Схема действия сил на частицу снега в роторе

Частица снега, попадая на ротор, будет увлечена во вращение и затем при прохождении ротором окна разгрузки будет перемещаться вдоль лопасти. При этом на частицу снега действуют (с учетом принятого допущения, так как сила тяжести мала по сравнению с другими действующими на нее силами) центробежная сила $P_{ц}$, кориолисова сила инерции $P_{к}$ и сила трения, вызываемая действием центробежной силы $P_{ц}$ (при отклонении лопасти от радиального положения) и кориолисовой силой $P_{к}$ соответственно. С учетом принятых обозначений, при отклонении лопасти вперед по направлению вращения уравнения движения имеют вид

$$x_B = \frac{r(\cos\alpha + f\sin\alpha)}{K_1 + K_2} \left\{ K_2 e^{\omega K_1 t} + K_1 e^{-\omega K_2 t} \right\} + fr\sin\alpha;$$

$$v_{XB} = \frac{dx}{dt} = \frac{r(\cos\alpha - f\sin\alpha)}{K_1 + K_2} \omega K_1 K_2 \left\{ e^{\omega K_1 t} - e^{-\omega K_2 t} \right\},$$

где r - радиус ступицы ротора, м;

$$K_1 = \sqrt{f^2 + 1} - f; \quad K_2 = \sqrt{f^2 + 1} + f,$$

где f - коэффициент трения снега о материал лопасти ротора;

ω - угловая скорость ротора, 1/с;

t - время движения, с.

Для получения уравнения движения при отклонении лопасти назад следует подставить в полученные выражения значения α со знаком минус, что дает

$$x_H = \frac{r(\cos\alpha - f\sin\alpha)}{K_1 + K_2} \left\{ K_2 e^{\omega K_1 t} + K_1 e^{-\omega K_2 t} \right\} - fr\sin\alpha;$$

$$v_{XH} = \frac{dx}{dt} = \frac{r(\cos\alpha - f\sin\alpha)}{K_1 + K_2} \omega K_1 K_2 \left\{ e^{\omega K_1 t} - e^{-\omega K_2 t} \right\}.$$

При радиальном положении лопастей в уравнение движения следует подставить $\alpha = 0$. Тогда уравнение движения для радиального положения будет иметь вид

$$x = \frac{r}{K_1 + K_2} \left\{ K_2 e^{\omega K_1 t} + K_1 e^{-\omega K_2 t} \right\};$$

$$v_X = \frac{dx}{dt} = \frac{r\omega K_1 K_2}{K_1 + K_2} \left\{ e^{\omega K_1 t} - e^{-\omega K_2 t} \right\}.$$

Под углом разгрузки понимают угол, на который должна повернуться лопасть метателя, чтобы ее покинули все частицы снега и в

том числе самые удаленные от конца лопасти. При определении угла φ разгрузки можно использовать значения x, x_B, x_H .

При радиальном положении лопасти угол разгрузки $\varphi = \omega t$ будет равен

$$\varphi = \frac{1}{K_1} \ln \frac{R(K_1 + K_2)}{x_1 K_2},$$

где x_1 - расстояние от оси вращения ротора до ближайшей частицы снега, находящейся на лопасти, м.

Эту формулу получили в результате некоторых упрощений, т.е. приняв $K_1 e^{-\omega K_2 t} = 0$. Расчеты показывают, что погрешности, вызванные таким упрощением, не превышают 3-5 %. Угол разгрузки для ротора с лопастями, отклоненными вперед, может быть определен аналогично по формуле

$$\varphi_B = \frac{1}{K_1} \ln \frac{(R' - fr \sin \alpha)(K_1 + K_2)}{r(\cos \alpha - f \sin \alpha)K_2},$$

где R' - путь, который должна пройти частица снега прежде, чем покинуть лопасть ротора, м; $R' = \sqrt{R^2 - r^2 \sin^2 \alpha}$.

Для наиболее распространенных снегоочистителей угол разгрузки $\varphi \approx \pi/2$.

Важнейшим параметром снегоочистителя является дальность отбрасывания снега. Для приближенных расчетов можно использовать следующую зависимость, позволяющую определить дальность отбрасывания снега:

$$L_{\max} \approx v_p,$$

где v_p - окружная скорость конца лопасти ротора.

Эта зависимость справедлива при $v_p = 15...27$ м/с.

При работе машины энергия затрачивается на привод ротора, привод питателя и движение снегоочистителя.

Затраты энергии при работе ротора

$$A_{\Sigma} = A_c + A_{т.л} + A_{т.к} + A_y + A_{рез} ,$$

где A_c - работа, совершаемая при сообщении снегу кинетической энергии;

$A_{т.л}$ - работа, совершаемая при преодолении сил трения при движении снега по лопасти;

$A_{т.к}$ - работа, совершаемая при преодолении сил трения снега о кожух ротора;

A_y - работа, совершаемая при ударе ротора о снег;

$A_{рез}$ - работа, совершаемая при резании снега ротором.

Когда частица снега достигает выбросного отверстия в кожухе ротора и покидает лопасть, скорость ее складывается из скорости $v_{пер}$ переносного и v_x относительного движений.

При радиальном расположении лопастей значение A_{Σ} определяют следующим путем. Скорость абсолютного движения $v = \sqrt{v_{пер}^2 + v_x^2}$. Следовательно,

$$A_c = A_{с. пер} + A_{с. отн} .$$

Принимая с некоторым приближением, что относительная скорость

$$v_x = \omega K_1 x ,$$

затраты энергии (Дж) на сообщение кинетической энергии можно определить с помощью следующего выражения:

$$A_c = \frac{m'}{2} \omega^2 \left\{ R^2 + K^2 \left[R^2 - \left(\frac{2}{3} R + \frac{r}{3} \right)^2 \right] \right\} ,$$

где m' - масса снега, отбрасываемого ротором в единицу времени, кг.

Работа сил трения при движении снега по лопасти вызывается кориолисовой силой инерции:

$$A_{т.л} = F_{тр} (R - r), \text{ Дж},$$

или

$$A_{т.л} = \frac{m'}{6} f \omega^2 K_1 (R - r) \sqrt{R^2 - \left(\frac{2}{3}R + \frac{r}{3}\right)^2}.$$

Работу сил трения о кожух ротора определяют, предполагая, что лопасть будет загружаться равномерно и угол разгрузки $\varphi = \pi/2$:

$$A_{т.к} = \frac{m'}{2} \omega^2 f \frac{2}{3} \pi R \left(\frac{2R + r}{3}\right), \text{ Дж}.$$

В связи с тем, что загрузка ротора происходит равномерно, момент инерции снега, поступающего к ротору, весьма мал. Поэтому принимают $A_y = 0$. Затраты энергии, необходимой для резания снега ротором, учитывают обычно тогда, когда разрабатывается снег повышенных прочностных свойств. В этом случае затраты энергии в единицу времени

$$A_{рез} = b R_1 K_{ср} \frac{3}{2} \pi \left(\frac{R_1 + 2r}{2}\right) n_{л} n_{р}, \text{ Дж/с},$$

где b - подача ротора на один оборот и одну лопасть, м;

$$R_1 = R - r;$$

$K_{ср}$ - предел прочности снега при резании, Па;

$n_{л}$ - число лопастей ротора;

$n_{р}$ - частота вращения ротора, 1/с.

Как указывалось, наиболее распространены питатели фрезерного и шнекового типа. При работе таких питателей энергия $A_{р.л}$ затрачивается во время резания снега, $A_{п.л}$ - во время перемещений его

к ротору и $A_{с.п}$ – на сообщение снегу кинетической энергии при отбрасывании. Таким образом, работа, затрачиваемая при работе питателя:

$$A_{п\Sigma} = A_{п.п} + A_{р.п} + A_{с.п} .$$

Работу, затрачиваемую в течение одного оборота питателя при резании снега, и другие составляющие A_{Σ} определяют по формуле, аналогичной формулам, применяемым при расчете погрузчика с рабочим органом фрезерного типа:

$$A_{р.п} = BK_{ср} bR(1 - \cos\theta_0)z_n n_p ,$$

где B - ширина захвата питателя, м;

b - подача на виток фрезы за один оборот питателя, м;

R - радиус питателя, м;

z_n - число заходов фрезы;

n_p - частота вращения питателя, 1/с.

Работа, затрачиваемая в единицу времени для транспортирования снега вдоль оси питателя:

$$A_{п.п} = 0,5\Pi b f_2 g , \text{ Дж/с.}$$

Затраты энергии в единицу времени при отбрасывании снега определяют по формуле, приведенной в расчете погрузчиков с фрезерным питателем:

$$A_{с.п} = 0,5\Pi R^2 \omega^2 K_{ск} \sin^2 \alpha , \text{ Дж/с.}$$

Кроме того, при работе снегоочистителя возникают сопротивления, обусловленные движением машины. Сила сопротивления перекатыванию колес машины

$$W_I = (m_M - m_{р.о})g(f_{кач} + i) , \text{ Н,}$$

где m_M - масса машины, кг;

$m_{р.о}$ - масса рабочего органа, приходящаяся на дорогу, кг.

Сила сопротивления, возникающая при перемещении рабочего органа:

$$W_2 = m_{p.o}g(f + i), \text{ Н,}$$

где f - коэффициент сопротивления перемещению рабочего органа по дорожному покрытию.

Мощность, необходимая для привода ротора:

$$N_p = A_{\Sigma}/(1000\eta_p),$$

где η_p - КПД передачи от двигателя к ротору.

Мощность, необходимая для работы питателя:

$$N_{\Pi} = \frac{A_{\text{рез.п.1}} + A_{\text{с.п}}}{1000\eta_{\Pi}} + \frac{A_{\text{п.п}}\text{tg}(\alpha + \rho)}{1000\eta_{\Pi}\text{tg}\alpha},$$

где η_{Π} - КПД передачи от двигателя к питателю.

Мощность для перемещения машины

$$N_M = (W_1 + W_2)v_M/(1000\eta).$$

Как известно, роторные снегоочистители выпускают с одним или двумя двигателями. Обычно при наличии двух двигателей один из них служит для привода рабочего органа. При наличии одного двигателя его мощность

$$N_{\text{дв}} = N_p + N_{\Pi} + N_M.$$

Если снегоочиститель снабжен двумя двигателями, то мощность дополнительного двигателя, используемая для привода рабочего органа:

$$N'_{\text{дв}} = N_p + N_{\Pi}.$$

Мощность двигателя, служащего для перемещения снегоочистителя, должна обеспечивать движение машины при транспортных переездах:

$$N''_{дв} = m_M (f_{кач} + i) v'_M / (1000\eta),$$

где v'_M – наибольшая транспортная скорость машины, м/с.

В предварительных расчетах при определении мощности, необходимой для работы машины, могут быть использованы формулы, рекомендуемые Д.А.Шалманом.

Мощность, необходимая для привода ротора:

$$N_p = \frac{0,0125 \cdot 0,736 P_p v_{пер}^2}{(10,5 + v_{пер}) \eta_p},$$

где P_p - производительность снегоочистителя, т/ч.

Мощность, необходимая для привода питателя:

$$N_{п} = 0,0055 \cdot 0,736 P_p v_{п} / \eta_{п}.$$

3.5. Конструкции скальвателей уплотненного снега

Скальватели предназначены для скальвания и рыхления снега, уплотненного в результате движения транспортных средств и превратившегося из сыпучего в твердое тело. В настоящее время серийно изготавливают один тип машины этого назначения. Оборудование для скальвания уплотненного снега является одним из рабочих органов снегоочистительных машин КО-707 (рис. 3.9). Это оборудование монтируют перед задними колесами базового трактора, и состоит оно из рамы, двух полурам, размещенных по сторонам капота двигателя трактора, двух плит с гребенчатыми ножами и предохранительными устройствами, а также цилиндров подъема рамы.

Рама сварной конструкции прикреплена с помощью шарниров к двум сварным кронштейнам, установленным на балке заднего моста трактора. В средней части рамы и по ее краям имеются кронштейны, на которых закреплены два гидроцилиндра, служащие для подъема ножей скальвателя и опускания их в рабочее положение. Каждый гидроцилиндр прикреплен к перемещающейся с помощью винтового механизма подвижной опоре, установленной на полураме.

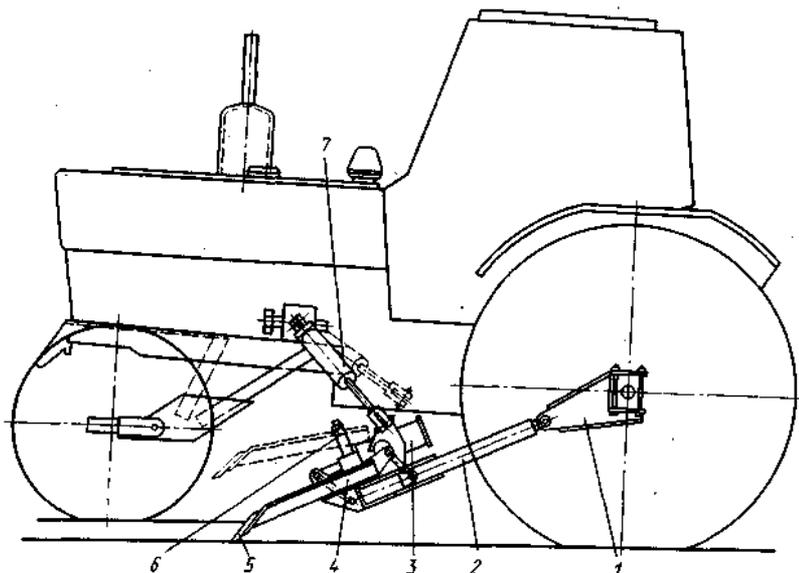


Рис. 3.9. Скалывающее оборудование снегоочистителя КО-707:
 1 - кронштейн; 2 - рама; 3 - предохранительное устройство; 4 - плита;
 5 - гребенчатый нож; 6 - фиксатор; 7 - гидроцилиндр

Благодаря перемещению подвижной опоры при опускании рамы в рабочее положение обеспечивается надлежащее положение ножей относительно дорожного покрытия. Два ножа, каждый из которых смонтирован на перемещающейся по раме плите, установлены в нижней части рамы. В рабочем положении плита вместе с ножом удерживается амортизирующим предохранительным устройством. Форма ножей гребенчатая. Это способствует некоторому уменьшению усилия, необходимого для скалывания уплотненного снега. В связи с большой прочностью снега каждый нож скалывает полосы только перед ведущими колесами машины. Таким образом, базовый трактор во время скалывания уплотненного снега перемещается по очищенному от снега дорожному покрытию, что обеспечивает лучшее сцепление колес, необходимое при скалывании уплотненного снега.

Оборудование работает следующим образом. Ножи с помощью регулировочных винтовых механизмов полурам устанавливаются так, чтобы их режущие кромки были расположены на высоте 2-3 мм от поверхности дорожного покрытия. Регулируя пружины предохра-

нительного устройства, устанавливают величину усилия, удерживающего нож вместе с плитой в рабочем положении. При встрече ножа с препятствием или неровностями дорожного покрытия увеличиваются усилия, действующие на нож. Также увеличивается усилие, действующее на пружину фиксатора, которая сжимаясь поднимает шарик, перемещает штангу плиты и поднимает плиту вместе с ножом. Перемещаясь вверх, нож вместе с плитой проходит над препятствием. Движение штанги и плиты вверх сопровождается сжатием специальной пружины, которая после прохождения препятствия перемещает нож в исходное рабочее положение.

В настоящее время эксплуатируют значительное число скальвателей-рыхлителей Д-447М. Рабочие органы машины этого типа аналогичны рабочим органам машины КО-707. Эти машины различаются типом базового шасси и размерами и массой машины.

Характеристика скальвателей приведена в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Техническая характеристика скальвателей уплотненного снега

Показатель	КО-707	Д-447М
Базовое шасси	МТЗ-80	МТЗ-50
Ширина захвата, м	1,2	1,2
Максимальная высота скальываемого слоя, мм	100	80
Рабочая скорость, км/ч	До 10	До 10
Число ножей	2	2
Угол резания, °	60	60
Размеры, мм:		
длина	6350	6520
ширина	2500	2500
высота	2470	2485
Масса, кг:		
машины	4910	4530
специального оборудования	1900	1750

3.6. Основы расчета скальвателей

В настоящее время эксплуатируются скальватели уплотненного слоя с рабочим органом пассивного типа. Поэтому ниже приведены рекомендации по расчету скальвателей только этого типа. В расчет скальвателя входят: тяговый расчет машины, определение усилий, возникающих при скальвании уплотненного снега различных свойств, условий движения машины и работы ее при неустановившемся режиме, возникающем при изменении высоты удаляемого слоя снега или его прочности, а также условий устойчивой работы машины. Большое практическое значение имеет определение условий движения скальвателя при неустановившемся режиме. Этот режим характеризуется изменением в больших пределах реакций, действующих на рабочий орган, что вызывает изменение реакций, приходящихся на колеса базового шасси. При наличии на базовом шасси рессорной подвески и шин небольшой жесткости изменение реакции приводит к изменению положения рабочего органа относительно дорожного покрытия, что, в свою очередь, влияет на условия скальвания. Скальвающее оборудование монтируют только на тракторном шасси с колесами, обладающими большой жесткостью при отсутствии рессорной подвески. Поэтому ниже будет рассмотрен упрощенный вариант расчета таких машин.

Экспериментальные исследования процесса скальвания уплотненного снега пассивным ножом показывают, что наблюдаются два основных случая, различающихся величиной и направлением действующих сил. Наиболее распространенным является случай скальвания уплотненного снега большой плотности и прочности и поэтому залегающего слоем сравнительно небольшой высоты (рис. 3.10). В этом случае снег под воздействием ножа отделяется от основного массива, как правило, по плоскостям, расположенным к поверхности дороги под углом, близким к 30° . Проецируя на оси координат действующие на нож скальвателя силы, получим составляющие реакции:

$$R_x = R \sin \beta; \quad R_y = R \cos \beta,$$

где β - угол наклона поверхности слоя снега после скальвания.

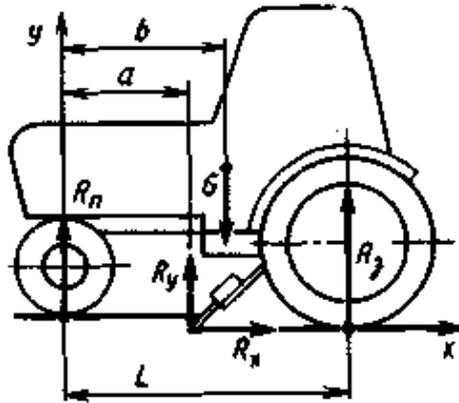


Рис. 3.10. Схема действия сил на машину

Кроме того, на нож действует сила трения

$$F = Rf_1F,$$

где R - сила, обеспечивающая скалывание слоя снега, H ;

f_1 - коэффициент трения ножа о снег.

При скалывании снега небольшой плотности, залегающего обычно слоем большой высоты, наблюдается смятие некоторого объема снега. Составляющие реакций

$$R_x = R\sin\gamma; \quad R_y = R\cos\gamma; \quad F = Rf_1,$$

где γ - угол резания ножа скалывателя.

С учетом реакции R горизонтальная W_c и вертикальная R_B составляющие силы сопротивления, возникающие при скалывании снега, равны:

в первом случае

$$W_c = \frac{bh_{cp}K_{ск}}{\sin\beta} (\sin\beta + f_1\cos\beta);$$

$$R_B = \frac{bh_{cp}K_{ск}}{\sin\beta} (\cos\beta - f_1\sin\beta);$$

во втором случае

$$W_c = \frac{bh_{cp}K_{ck}}{\sin\gamma}(\sin\gamma + f_1\cos\gamma);$$

$$R_B = \frac{bh_{cp}K_{ck}}{\sin\gamma}(f_1\sin\gamma - \cos\gamma),$$

где b - ширина захвата ножа скальвателем, м;

h_{cp} - средняя высота скальываемого слоя снега, м;

K_{ck} - сопротивление скальыванию уплотненного снега, Па.

Сопротивление K_{ck} можно приближенно определить по эмпирической формуле

$$K_{ck} = 0,8 \cdot 10^4 \{[(\rho - 0,4) \cdot 125 + 22] + (t - 15) \cdot 0,75\},$$

где ρ - плотность снега, т/м³;

t - температура снега, °С.

Эта формула соответствует следующим условиям: угол резания 45°, ширина захвата $b > 200$ мм, температура снега от -3 до -20°С, плотность снега 0,4...0,6 г/см³.

Тяговый расчет скальвателя. Сопротивления, возникающие во время работы машины, складываются из сил сопротивления скальываемого слоя снега W_1 , трения ножа W_2 , а также перемещения машины при работе W_3 . Приведенные формулы для определения сил, возникающих при скальывании снега, учитывают сумму сил W_1 и W_2 . Сопротивление движению машины

$$W_3 = m(f_{кач} + i).$$

Во время работы машины при скальывании уплотненного снега высокой прочности возникает сила сопротивления

$$W'_\Sigma = \frac{bh_{cp}K_{ck}}{\sin\beta}(\sin\beta + f_1\cos\beta) + m(f_{кач} + i), \text{ Н.}$$

При скалывании снега малой прочности, залегающего слоем большой высоты, сила сопротивления

$$W_{\Sigma}'' = \frac{bh_{cp}K_{ск}}{\sin\gamma} (\sin\gamma + f_1\cos\gamma) + m(f_{кач} + i), \text{ Н.}$$

Мощность, необходимая для работы скалывателя, соответственно будет равна:

$$N_1 = W_{\Sigma}'' v_M / (1000\eta);$$

$$N_2 = W_{\Sigma}'' v_M / (1000\eta).$$

Движение машины в условиях неустановившегося режима.

Приведенные ниже формулы получены для основного случая работы, когда полностью используется возможное тяговое усилие и машина находится в режиме установившегося движения. В этих условиях машина встречает слой снега переменной все увеличивающейся высоты, тогда характеристика движения машины в этих условиях выражается следующими формулами:

$$x = \frac{v_{нач}}{\sqrt{K_1}} \sin\sqrt{K_1' t}; \quad v_x = v_{нач} \cos\sqrt{K_1' t}; \quad j = -v_{нач} \sqrt{K_1'} \sin\sqrt{K_1' t},$$

где x, v_x, j - соответственно путь (м), проходимый машиной в условиях неустановившегося движения, скорость (м/с) и ускорение (м/с²);

t - время движения после встречи со слоем снега переменной высоты, с;

$v_{нач}$ - скорость машины при установившемся движении, м/с, т.е. до встречи со слоем снега переменной высоты;

$$K_1' = K_1/m \quad (m - \text{масса машины, кг});$$

$K_1 = (bcK_{ск}/\sin\beta)(\sin\beta + f_1\cos\beta)$ при скалывании снега большой прочности, Н/м;

c - угловой коэффициент, характеризующий наращивание высоты слоя снега.

Максимальные путь x_{\max} и ускорение j_{\max} при $v_x = 0$ выражаются так:

$$x_{\max} = v_{\text{нач}} / \sqrt{K_1'} \quad \text{и} \quad j_{\max} = -v_{\text{нач}} \sqrt{K_1'}.$$

Период времени до остановки машины $t = \pi / (2\sqrt{K_1'}) \text{ с}$.

Устойчивость работы скальвателя. Условия устойчивости работы скальвателя заключаются в следующем.

1. Сумма сил сопротивлений, возникающих при работе машины, должна быть меньше или равна силе тяги, развиваемой базовым шасси, т.е.

$$W_{\Sigma}' \leq P_{\text{сц}}' \varphi \quad \text{или} \quad W_{\Sigma}'' \leq P_{\text{сц}}'' \varphi.$$

Как указывалось, во время работы скальвателя возникают вертикальные составляющие R_y реакции, поэтому при определении $P_{\text{сц}}$ следует учитывать значения R_y :

$$P_{\text{сц}}' = \frac{G(b + a\psi f)}{L + a\varphi\psi}; \quad P_{\text{сц}}'' = \frac{G(b + a\psi f)}{L - a\varphi\psi},$$

где G - вес машины;

φ - коэффициент сцепления; $\psi = R_y / R_x$;

f - коэффициент сопротивления перекатыванию колес машины.

2. Для обеспечения надежного управления машиной вертикальная реакция $R_{\text{п}}$ на управляемые (передние) колеса должна быть достаточной. С учетом действия вертикальной составляющей реакции, возникающей при скальвании снега, это условие может быть выражено так:

$$R_{\text{п}} > 0,25G.$$

Для рассматриваемых случаев

$$G \left\{ (1 + \psi f) - \frac{(1 + \varphi \psi)(b + af\psi)}{L + a\psi\varphi} \right\} > 0,25G;$$

$$G \left\{ (1 - \psi f) - \frac{(1 - \varphi \psi)(b - af\psi)}{L - a\varphi\psi} \right\} > 0,25G.$$

3. Момент, возникающий при возможном несовпадении равнодействующей от сил сопротивления скалыванию с продольной осью машины, должен восприниматься боковыми силами сцепления колес базового шасси (рис. 3.11).

$$W_c a < M,$$

где a - расстояние от продольной оси машины до линии действия горизонтальной равнодействующей, возникающей при скалывании уплотненного снега.

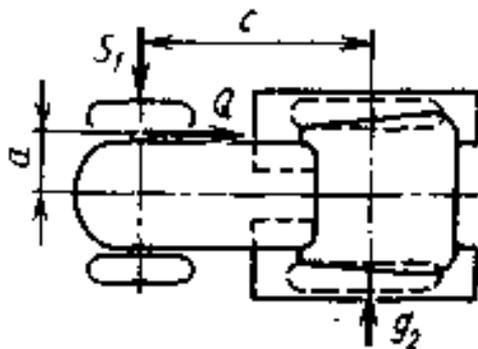


Рис. 3.11. Схема действия сил для проверки устойчивости машины

При проверке устойчивости передних и задних колес

$$M_{II} = S_1 c \quad \text{и} \quad M_3 = S_2 c.$$

Силы сцепления соответственно передних и задних колес

$$S_1 = R_{\text{п}}\varphi_1 \quad \text{и} \quad S_2 = P_{\text{сц}}\varphi_1,$$

где φ_1 - коэффициент трения скольжения колес.

Значения $R_{\text{п}}$ и $P_{\text{сц}}$ определяют по приведенным выше формулам для двух случаев скалывания снега различной прочности.

3.7. Конструкции снегопогрузчиков

Снегопогрузчик предназначен для погрузки снега в транспортные средства из валов и куч, образованных после снегоочистки. В настоящее время промышленность выпускает снегопогрузчики с рабочим органом так называемого лапового типа (рис. 3.12, а). Имеется опыт применения снегопогрузчиков с рабочим органом фрезерного типа и в настоящее время подготовлено два образца машин такой конструкции. Наибольшее распространение получил снегопогрузчик Д-566, состоящий из базового шасси специальной конструкции и рабочего оборудования, включающего питатель лапового типа, скребковый транспортер, гидравлическую систему и механизмы привода (рис. 3.13). Базовое шасси выполнено с двумя ведущими мостами, из которых задний является управляемым. Оно состоит из двигателя, коробки передач, ходоуменьшителя, карданных валов, тормозной системы, рулевого управления, пневмо- и электросистемы.

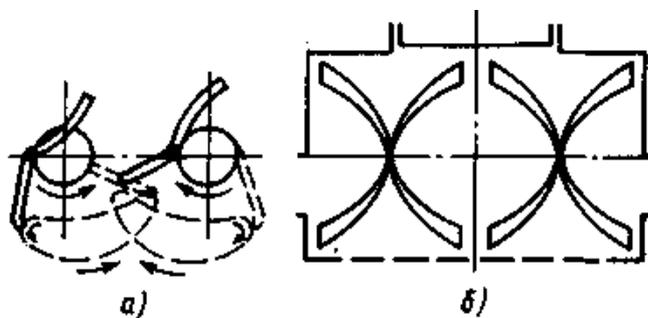


Рис. 3.12. Рабочие органы снегопогрузчиков:
а - лапового типа; б - фрезерного типа

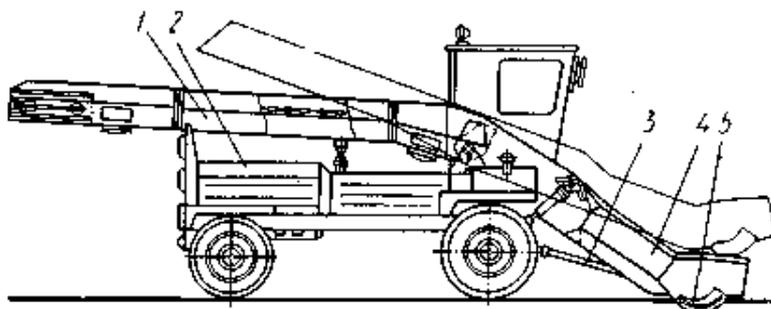


Рис. 3.13. Снегопогрузчик Д-566:
1 - стрела с транспортером; 2 - двигатель; 3 - трансмиссия;
4 - лопата; 5 - опорные лыжи

Силовая установка погрузчика состоит из дизельного двигателя Д-50, систем охлаждения и питания двигателя, а также муфты сцепления. Конструкция коробки передач обеспечивает движение с шестью скоростями вперед и тремя скоростями назад (рис. 3.14). Коробка имеет три выходных вала, передающих крутящий момент системе привода рабочих органов, ходоуменьшителю и раздаточной коробке, приводящей ходовые колеса машины. Ходоуменьшитель обеспечивает уменьшение скорости движения машины при погрузке снега и состоит из одноступенчатого редуктора и гидромотора.

Пневматическая система используется для торможения машины, включения заднего моста, а также для управления редуктором отбора мощности и муфтой предельного момента. Работу пневмосистемы обеспечивает компрессор с приводом от двигателя машины с помощью ременной передачи, снабженной натяжным устройством. Компрессор подает воздух в ресивер и далее по трубопроводам к механизмам управления. Электросистема, служащая для пуска двигателя, обеспечивает работу освещения, указателей поворота и других устройств. Специальное оборудование снегопогрузчика состоит из лопаты, подвешенной шарнирно спереди машины, и стрелы. К тому же узлу подвески шарнирно прикреплена стрела транспортера.

Лопата представляет собой раму сварной конструкции, облицованную листами. В передней части лопата оборудована ножом, подрезающим вал снега, а также опорными колесами или лыжами. В средней части лопаты размещены правая и левая загребающие лапы. Правая и левая лапы аналогичной конструкции состоят из соб-

ственно лапы, балансира и приводного диска. Между лапами на лопате расположена передняя часть транспортера. На раме стрелы транспортера сварной конструкции находятся натяжное устройство цепи транспортера и направляющие звездочки для поддержания цепи транспортера. Скребок-транспортер состоит из роликов-тулочной цепи и скребков, надетых на цепь.

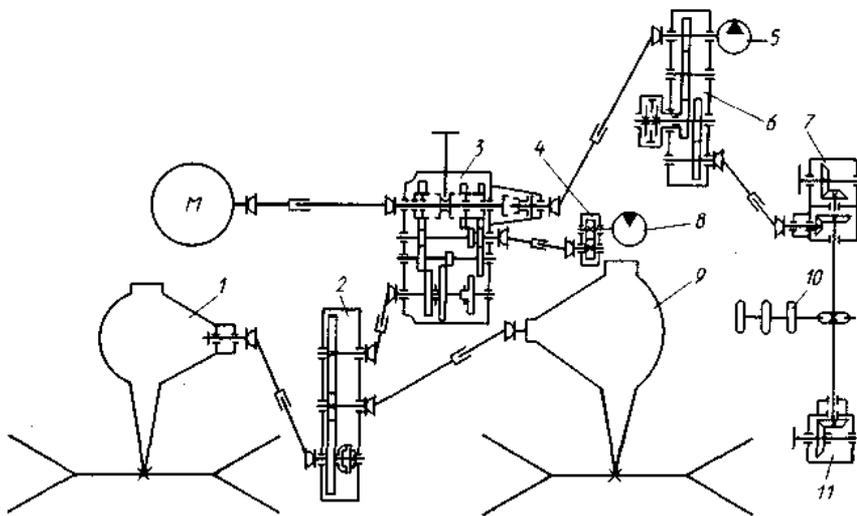


Рис. 3.14. Кинематическая схема снегопогрузчика Д-566:

- 1 - задний мост; 2 - раздаточная коробка; 3 - коробка передач; 4 - редуктор ходоуменьшителя; 5 - гидронасос; 6 - раздаточный редуктор; 7 - главный редуктор; 8 - гидромотор ходоуменьшителя; 9 - передний мост; 10 - скребковый транспортер; 11 - редуктор привода правой лапы

Гидросистема предназначена для передвижения машины во время погрузки снега, а также для подъема и опускания лопаты и стрелы транспортера. Она состоит из насоса, распределителя, гидромотора и гидроцилиндров, масляного бака, маслопровода и арматуры. Гидроцилиндры одностороннего действия снабжены замедлительными клапанами, которые обеспечивают плавное опускание лопаты и стрелы. Подъем и опускание лопаты обеспечивается двумя цилиндрами, перемещение стрелы транспортера – одним. Гидромотор служит для передачи мощности ходоуменьшителю, который через карданный вал приводит в работу коробку передач.

Для изменения скорости движения машины при погрузке снега гидросистема снабжена дросселем с регулятором. Изменение положения регулятора дросселя изменяет (увеличивает или уменьшает) рабочую скорость машины. Машина работает следующим образом. Двигатель, снабженный муфтой сцепления, с помощью карданного вала приводит в работу коробку передач. Верхний вал коробки передач через карданный вал и редуктор отбора мощности приводит в работу главный редуктор рабочих органов. Кроме того, редуктор отбора мощности приводит в работу масляный насос. Для предохранения трансмиссии от перегрузок коробка передач снабжена дисковой муфтой предельного момента. Момент трения между дисками создается сжатым воздухом через диафрагмы. Давление воздуха, сила сжатия дисков муфты сцепления и крутящий момент, передаваемый муфтой, регулируются из кабины водителя.

Главный редуктор служит для передачи вращения диску левой лапы питателя, а также для привода ведущих валов транспортера и редуктора привода правой лапы. Редуктор снабжен двумя парами конических шестерен. На ведущем валу привода транспортера закреплена ведущая звездочка цепи скребкового транспортера. Ведущий вал по концам имеет шлицы, вставленные в шлицевые муфты главного редуктора и редуктора привода правой лапы. На конце рамы стрелы транспортера закреплено устройство для натяжения цепи транспортера, состоящее из натяжных винтов, натяжного вала с ведомой направляющей звездочкой цепи и двух спиральных пружин.

Машина работает следующим образом. С помощью гидросистемы лопата опускается в исходное положение, а стрела транспортера поднимается в верхнее положение для погрузки снега. При врезании лопаты в вал снега машина передвигается на пониженной рабочей скорости. Поочередным движением лапы некоторый объем снега отделяется и подается к середине лопаты на скребковый транспортер. Транспортер перемещает снег в заднюю часть машины и сбрасывает его в загружаемый автомобиль.

Меньше распространен снегопогрузчик КО-203. Специальное оборудование снегопогрузчиков КО-203 и Д-566 различается только конструктивным исполнением отдельных узлов и агрегатов. Базовое шасси состоит из рамы, на которой установлены следующие агрегаты и узлы автомобиля ГАЗ-52: двигатель с радиатором, коробка передач, сцепление, рулевое управление, передний и задний

мосты, тормозная система. В связи с небольшой скоростью движения рессорную подвеску имеет только передний мост.

С коробкой передач через цепную муфту соединен демультипликатор, передающий крутящий момент на задний ведущий мост шасси. Второе сцепление демультипликатора используется в том случае, если необходимо обеспечить функционирование рабочих органов при неподвижной машине. С помощью коробки отбора мощности осуществляется привод промежуточного редуктора, а также гидронасоса. Для предохранения трансмиссии от поломок при перегрузках между коробкой отбора мощности и промежуточным редуктором установлена фрикционная многодисковая предохранительная муфта. Промежуточный редуктор служит для привода правого и левого редукторов лап питателя. На валу привода правой лапы закреплена ведущая звездочка цепи транспортера. Гидросистема погрузчика обеспечивает подъем и опускание лопаты и транспортера. Работа снегопогрузчика КО-203 аналогична работе снегопогрузчика Д-566.

В эксплуатации находятся универсальные погрузчики УП-66, производство которых было прекращено несколько лет назад. Эта машина в отличие от снегопогрузчиков Д-566 и КО-203 обеспечивает погрузку не только снега, но и различных сыпучих материалов и реагентов. Специальное оборудование погрузчика смонтировано на шасси автомобиля ГАЗ-66, подвергнутого некоторой переделке. Специальное оборудование состоит из питателя фрезерного типа, ленточного транспортера, гидросистемы механизмов привода рабочих органов.

Впереди машины смонтирован кожух фрезы сварной конструкции, состоящий из боковых щек, скрепленных обечайкой. К нижней части кожуха прикреплены лыжи и подрезающий нож. В боковых щеках установлены опорные подшипники вала фрезы. Кожух фрезы болтами скреплен с нижней частью рамы транспортера. Двухзаходная фреза состоит из двух половин с правыми и левыми витками лопастей, срезающих слой материала и перемещающих его к продольной оси машины. Подшипники вала фрезы установлены в специальных подвижных стаканах, благодаря чему их можно регулировать по высоте положения фрезы.

Транспортер состоит из верхней и нижней рам, соединенных шарнирно, ленты в сборе, натяжного устройства и механизмов привода. Верхняя и нижняя рамы благодаря шарнирному соединению

могут отдельно подниматься и опускаться. На верхних частях рам установлены стойки с поддерживающими ленту транспортера роликами. По обеим сторонам рам закреплены ограждения, которые образуют лоток, препятствующий просыпанию транспортируемого материала. Для обеспечения надежной работы транспортера на его ленте установлены два ряда рифлей. Рифли из резинового профиля размещены с шагом, обеспечивающим ленте необходимую гибкость.

Гидросистема машины аналогична гидросистемам снегопогрузчиков с рабочим органом лапового типа. Для привода рабочих органов использована следующая система передаточных механизмов. Между сцеплением двигателя автомобиля и коробкой передач размещен ходоуменьшитель, с помощью которого приводятся в работу ходовые механизмы автомобиля и масляный насос, отбирается мощность на рабочие органы машины. Крутящий момент, предназначенный для привода ходового оборудования, карданным валом передается на демультипликатор, снабженный вторым сцеплением. Демультипликатор, в свою очередь, через карданный вал и раздаточный редуктор передает крутящий момент на передний и задний мосты базового автомобиля.

Рабочие органы приводятся от ходоуменьшителя через карданный вал и раздаточный конический редуктор. С помощью редуктора вращение передается для привода фрезы и транспортера. Через два карданных вала с промежуточной опорой вращение передается на конический редуктор и цепную передачу фрезы рабочего органа. От раздаточного конического редуктора через конический редуктор вращение передается коническому редуктору привода транспортера. Сложность приводных механизмов рабочих органов, прежде всего транспортера, объясняется необходимостью размещения ведущего барабана ленты транспортера на его конце. Для упрощения трансмиссии погрузчика была изготовлена небольшая партия этих машин с гидравлическим приводом фрезы и транспортера.

Погрузчик работает следующим образом. Фреза, опущенная в рабочее положение и опирающаяся на лыжи, врезается в вал снега (сыпучих материалов), отделяет некоторый объем и перемещает его к продольной оси машины. Под воздействием фрезы и напорных усилий, возникающих при движении машины вдоль вала, отделенный объем снега (материала) поступает через направляющий желоб на транспортер, перемещающий материал в погружаемый автомобиль.

В табл. 3.4 приведена характеристика снегопогрузчиков.

Таблица 3.4

Техническая характеристика снегопогрузчиков

Показатель	Д-566А	КО-203	КО-205	УП-66
Базовое шасси	Специальное		МТЗ-80/82	ГАЗ-66
Номинальная мощность двигателя, кВт	36,8	85,6	55,2	85,6
Ширина захвата, м	2,64	2,35	2,3	2,35
Скорость, км/ч:				
рабочая	0,2...2,56	0,36...2,44	0...1,26	0,07...2,7
транспортная	30	25	30	40
Тип питателя	Лаповый		Фрезерный	
Тип транспортера	Скребковый		Ленточный	
Вылет стрелы транспортера, мм	2100	2360	1900	1900
Число колебаний лап питателя в 1 мин	51,5	45	—	—
Частота вращения фрезы, об/с	—	—	—	1,65
Высота погрузки, м	3,6	3,8	3	3,65
Размеры в транспортном положении, мм:				
длина	9120	9000	9200	9530
ширина	2800	2490	2700	450
высота	3140	2860	3200	3150
Масса машины, кг	6600	4800	5700	6050

3.8. Основы расчета снегопогрузчиков

В расчет машин этого назначения обычно входят определение сил сопротивления, возникающих при работе погрузчика, затрат энергии, необходимой для выполнения рабочего процесса, анализ условий устойчивой работы машины. Как указывалось, для погрузки в условиях работы городских предприятий используют машины двух типов: специализированные машины, предназначенные только для погрузки снега с питателем лапового типа, и универсальные погрузчики, обеспечивающие погрузку не только снега, но и практически всех сыпучих материалов, применяемых при уборке городских дорог (песка, реагентов, хлоридов, пескосоляной смеси), а также разработку и погрузку грунтовых наслоений, накапливающихся в прилотно-

вой части дорог. Универсальные погрузчики для разработки погружаемого материала обычно снабжены рабочим органом фрезерного типа. Различное назначение этих машин обуславливает применение конвейерных устройств различных типов. В связи с различием конструкции рабочих органов методика расчета снегопогрузчиков и универсальных погрузчиков приведена раздельно.

Расчет снегопогрузчиков лапового типа. Во время работы машины часть сопротивлений, которые возникают при воздействии лап питателя на снег и перемещений снега, преодолеваются благодаря мощности, развиваемой двигателем и передаваемой с помощью коробки отбора мощности на рабочий орган.

Работа питателя сопровождается возникновением следующих сил сопротивлений.

Сила сопротивления срезанию объема снега лапами питателя

$$W_1 = Sh_{cp} K_{cp}, H,$$

где S - ширина полосы (размер в направлении движения погрузчика), срезаемой лапой за один ход, м;

h_{cp} - средняя высота срезаемого лапой объема, м.

С некоторым приближением

$$S = v_M / n_L,$$

где v_M - рабочая скорость снегопогрузчика, м/с;

n_L - число рабочих ходов лапы в единицу времени.

Сила сопротивления, возникающая при перемещении срезанного объема снега по поверхности лопаты:

$$W_2 = m_c (f_2 \cos \gamma + \sin \gamma) g, H,$$

где m_c - масса срезаемого за рабочий ход лапы и перемещаемого к транспортеру снега:

$m_c = Sh_{cp} B \rho_c / 2$ (B - ширина захвата снегопогрузчика или ширина погружаемого вала, м; ρ_c - плотность снега, кг/м³);

γ - угол наклона лопаты к дорожному покрытию.

При работе транспортера возникают следующие силы сопротивления. Сила сопротивления при перемещении снега транспортером

$$W_3 = f_1 m_{\text{тр}} g \cos \beta, \text{ Н},$$

где $m_{\text{тр}}$ - масса снега, находящегося на транспортере:

$m_{\text{тр}} = \Pi L / v_1$ (Π - производительность снегопогрузчика, кг/с; L - длина рабочей части транспортера, м; v_1 - скорость транспортера, м/с);

β - угол наклона транспортера по отношению к дорожному покрытию.

Сила сопротивления при подъеме снега транспортером

$$W_4 = m_{\text{тр}} g \sin \beta, \text{ Н}.$$

Сила сопротивления, возникающая при движении транспортера:

$$W_5 = f m_k g \cos \beta, \text{ Н},$$

где f - коэффициент сопротивления движению транспортера;

m_k - масса транспортера, кг.

Сила сопротивления врезанию ножа лопаты в вал снега

$$W_6 = BK_{\text{ср}} h'_{\text{ср}}, \text{ Н},$$

где $h'_{\text{ср}}$ - средняя высота слоя снега, срезаемого ножом лопаты, м.

Сила сопротивления, возникающая при перемещении лопаты:

$$W_7 = m_{\text{л}} g (f_3 + i), \text{ Н},$$

где $m_{\text{л}}$ - масса лопаты, приходящаяся на дорожное покрытие, кг;

f_3 - коэффициент трения металла о дорожное покрытие;

i - уклон местности, выраженный через синус угла наклона дороги.

Сила сопротивления перемещению машины

$$W_8 = (m_M - m_L)g(f_{\text{кач}} + i), \text{ Н,}$$

где m_M - масса машины, кг.

Мощность, необходимая для обеспечения работы снегопогрузчика, будет складываться из мощности N_1 , передаваемой от двигателя через коробку отбора мощности, и мощности N_2 , необходимой для привода ведущих колес машины:

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2, \text{ кВт.}$$

Мощность, передаваемая через коробку отбора мощности:

$$N_1 = \frac{2A_n n_{\text{п}}}{1000\eta_1} + \frac{(W_3 + W_4 + W_5)v_1 e}{1000\eta_2}, \text{ кВт,}$$

где $A_n = (W_1 0,5B + W_2 l_1)k_D$, Н · м (l_1 - длина пути перемещения снега лапой к транспортеру после срезания, м;

k_D - коэффициент, учитывающий действие динамических нагрузок, $k_D = 1,6 \dots 1,7$);

η_1 - КПД трансмиссии от двигателя к питателю;

v_1 - скорость транспортера, м/с;

e - коэффициент, характеризующий сопротивление в подшипниках звездочек цепи транспортера, $e = 1,25$;

η_2 - КПД трансмиссии от двигателя к транспортеру.

Мощность, необходимая для привода ведущих колес машины:

$$N_2 = (W_6 + W_7 + W_8)v_M / (1000\eta), \text{ кВт,}$$

где η - КПД передачи от двигателя к ведущим колесам.

Расчет снегопогрузчиков с фрезерным питателем. Работа погрузчиков этого типа сопровождается возникновением следующих наиболее значительных сил сопротивлений, вызывающих соответ-

ствующие затраты энергии: силы W_1 сопротивления срезанию снега лопастями фрезы, силы W_2 сопротивления при подъеме снега, силы W_3 сопротивления при движении ленты транспортера, силы W_4 сопротивления при перемещении питателя, силы W_5 сопротивления перемещению машины.

Каждая лопасть фрезы, соприкасающаяся со снегом, срезает некоторый объем переменного поперечного сечения. Это сечение может быть охарактеризовано размером $c \approx c_1 \sin \theta$ (рис. 3.15), где c - подача питателя за один оборот, м; $c_1 = v_M / n_{\Pi}$ (n_{Π} - частота вращения питателя, об/с. Если фреза выполнена многозаходной, имеющей z заходов, то в этом случае для каждой лопасти $c_1 = v_M / (n_{\Pi} z)$).

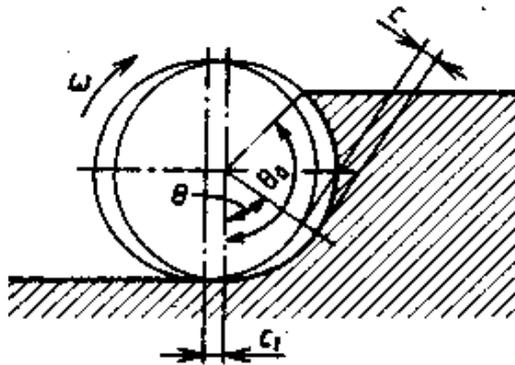


Рис. 3.15. Схема резания снега фрезой

Элементарное сопротивление срезанию dW_1 может быть выражено так:

$$dW_1 = cd/k_{\text{рез}} = [v_M / (n_{\Pi} z)] \sin \theta K_{\text{рез}} db.$$

Элементарная работа dW_1 , затрачиваемая в течение одного оборота фрезы при срезании стружки шириной b , равной ширине захвата питателя, $dA_1 = W_1 dl$, где $dl = R d\theta$.

Отсюда

$$A_1 = c_1 K_{cp} R b \int_0^{\theta_0} \sin \theta \cdot d\theta = \frac{v_M}{n_{\Pi Z}} K_{cp} R b (1 - \cos \theta_0),$$

где θ_0 - угол, определяющий высоту разрабатываемого слоя снега.

За один оборот фрезы будет срезан объем снега

$$Q = R(1 - \cos \theta_0) c_1 b.$$

Затраты энергии на сообщение снегу скорости отбрасывания при движении фрезы с угловой скоростью ω

$$A_{ck} = 0,5 m_0 R^2 \omega^2 K_{ck} \sin^2 \alpha, \text{ Дж},$$

где m_0 - масса снега, подаваемая за один оборот, кг;

K_{ck} - коэффициент, учитывающий распределение снега по витку фрезы: $K_{ck} = 0,8 \dots 1,0$;

α - угол наклона винтовой линии фрезы: $\alpha = \arctg[S/(2\pi R)]$ (S - шаг фрезы, м).

Затраты энергии на перемещение снега фрезой к транспортеру в единицу времени

$$A_0 = 0,5 \Pi f_2 B g,$$

где Π - производительность машины, кг/с;

f_2 - коэффициент внутреннего трения для снега;

B - ширина захвата машины, м.

Сила сопротивления при подъеме снега ленточным транспортером

$$W_2 = m_{тр} g \sin \beta,$$

где $m_{тр}$ - масса снега, находящегося на транспортере:

$$m_{тр} = \frac{\Pi L}{v_1} \quad (v_1 - \text{скорость транспортера, м/с}).$$

Сила сопротивления при движении ленты транспортера

$$W_3 = W \cos \beta (m_k + m_{тр} + m_{рол}) g, \text{ Н},$$

где W - коэффициент сопротивления в опорах транспортера:
 $W = 0,02 \dots 0,04$;

m_k - масса ленты транспортера, кг;

$m_{рол}$ - масса поддерживающих роликов, кг;

$m_{тр}$ - масса снега, находящегося на транспортере, кг.

Кроме того, при работе машины возникают силы сопротивления при ее перемещении. Сила сопротивления при перемещении питателя

$$W_4 = m_{п} g (f_3 + i), \text{ Н},$$

где $m_{п}$ - масса питателя, приходящаяся на дорожное покрытие, кг.

Сила сопротивления перемещению машины

$$W_5 = (m_M - m_{п}) g (f_{ккч} + i).$$

Мощность N_1 , необходимая для работы машины и передаваемая через соответствующие механизмы, и мощность N_2 , необходимая для привода ведущих колес:

$$N_1 = \frac{(A_1 + A_{ск}) n_{п}}{1000 \eta_1} + \frac{(W_2 + W_3) v_1}{1000 \eta_2} + \frac{A_{п} \operatorname{tg}(\alpha + \rho)}{\operatorname{tg} \alpha} \text{ и}$$

$$N_2 = \frac{(W_4 + W_5) v_M}{1000 \eta},$$

где ρ – угол трения снега о лопасть фрезы.

Расчет устойчивости снегопогрузчика. Устойчивая работа снегопогрузчика обеспечивается при соблюдении следующих условий.

1. Тяговое усилие, необходимое для работы машины, должно быть меньше сил сцепления ведущих колес с дорогой, т.е.

$$W_6 + W_7 + W_8 < G_{\text{сц}}\varphi,$$

где $G_{\text{сц}}$ - сцепной вес машины, Н.

2. Момент от реакции R_1 , возникающей на лапе питателя при срезании объема снега, должен восприниматься боковыми силами сцепления колес с дорогой (рис. 3.16.).

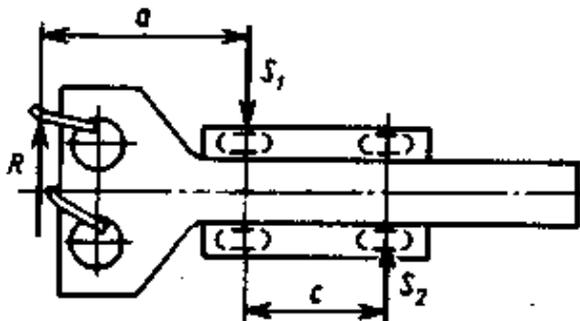


Рис. 3.16. Схема действия сил на снегопогрузчик

Устойчивость машины относительно оси передних колес

$$W_1(a + c) < S_1c$$

и относительно оси задних колес

$$W_1a < S_2c,$$

где S_1, S_2 - боковые силы сцепления соответственно передних и задних колес, Н;

a - расстояние от конца лапы при ее выдвинутом положении до оси передних колес, м;

c - базовое расстояние, м.

Боковые силы сцепления

$$S_1 = R_1' \varphi_1; S_2 = R_2' \varphi_1,$$

где R_1' и R_2' - реакции, приходящиеся соответственно на передние и задние колеса машины, Н;

φ_1 - коэффициент трения скольжения колес о дорожное покрытие.

3.9. Конструкции и основы расчета машин для распределения противогололедных материалов

Эти машины предназначены для распределения по поверхности дорожного покрытия во время снегоочистки или борьбы с гололедом и скользкостью технологических материалов – пескосоляной смеси или специальных реагентов. Изготавливаемые промышленностью распределители имеют общую схему устройства. В кузове с наклонными боковыми стенками размещены материалы, которые с помощью скребкового транспортера,двигающегося по дну кузова, подаются в заднюю часть кузова и через разгрузочное окно под действием силы тяжести поступают на горизонтально вращающийся диск, осуществляющий распределение материала. В настоящее время выпускают машины этого назначения двух типов – КО-104А и КО-105, а также более совершенных машин типа МДК 5337 на базе МАЗ.

Наиболее распространенной машиной является распределитель МДК-5337 на базе автомобиля МАЗ-5337 (рис. 3.17). Специальное оборудование машины состоит из кузова, скребкового транспортера, разбрасывающего диска, гидросистемы и механизмов привода. Передняя и задняя стенки сварного кузова имеют окна для прохода верхней несущей ветви транспортера. К продольным балкам основания кузова в передней его части присоединен механизм натяжения транспортера. Кузов размещен на подрамнике, прикрепляемом к лонжеронам базового автомобиля. На заднем борту кузова закреплен бункер, который направляет на разбрасывающий диск технологический материал, поступающий из кузова. Окно, размещенное в заднем борту, предназначено для прохода верхней ветви транспортера, а также для дополнительного регулирования количества материала, поступающего на диск. Окно перекрывается шибером, управляемым с помощью рычага вручную.

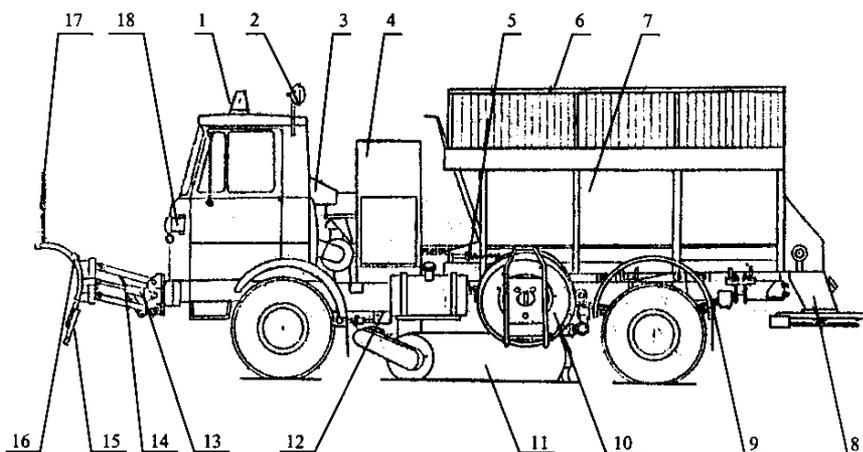


Рис. 3.17. Машина МДК-5337 (зимний вариант):

1 – маячок проблесковый; 2 – фара-искатель; 3 – кожух тяг управления гидрораспределителями; 4 – шкаф спецоборудования; 5 – устройство натяжное; 6 – решетка; 7 – кузов; 8 – разбрасыватель; 9 – крыло заднее; 10 – колесо запасное; 11 – щетка; 12 – карданный вал привода шестеренного насоса; 13 – гидроцилиндр поворота плуга; 14 – гидроцилиндр подъема (опускания) плуга; 15 – скребок; 16 – плуг; 17 – флажок; 18 – фара

В бункере и в передней части кузова установлены ведущий и ведомый валы транспортера с приводными звездочками. Верхняя ветвь транспортера движется по днищу кузова, перемещая материал, нижняя ветвь – под днищем кузова над надрамником. Цепь транспортера – якорного типа с приваренными к ее звеньям скребками. Нужное положение цепи транспортера достигается с помощью натяжного устройства. Натяжение цепи в необходимых пределах достигается спиральными пружинами, натяжение которых регулируется гайками резьбовых штоков. Ведущий вал левым концом установлен в подшипнике, а правым связан через шлицевое соединение с ведомым валом редуктора.

Звездочки привода транспортера установлены в средней части переднего ведомого и заднего ведущего валов. Разбрасывающий диск на верхней части снабжен ребрами, которые вовлекают материал при вращении диска в движение к его периферии.

Гидросистема состоит из маслобака, гидронасосов, гидромоторов, дросселей, измерительных приборов (рис. 3.18). Гидросистема

включает в себя две самостоятельные линии, обеспечивающие привод транспортера и разбрасывающего диска. Для привода транспортера, а также разбрасывающего диска используют гидронасос, питающий гидромотор. Каждая из этих линий снабжена дросселем, с помощью которого регулируются скорость движения транспортера и частота вращения диска. Оба дросселя смонтированы на пульте управления, закрепленном за кабиной водителя. Каждая из линий привода транспортера и диска снабжена манометром для контроля за режимом работы гидросистемы. Привод масляных насосов осуществляется от двигателя базового шасси с помощью коробки отбора мощности, установленной с правой стороны коробки передач. Коробка отбора мощности имеет два приводных вала, каждый из которых служит для привода масляного насоса. Для увеличения крутящего момента и снижения частоты вращения гидромотор привода транспортера вращает редуктор, ведущий вал которого соединен с ведомым валом транспортера.

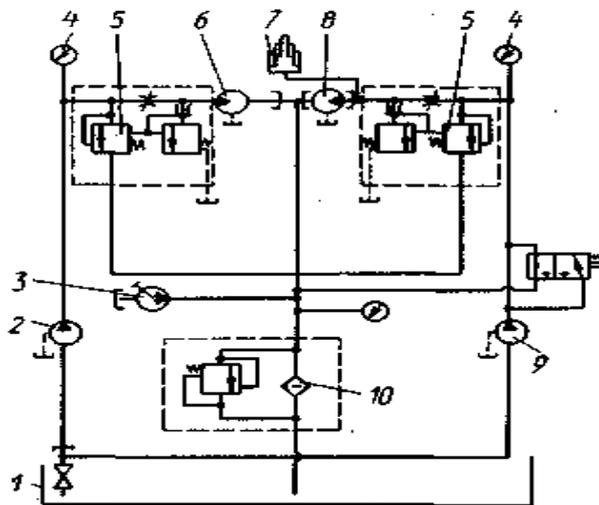


Рис. 3.18. Гидравлическая схема машины КО-104А:

- 1 - масляный бак; 2 - гидронасос привода транспортера; 3 - ручной насос;
- 4 - манометр; 5 - дроссель; 6 - гидромотор привода транспортера;
- 7 - гидроподъемник; 8 - гидромотор привода разбрасывающего диска;
- 9 - гидронасос разбрасывающего диска; 10 - фильтр

Машина работает следующим образом. В зависимости от свойств технологических материалов и плотности их распределения с помощью дросселя устанавливают скорость движения транспортера и поступательную скорость машины. При движении транспортера его скребки, двигаясь по дну кузова, увлекают некоторый объем материала и сбрасывают его в бункер. Плотность распределения корректируют регулированием положения шибера. Уменьшение скорости движения транспортера и увеличение скорости движения машины обеспечивают уменьшение плотности обработки. В зависимости от выполняемого процесса и особенности планировки убираемой дороги с помощью второго дросселя гидромотора привода разбрасывающего диска устанавливают частоту его вращения и, таким образом, ширину обрабатываемой полосы.

Принцип действия машины КО-105 аналогичен, однако по конструкции она несколько отличается от машины КО-104А прежде всего наличием плужно-щеточного снегоочистительного оборудования. Оборудование для распределения технологических материалов в связи с большим объемом кузова отличается главным образом своими размерами и конструкцией механизмов привода рабочих органов (рис. 3.19). От двигателя автомобиля через коробку передач и верхний вал коробки отбора мощности крутящий момент передается редуктору, снижающему частоту вращения и обеспечивающему привод двух масляных насосов. Один из этих насосов служит для привода гидромотора транспортера, другой – для привода гидромотора разбрасывающего диска. Кроме того, верхний вал коробки вторым концом приводит во вращение масляный насос, обеспечивающий работу плужно-щеточного оборудования. Таким образом, гидравлическая система этой машины состоит из двух самостоятельных систем: первой – для привода распределяющего оборудования, т.е. привода транспортера и разбрасывающего диска, второй – только для подъема в транспортное и опускание в рабочее положение плуга и щетки. Каждая из этих систем снабжена своим масляным баком. Гидрораспределитель установлен в кабине водителя и служит для управления работой гидроцилиндров отвала и щетки. Режимы работы транспортера и диска регулируют с помощью двух дросселей, установленных вместе с манометрами, которые контролируют давление в сетях привода транспортера и диска, на специальном пульте управления, закрепленном у задней стенки кабины водителя.

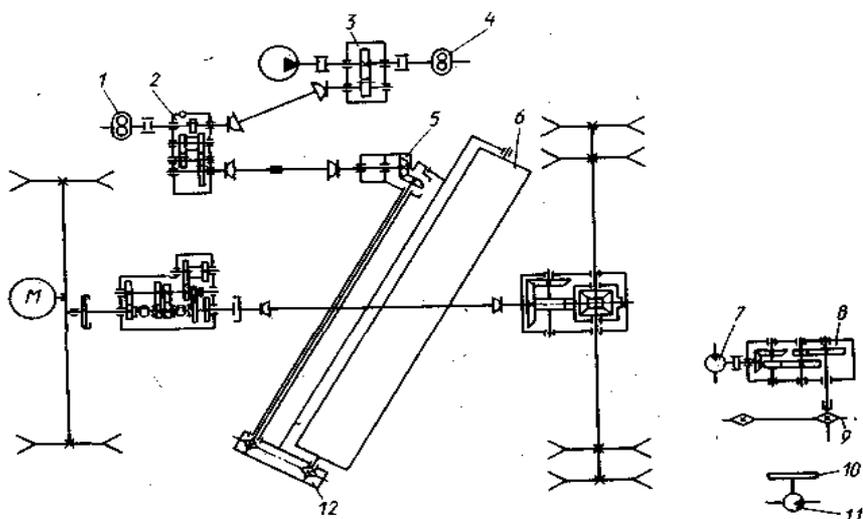


Рис. 3.19. Кинематическая схема машины КО-105:

- 1, 4 - шестеренный гидронасос; 2 - раздаточная коробка; 3 - редуктор насосов;
 5 - конический редуктор; 6 - цилиндрическая щетка; 7 - гидромотор привода транспортера; 8 - редуктор транспортера; 9 - скребковый транспортер; 10 - разбрасывающий диск; 11 - гидромотор привода разбрасывающего диска;
 12 - цепная передача привода щетки

Кроме машин КО-104А и КО-105 в некоторых хозяйствах применяют комбинированную машину КДМ-130А, имеющую для работы в зимнее время плужно-щеточное и пескоразбрасывающее оборудование. Принцип работы этого оборудования аналогичен принципу работы машин КО-104А и КО-105. Основное отличие состоит в конструкции привода транспортера и разбрасывающего диска. Для привода специального оборудования на этой машине крутящий момент карданным валом передается на предохранительную муфту, установленную на правом лонжероне рамы автомобиля за кабиной водителя. От предохранительной муфты момент вторым карданным валом передается на раздаточный редуктор, имеющий три цилиндрических шестерни. Этим редуктором с помощью двух карданных валов приводятся два редуктора привода цепи транспортера и разбрасывающего диска: редуктор привода транспортера червячного типа, редуктор привода диска с двумя коническими шестернями. Наиболее важными отличительными особенностями

машины также являются следующие. В связи с принятой конструкцией привода изменение ширины обрабатываемой полосы достигается с помощью ограничителя, представляющего собой две дугообразные скобы, охватывающие диск с двух сторон. Скобы закреплены одним концом шарнирно и могут приближаться или удаляться от диска, ограничивая дальность полета частиц песка. Транспортер подачи песка состоит из двух цепей втулочно-роликового типа и прикрепленных к ним скребков.

В настоящее время начата поставка комбинированных уборочных машин КО-802, на которые в зимнее время монтируют оборудование для распределения технологических материалов. Отличительной особенностью этих машин является исполнение кузова распределителя, который для разгрузки в правую сторону может принимать наклонное положение. Это позволяет использовать машину при отсутствии снегопадов в качестве самосвала для перевозки снега и технологических материалов.

В табл. 3.5 приведена характеристика отечественных распределителей.

Таблица 3.5

Техническая характеристика распределителей

Показатель	КО-104А	КО-105	КДМ-130	КО-802
Базовое шасси	ГАЗ-5 ЗА	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130	КамАЗ-53213
Вместимость кузова, м ³	2,2	2,7	3,25	6,5
Ширина обрабатываемой полосы, м	7	7	6,5-8,5	8
Плотность посыпки, кг/м ² : пескосоляной смесью	0,25-0,4	0,25-0,4	0,15-0,94	0,25-0,4
реагентами	0,015-0,035	0,015-0,035	0,025-0,15	0,015-0,035
Рабочая скорость, км/ч	15-25	15-25	6-30	18-20
Размеры, м:				
длина	6,5	8,8	9,45	10,3
ширина	2,22	2,3	2,79	3,0
высота	2,24	2,4	2,755	3,1
Масса, кг:				
машины	4050	5000	5180	10500
оборудования	1350	1400	1250	3500

Основы расчета. Для распределения технологических материалов на проезжей части городских дорог используют метательные устройства в виде диска, расположенного параллельно дорожному покрытию. Расчет машин этого назначения включает анализ работы дискового устройства, определение размеров и положения полосы, обрабатываемой машиной, а также затрат энергии, необходимой для работы всех механизмов распределителя.

Режимы работы дискового устройства и его параметры устанавливаются на основании анализа движения песка по разбрасывающему диску и в воздухе до момента контакта с дорогой.

Определение основных режимов и параметров дискового устройства. Движение частиц песка на вращающемся диске весьма сложно, поэтому обычно ограничиваются анализом заключительного этапа движения, когда песчинки встречаются с ребром диска и, перемещаясь вдоль него, отбрасываются диском. В общем случае ребра на диске могут быть расположены радиально или с отклонением от этого положения вперед или назад. Во время движения частицы материала вдоль ребра на нее действуют центробежные аэродинамические силы, силы трения и тяжести, а также силы взаимодействия частиц между собой.

Для упрощения расчетов рассматривают движение частицы при действии на нее центробежных сил и сил трения (рис. 3.20). Дифференциальное уравнение движения частицы песка вдоль ребра диска, отклоненного назад, имеет вид

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\omega\omega\frac{dx}{dt} - \omega^2x = \omega_l^2 r_0 \sin\varphi_0 f - gf,$$

где ω - угловая скорость диска;

f - коэффициент трения материала о поверхность диска;

φ_0 - угол отклонения ребра от радиального положения;

r_0 - радиус ступицы диска.

Решение этого уравнения таково:

$$x = \frac{r_0 \cos\varphi_0 + K_1}{2K} \left\{ (K + f)e^{\omega(K-f)t} + (K - f)e^{-\omega(K+f)t} \right\} - K_1;$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \left(\frac{r_0 \cos \varphi_0 + K_1}{2K} \right) (K^2 - f^2) \omega \cdot \left\{ e^{\omega(K-f)t} - e^{-\omega(K+f)t} \right\},$$

где $K = \sqrt{f^2 + 1}$; $K_1 = r_0 f \sin \varphi_0 + gf/\omega^2$.

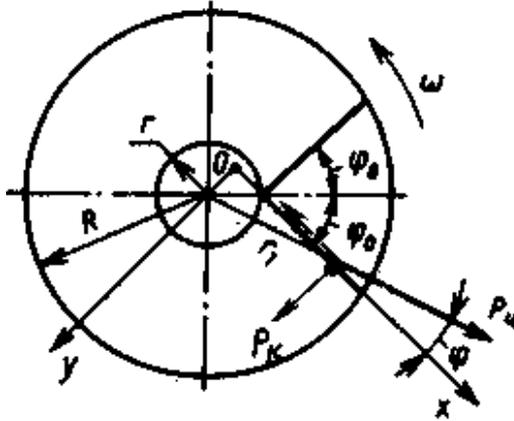


Рис. 3.20. Схема сил, действующих на частицу материала на диске

Если ребра отклонены вперед, то $\varphi = -\varphi$ и $\varphi_0 = -\varphi_0$. Тогда

$$x = \frac{r_0 \cos \varphi_0 + K_1}{2K} \left\{ (K+f)e^{\omega(K-f)t} + (K-f)e^{-\omega(K+f)t} \right\} - K_1;$$

$$v_x = \frac{r_0 \cos \varphi_0 + K_1}{2K} (K^2 - f^2) \omega \cdot \left\{ e^{\omega(K-f)t} - e^{-\omega(K+f)t} \right\},$$

где $K_1 = -r_0 f \sin \varphi_0 - gf/\omega^2$.

Для радиально расположенного ребра $\varphi_0 = 0$ и $\varphi = 0$. Тогда

$$x = \frac{r_0 + K_1}{2K} \left\{ (K+f)e^{\omega(K-f)t} + (K-f)e^{-\omega(K+f)t} \right\} - K_1;$$

$$v_x = \frac{r_0 + K_1}{2K} (K^2 - f^2) \omega \cdot \left\{ e^{\omega(K-f)t} - e^{-\omega(K+f)t} \right\},$$

где $K_1 = -gf/\omega^2$.

Для определения положения обрабатываемой полосы относительно направления движения машины, а также ее ширины необходимо знать угол, на который должен повернуться диск, чтобы частицы песка, находящиеся наиболее близко от оси диска, успели его покинуть. Этот угол аналогичен углу разгрузки. Для определения угла принимают упрощение

$$e^{-\omega(K+f)t} = 0.$$

Тогда угол поворота диска θ , равный $\omega \cdot t$, при разгрузке диска будет определяться по следующим формулам:

для радиального расположения ребра

$$\theta = \frac{1}{K-f} \ln \frac{2KR}{r_0(K+f)};$$

при отклонении ребра назад

$$\theta_n = \frac{1}{K-f} \ln \frac{2K(R_1 + K_1)}{r_0(K+f)(\cos\varphi_0 + f\sin\varphi_0)}$$

и вперед

$$\theta_b = \frac{1}{K-f} \ln \frac{2K(R_1 - K_1)}{r_0(K+f)(\cos\varphi_0 - f\sin\varphi_0)},$$

где R - радиус диска; $R_1 = \sqrt{R^2 - r_0^2 \sin^2 \varphi_0} - r_0 \cos \varphi_0$.

Перемещение частицы по диску является относительным, а движение вместе с диском – переносным движением. Поэтому абсолютная скорость частицы песка в момент, когда она покидает диск:

$$v_a = \sqrt{v_{\text{пер}}^2 + v_x^2}.$$

Частица песка, покидая диск, который движется со скоростью машины, по отношению к поверхности дорожного покрытия будет перемещаться со скоростью $v = v_a + v_m$. Частица движется в воздухе с начальной скоростью v под действием силы тяжести G и силы сопротивления воздуха R (рис. 3.21.). Это движение характеризуется уравнениями:

$$x = \frac{1}{K_1} \ln K_1 v \left(t + \frac{1}{K_1 v} \right);$$

$$y = \frac{1}{K_1} \ln \frac{e^{t\sqrt{gK_1}} + e^{-t\sqrt{gK_1}}}{2};$$

$$t = \frac{1}{2\sqrt{gK_1}} \ln \frac{\sqrt{g/K_1} + v_y}{\sqrt{g/K_1} - v_y} + \frac{1}{K_1 v},$$

где $K_1 = c\rho F/(2m)$;

c - коэффициент сопротивления движению частицы в воздухе;

ρ - плотность воздуха, кг/м^3 ;

F - площадь проекции частицы на плоскость, нормальную к направлению движения частицы, м^2 ;

m - масса частицы, кг ;

v - начальная скорость движения частицы, м/с ;

v_x, v_y - проекции скорости движения частицы на оси координат, м/с .

Приведенные уравнения позволяют определить наиболее важные параметры движения – продолжительность t полета частицы в воздухе, а также дальность x полета. Для нахождения t используют выражение для определения координаты y , которую следует приравнять к высоте h расположения диска над дорожным покрытием. Приведенные формулы дают возможность определить также ширину обрабатываемой полосы.

Положение полосы относительно продольной оси машины может быть найдено следующим образом (рис. 3.22). Исследованиями В.П.Сороки установлено, что частицы песка, поступающие на диск, должны быть удалены от оси диска на расстояние не более $r' = 8/\omega$.

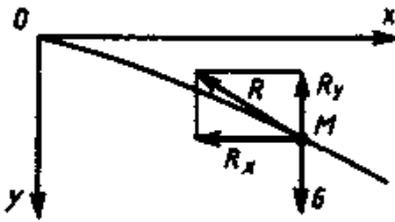


Рис. 3.21. Схема сил, действующих на частицу материала

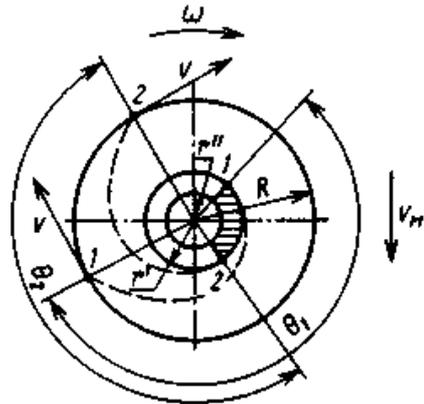


Рис. 3.22. Схема подачи материала на диск при движении в воздухе

Для обеспечения движения частиц к периферии диска они должны поступать на диск не ближе чем $(1,1 \dots 1,2) r = r''$. Эти соотношения дают возможность определить зону, в которой должно находиться место подачи песка. Определив зону подачи материала на диск, можно использовать выражение для угла θ разгрузки и, таким образом, установить направление слета частиц, поступающих на диск. Как следует из приведенной схемы (см. рис. 3.22), наиболее близкая к оси диска частица 1 при повороте диска на угол θ переместится к его периферии и покинет диск. Аналогичный путь проделает частица 2, которая наиболее удалена от частицы 1. Таким образом, все остальные частицы, подаваемые через окно подачи на диск, проделав такой же путь, как частицы 1 и 2, будут покидать диск через зону 1...2, ограниченную этими двумя крайними частицами. Для определения ширины обрабатываемой полосы по известной высоте h расположения диска от поверхности дороги и другим параметрам движения частицы в воздухе вычисляют t и x для частиц 1 и 2. Величина x определит расстояние от диска до встречи частицы с дорогой, положение частиц 1 и 2 на дороге будут определять границы обрабатываемой полосы, по которой можно установить ее ширину.

Определение затрат энергии, необходимой для работы оборудования распределителя. Во время работы распределителя энергия расходуется для привода механизмов подачи материала из кузова машины к разбрасывающему диску и механизмов привода последне-

го. В настоящее время в машинах отечественной конструкции для подачи материала из кузова получили наибольшее распространение скребковые транспортеры. Сила сопротивления движению цепи

$$W = (q_{\Pi}' f_{\Pi}' + q_K f_K + q_{\Pi}'' f_{\Pi}'') L k, \text{ Н},$$

где q_{Π}' - нагрузка от материала, перемещаемого конвейером, Н/м;

f_{Π}' - коэффициент трения материала о сталь;

q_K - нагрузка от частей конвейера, Н/м;

f_K - коэффициент сопротивления движению конвейера;

q_{Π}'' - нагрузка от неподвижного материала, размещенного над перемещаемым материалом, Н/м;

f_{Π}'' - коэффициент внутреннего трения материала;

L - длина конвейера, м;

k - коэффициент, учитывающий сопротивление в подшипниках звездочек и от перегиба цепи.

Рекомендуется принимать $f_{\Pi}' = 0,5$; $f_{\Pi}'' = 1,0$; $f_K = 0,12 \dots 0,25$ и $k = 1,25$.

При эксплуатации зачастую распределители, заполненные технологическими материалами, остаются на дежурстве на период, в течение которого возможно смерзание материала. Поэтому привод транспортера необходимо проверить на этот наиболее тяжелый случай, при котором сила сопротивления движению цепи

$$W_1 = n_{\text{скр}} b h_{\text{скр}} k_{\text{см}}, \text{ Н},$$

где $n_{\text{скр}}$ - число скребков верхней ветви транспортера;

b - ширина скребка, м;

$h_{\text{скр}}$ - высота скребка, м;

$k_{\text{см}}$ - предел прочности смерзшегося материала при сдвиге, Па.

Мощность, необходимая для работы конвейера:

$$N_K = W v_K / (1000 \eta_1);$$

$$N'_k = W_1 v_k / (1000 \eta_1),$$

где v_k - скорость конвейера, м/с;

η_1 - КПД передачи от двигателя к конвейеру.

Для привода распределяющего диска необходима мощность N_d .
Без учета малых по значению затрат энергии

$$N_d = N_{ск} + N_{тр},$$

где $N_{ск}$ - мощность, необходимая для сообщения материалу скорости отбрасывания;

$N_{тр}$ - мощность, необходимая для преодоления сил трения при движении материала по диску.

Мощность N_d можно определить по формуле

$$N_d = m' \omega^2 R^2 \left\{ 1 + (K - f)^2 + 2f(K - f)(1 - r_1^2/R^2) \right\} / (2000 \eta_2),$$

где m' - масса материала, поступающего на диск в единицу времени, кг/с;

$$m' = q' B v_m,$$

где q' - плотность распределения материала, кг/м²; B - ширина обрабатываемой полосы, м;

$$r_1 = (r_1 + r_{11})/2;$$

η_2 - КПД передачи от двигателя к диску.

При движении машины необходимы затраты мощности

$$N_{п} = G_M (f_{кач} + i) v_M / (1000 \eta),$$

где G_M - вес машины, полностью загруженной материалом, Н.

Мощность, необходимая для работы распределителя:

$$N_{\Sigma} = N_k + N_d + N_{п}.$$

3.10. Особенности конструкций машин для зимнего содержания аэродромов

При зимнем содержании аэродромов задействуется как описанная выше техника, применяемая при содержании автомобильных дорог, так и специфичная, учитывающая особенности такого плоскостного сооружения, как аэродром, а также требования, обеспечивающие безопасность полетов в зимнее время.

Хорошие показатели дает применение при зимнем содержании взлетно-посадочной полосы применение машины аэродромной уборочной Амкодор-9561 (ДЭ-235) и машины аэродромной уборочной всасывающей Амкодор-9881 (ПРИМ-8000), изображенных на рис. 3.23 и 3.24.



Рис. 3.23. Аэродромная уборочная машина Амкодор-9561(ДЭ-235)

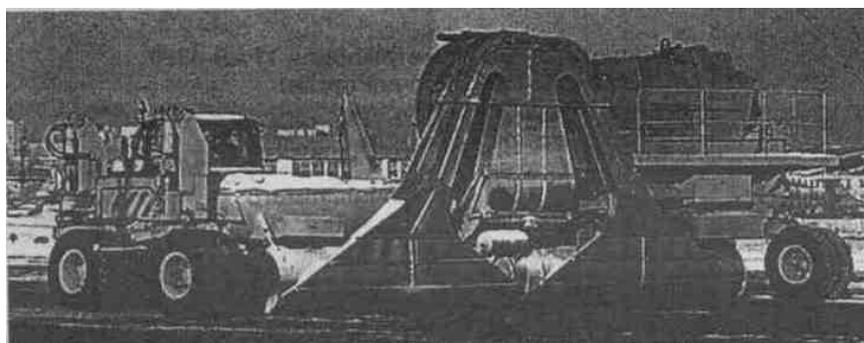


Рис. 3.24. Аэродромная уборочная всасывающая машина Амкодор-9881
(ПРИМ-8000)

Амкодор 9561 (ДЭ-235)
Машина аэродромная уборочная

Производительность по первому проходу, га/ч:	
при очистке от сухого свежеснегавшего снега и мокрого снега высотой 1...4 см	до 16
при очистке от сухого свежеснегавшего снега высотой 1 см с использованием съемного рабочего органа	до 200
при удалении гололедных образований толщиной до 5 мм и при просушке покрытий	до 1,5
Скорости, км/ч:	
транспортная	44,0
рабочая:	
при использовании газоструйной установки:	
в тепловом режиме	4,0
в ветровом режиме	44,0
при использовании отвала, щетки и генератора воздушного потока	25,0
Базовое шасси	одноосный тягач МоАЗ-6442

Амкодор-9881 (ПРИМ-8000)
Машина аэродромная уборочная всасывающая

Производительность, га/ч	9...12
Тип машины	прицепная
Принцип действия	эжекторно-вихревой
Ширина очищаемой полосы, мм	8000
Вместимость бункера, м ³	6,5
Мощность приводного двигателя, кВт/л.с.	294/400

Кроме рассмотренных выше используются машины для круглогодичного содержания аэродромов, изображенные на рис. 3.25–3.27.

Машина аэродромная АКПМ-3 (рис. 3.25) предназначена для круглогодичного использования по содержанию асфальтобетонных и других твердых покрытий аэродромов и дорог различного назначения.

Машина АКПМ-3 смонтирована на шасси ЗИЛ-433362 и выпускается с поливомоечным, щеточным, плужным и дополнительным оборудованием.

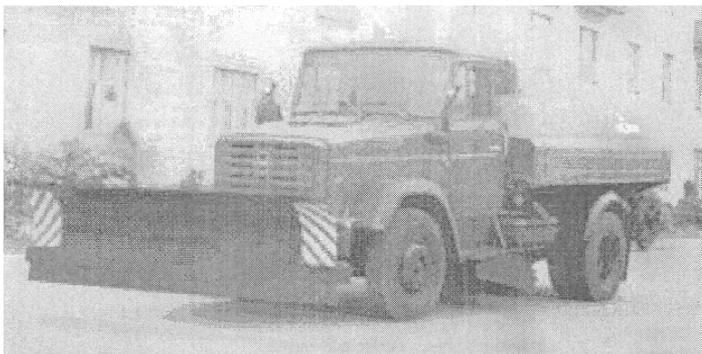


Рис. 3.25

В летний период машина производит поливку и мойку бетонных покрытий, удаление с них пыли, грязи и мелких камней, в зимнее время – очистку бетонных покрытий от свежеевыпавшего снега. Кроме этого возможно применение данной техники для поливки зеленых насаждений. С установленным дополнительным оборудованием машина может быть использована для очистки промышленных, бытовых, ливневых и других трубопроводов от многолетних отложений различной плотности, отсоса различных видов жидкостей из труднодоступных мест (колодцев, скважин, емкостей, котлованов и т.д.), а также в качестве дополнительного средства при тушении пожаров. Привод рабочих органов оборудования машины гидравлический.

Технические характеристики

Модель шасси	ЗИЛ-433362
Вместимость цистерны, м	6,0
Ширина рабочей зоны, м:	
при мойке	8,0
при поливке	15–18
при водоорошении	4,0
при подметании	2,5
при снегоочистке	2,65
Привод управления:	
плугом, щеткой, соплами	гидравлический
центральным клапаном	механический
Тип водяного насоса	центробежный

Скорость движения машины, км/ч:	
рабочая	до 20
транспортная	до 35
Габаритные размеры, мм:	
длина	8500
ширина	3000
высота	2500

Машина аэродромная АС-157 (рис. 3.26) предназначена для внешней мойки самолетов, снятия обледенения с наружных поверхностей обшивки самолетов во время их стоянки, а также для заправки горячей водой водяной системы санузлов самолетов.



Рис. 3.26

Аэродромная машина АС-157 смонтирована на шасси ЗИЛ-433362. Изотермическая цистерна машины позволяет в течение длительного времени поддерживать температуру заправленной горячей воды.

Технические характеристики

Вместимость цистерны, л	5000
Температура заправляемой воды, °С, не более	90
Интенсивность остывания воды в цистерне при внешней температуре минус 1...3°С и скорости ветра 4...7 м/с, °С/ч	1,5...2

Высота подъема пола рабочей площадки над уровнем земли, м	5,3
Число рабочих мест на площадке	2
Управление рабочими органами: центральным клапаном	гидравлическое из кабины водителя
гидроцилиндром рабочей площадки	электрогидравлическое из кабины водителя и с пульта подъемной площадки
Габаритные размеры, мм:	
длина	6630
ширина	2570
высота	2620

Аэродромная комбинированная поливомоечная машина АКПМ-ЗУ (рис. 3.27) на шасси Урал-443206 предназначена для поддержания асфальтобетонных покрытий аэродромов (ВПП, РД, МС) в эксплуатационном состоянии. В зимнее время используется для удаления свежеснегавпавшего снега. Удаление снега производится плугом и щеткой. Плуг поворотный, может устанавливаться под углом 60–90° к оси машины в обе стороны.



Рис. 3.27

По желанию заказчика машина может комплектоваться дополнительно скоростным плугом. Плуг скоростной – неповоротный, с переменным сечением профиля отвала, предназначен для отбрасывания снега на расстояние до 7 м и более за счет увеличения скорости машины до 60 км/ч.

В летнее время машина используется для поливки и мойки асфальтобетонных покрытий, поливки зеленых насаждений, в качестве дополнительного средства – для тушения пожаров, подметания мелкого мусора, для мойки и специальной обработки авиационной техники.

По сравнению с машиной АКПМ-3 машина АКПМ-3У имеет ряд преимуществ:

- более мощное базовое шасси – 180 л.с. (ЗИЛ 433362 – 150 л.с.), колесная формула 4x4, что увеличивает возможности машины при снегоочистке;

- на машине установлен управляемый из кабины водителя поворотный пожарный ствол, который может использоваться как при тушении пожаров, так и для обработки авиационной техники;

- использование скоростного плуга уменьшает время очистки от снега взлетно-посадочных полос, имеющих значительную протяженность;

- установлена щетка большего диаметра (АКПМ-3 – 550 мм, АКПМ-3У – 750 мм).

Технические характеристики

Модель шасси	УРАЛ-43206
Двигатель	ЯМЗ-236
Мощность двигателя, л.с.	180
Вместимость цистерны, л	4200
Габаритные размеры, мм	
длина:	
без плуга	7500
с обычным плугом	10000
со скоростным	10500
ширина	3100
высота	3300
Масса машины полная, кг	13400
Ширина рабочей зоны, м:	
при мойке	8
при поливке	18
при подметании	2,45
при снегоочистке	2,68
Рабочее давление воды, МПа	0,8

4. МАШИНЫ ДЛЯ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭТИХ РАБОТ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

4.1. Машины и оборудование для производства современных материалов для ремонта

При движении по автомобильным дорогам и аэродромам транспортных средств появляются деформации дорожных одежд в виде сквозных проломов, выбоин, колеи, волн, истирания (износа) покрытий. За исключением проломов все виды деформации захватывают только верхние слои дорожной одежды, преимущественно покрытие, и делают ее поверхность неровной.

Проломы – разрушения дорожных одежд на всю толщину до подстилающего грунта. Обычно они возникают на полосах наката, на которых сосредоточивается движение колес. Образуются преимущественно в периоды переувлажнения подстилающего грунта при несоответствии конструкции дорожной одежды типам автомобилей или интенсивности движения. Опасность возникновения проломов при пропуске тяжелых нагрузок может быть установлена контрольными расчетами дорожных одежд или их испытаниями.

Выбоины – местные поверхностные разрушения покрытий в виде углублений – возникают от ударов колес при переездах через неровности покрытия. Причиной выбоин является, как правило, недостаточная связность покрытия, использование загрязненного щебня, включения непрочных каменных материалов и т.п. На малосвязанных щебеночных и гравийных покрытиях в большинстве случаев выбоины имеют плавный продольный профиль, уравнение которого может быть выражено волной синусоиды или параболой. На покрытиях асфальтобетонных или щебеночных, укрепленных органическими вяжущими, выбоины обычно имеют крутые края.

При переезде автомобиля через образовавшуюся в одном месте выбоину происходит удар колеса, который вызывает колебания кузова на рессорах. Во время дальнейшего движения в местах обжатия рессор при колебаниях на покрытия передаются нагрузки, превышающие статическое давление. Поэтому одна своевременно не

заделанная выбоина может явиться причиной возникновения на дороге цепи выбоин, расположенных примерно на одинаковых расстояниях друг за другом. При массе M , приходящейся на одно колесо, и коэффициенте жесткости рессоры k (нагрузка в ньютонах, необходимая, чтобы сжать рессору на 1 см) период колебания кузова автомобиля на рессорах

$$T = 2\pi\sqrt{M/k} .$$

При скорости движения автомобилей v (в км/ч) выбоины будут располагаться на расстоянии (в м)

$$l = \frac{2\pi v}{3,6} \sqrt{\frac{M}{k}} ,$$

которое равно пути, проходимому автомобилем за период одного колебания кузова.

По расчетам, для средних эксплуатационных скоростей автомобилей расстояние между выбоинами должно составлять 2,5...3,5 м, что и наблюдается в действительности.

Поперечные трещины на усовершенствованных покрытиях нежесткого типа вызываются быстрыми резкими понижениями температуры. Весной в период оттаивания на участках с перенасыщенным влагой земляным полотном на покрытии возникает тонкая сетка трещин, как бы разделяющих покрытие на отдельные квадраты. Это свидетельствует о значительном снижении прочности дорожной одежды, которая, если не закрыть движения, может разрушиться.

Колени на дорогах с твердым покрытием представляют собой понижение поверхности в местах сосредоточения проходов по одному следу. Обычно они образуются на дорогах с малой шириной проезжей части (4,5...5,5 м). Колени возникают преимущественно от просадок дорожной одежды при слабом подстилающем грунте в период вскрытия пучин и в меньшей степени от износа покрытия.

Сдвиги – смещения асфальтобетонных покрытий и покрытий из щебня или гравия, обработанных органическими вяжущими мате-

риалами. Они образуются в направлении движения автомобилей в местах частых и интенсивных торможений – на крутых спусках, у перекрестков, перед светофором, у троллейбусных и автобусных остановок. Сдвиги обычно возникают при избытке вяжущего в жаркие летние периоды, когда покрытия размягчаются и становятся пластичными.

Волны – неровности в виде чередующихся поперечных гребней и понижений, располагающихся примерно на равных расстояниях друг от друга – через 0,9...1,2 м. Они хорошо видны ночью, при свете фар по отбрасываемым ими теням. Появление волн обычно связывают с колебаниями колес автомобиля, поскольку расстояние между волнами соответствует пути, проходимому автомобилем за период одного колебания пневматика (около 0,1 с). Наиболее интенсивно происходит образование волн на дорогах при колонном движении однотипных автомобилей. Особенно подвержены образованию волн гравийные дороги.

Для цементобетонных покрытий характерна деформация, связанная с недостаточным качеством их строительства – **шелушение поверхности**, представляющее собой отслаивание мелких частиц материала покрытия, обычно цементного камня и песка, в результате различия значений коэффициентов температурного расширения и расклинивающего действия воды, замерзающей в мелких трещинах. Шелушение бетона часто вынуждает укладывать на бетонную дорогу слои асфальтобетона после нескольких лет эксплуатации слоя асфальтобетона.

Износ – относительно равномерное по площади уменьшение толщины покрытия. Износ тем более равномерен, чем прочнее материал покрытия. Основная причина износа малосвязанных покрытий (щебеночных и гравийных) – в выбивании колесами из покрытия отдельных щебеночек в сухой период года, сметание мелких частиц с покрытия ветром и воздушными вихрями при движении автомобилей или смывание их водой. Для усовершенствованных покрытий наиболее характерен износ и стирание их поверхности шинами.

В связи с продольными и поперечными колебаниями автомобилей при движении давление колес на покрытие то возрастает, то уменьшается. В момент разгрузки колес тяговое усилие временами

может превышать сцепление колес с покрытием ($F > \phi G$). В это время происходит кратковременное пробуксовывание, которое гасится при последующем нажиме колеса. Фактическая частота вращения ведущих колес обычно на 2...4%, а иногда и более превышает частоту вращения, вычисленную исходя из значения радиусов качения.

Проскальзывание отдельных участков шины происходит и при качении колеса без колебаний при изменении линейной скорости беговой части шины – переходе от зоны контакта к участку свободного вращения, т.е. от $\vartheta = r\omega$ к $\vartheta = r_0\omega$, где ω – угловая скорость вращения колеса; r – радиус качения; r_0 – свободный радиус.

У ведущих колес при передаче вращающего момента участки шины, подходящие к зоне контакта с покрытием, сжимаются, т.к. трение протектора о покрытие тормозит движение шины, а вышедшие из контакта участки растягиваются. При этом в задней части отпечатка происходит интенсивное проскальзывание шины. Проскальзывание участков шины в поперечном направлении связано с явлением бокового увода шины.

Во всех случаях при проскальзывании отдельных участков шины впавшиеся в протектор песчинки и пылеватые частицы действуют как абразив, истирающий покрытие. На малосвязанных покрытиях (щебеночных или гравийных) проскальзывающие участки шины могут выдергивать из покрытия отдельные щебенки. Это ярко проявляется в первые дни после устройства поверхностных обработок, когда щебенки, отбрасываемые колесами идущих впереди автомобилей, разбивают ветровые стекла следующих за ними автомобилей.

Износ покрытий зависит от прочности каменного материала, тщательности выполнения строительных работ, своевременности проведения текущих ремонтов, а также от типа автомобилей, степени их нагрузки, скорости движения и типа шин.

Нарастание износа дорожной одежды (мм/год) под действием проезда автомобилей выражается зависимостью

$$И = A + BT,$$

где А – износ от влияния атмосферных факторов (выветривание);

В – параметр, зависящий от конструкции дорожной одежды, состава и скорости движения;

Т – среднегодовая суточная грузонапряженность движения, млн т брутто.

Для покрытий разных типов параметры А и В имеют следующие значения:

	А, мм	В, мм/млн
Т		
Асфальтобетонные	0,4...0,6	0,25...0,55
Усовершенствованные щебеночные и гравийные		1,3...2,8
3,5...6,0		
Щебеночные	4,5...6,5	15...25
Гравийные	3...6	20...30

Меньшие значения относятся к менее прочным каменным материалам.

Поскольку при ремонтах автомобильных дорог и аэродромов ведется восстановление слоев дорожной одежды, на что требуются современные дорожно-строительные материалы, рассмотрим особенности конструкций машин и оборудования для производства таких материалов.

4.1.1. Машины и оборудование для получения кубовидного щебня

Операции дробления и измельчения широко применяются в производстве дорожно-строительных материалов, наиболее распространенным из которых является щебень. В зависимости от механико-конструктивных особенностей и основного метода дробления (раздавливание, раскалывание, удар, истирание) применяемое оборудование делится на две группы [1, 2]: дробилки и мельницы. В дробилках рабочие органы между собой не соприкасаются, а пространство между ними заполняется дробимым материалом. В мельницах дробящие органы могут соприкасаться между собой. Дробилки применяются для измельчения сравнительно крупных кусков (на-

206

чальный размер до 1500 мм), а мельницы – для получения порошков с размером частиц не более 0,1...0,3 мм, при этом размер начальных кусков составляет 2–60 мм [1].

По конструктивным признакам дробилки подразделяются на следующие группы [1]:

- щековые, в которых разрушение материала происходит при сближении подвижной и неподвижной щек;
- конусные, в которых разрушение материала происходит между внешним подвижным конусом и концентрически расположенным внутренним конусом, совершающим обкатку на эксцентричной оси;
- валковые, в которых материал разрушается между двумя валками, вращающимися навстречу друг другу;
- ударные дробилки, в которых разрушение материала производится при ударе вращающихся шарнирных или жестких бил, а также при ударе о стенки камеры дробления под действием центробежных сил.

По конструкции и принципу действия различают следующие типы мельниц [1]:

- барабанные шаровые, в которых материал измельчается внутри вращающегося барабана, заполненного шарами (стержнями);
- роликовые маятниковые, в которых материал измельчается между неподвижным кольцом и вращающимися шарнирно подвешенными роликами;
- роликовые (шариковые) кольцевые, в которых размол материала осуществляется между роликами и вращающимся кольцом, служащим дорожкой катания;
- молотковые, в которых измельчение производится быстровращающимися шарнирными или жестко закрепленными молотками;
- вибрационные, в которых измельчение производится между мелющими телами, загруженными в вибрируемый корпус;
- мельницы струйной энергии, измельчение в которых производится за счет соударения частиц друг с другом и со стенками камеры при их движении в турбулентном воздушном потоке.

Основные принципы конструкции большинства дробилок были разработаны еще в XIX веке: валковые дробилки появились в Англии в 1806 году; щековые – в США в 1858 году; там же конусные и

молотковые в 1877 и 1895 годах соответственно; патент на роторную дробилку был выдан еще в 1842 году, но использоваться практически они начали лишь спустя несколько десятилетий. В связи с высокой энерго- и материалоемкостью операций дробления (согласно статистическим данным Санкт-Петербургского Горного института [2] на них затрачивается не менее 5 % всей вырабатываемой в стране электроэнергии и 2...3 % выплавляемого металла) главной задачей создателей дробильного оборудования является обеспечение, наряду с эффективностью и надежностью, его высокой экономичности.

При производстве дорожных работ, особенно ямочного ремонта и поверхностной обработки, большое значение имеет форма минерального материала (щебня). Форма щебенки должна быть как можно ближе к кубовидной, чтобы обеспечивать их устойчивое положение на поверхности покрытия, эффективную передачу нагрузки от колес транспортных средств на нижележащие слои и высокий коэффициент сцепления с колесами транспортных средств.

Форма частиц щебня напрямую зависит от способа дробления горной породы. В настоящее время в Республике Беларусь, России и странах Европы существуют и развиваются несколько направлений производства кубовидного щебня:

- технология разрушения материала ударом, реализованная в центробежных дробилках разработки и производства НПО «Центр» (г. Минск), а также дробилках BARMAC фирмы METSO MINERALS (Финляндия) и «Титан – Д» производства ЗАО «Новые технологии» (г. Санкт-Петербург);

- измельчение материала с применением вибрационных щековых и конусных инерционных дробилок разработки и производства АО «Механобр–Техника» (г. Санкт-Петербург) и ОАО «Костромской завод «Строммашина»»;

- измельчение материала с применением конусных дробилок, имеющих гидравлическое регулирование разгрузочной щели, выпускаемых ОАО «Дробмаш» (г. Выкса Нижегородской области), METSO MINERALS (Svedala (Швеция)), ALTA (Чехия);

- измельчение материала с применением роторных дробилок производства вышеперечисленных предприятий, а также научно-

технического кооператива «Млын» (г. Могилев), японских фирм Komatsu и Nakayama, немецких фирм Krupp Forder – Technic и Westfalia & Braun, Eagle (США) и ЗАО «Ново-Краматорский машиностроительный завод» (Украина).

Дробилки роторного типа. Применение роторной дробилки ДРО-630 в дробильно-сортировочной установке для производства кубовидного щебня, выпускаемой ОАО «Дробмаш» (рис. 4.1), позволяет получать около 85% щебня кубовидной формы в готовом продукте. Основные технические характеристики установки представлены в табл. 4.1.

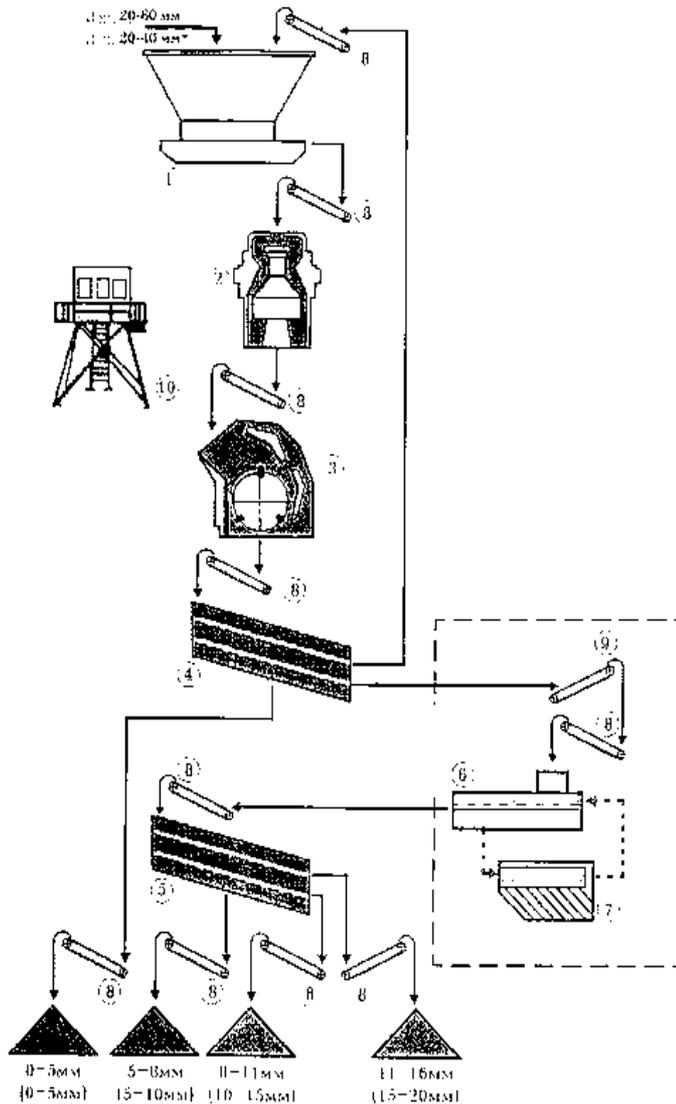


Рис. 4.1. Дробильно-сортировочная установка для производства кубовидного щебня, выпускаемая ОАО «Дробмаш» (г. Выкса Нижегородской области): 1 – вибропитатель ДРО-605-20; 2 – агрегат мелкого дробления ДРО-623 с дробилкой ДРО-601-30 (исполнение I) или с дробилкой СМД-120 АТ (исполнение II); 3 – агрегат грануляции ДРО-630; 4 – агрегат сортировки ДРО-624; 5 – агрегат сортировки ДРО-264-10; 6 – мойка вибрационная ДРО-636; 7 – система оборотного водоснабжения ДРО-648; 8 – конвейер ленточный ДРО-631 (10 шт.); 9 – конвейер ленточный ДРО-631-30 (1 шт.); 10 – агрегат управления У 7810.4А

Таблица 4.1

Основные технические характеристики установки для производства кубовидного щебня, выпускаемой ОАО «Дробмаш» (г. Выкса Нижегородской области)

№ п/п	Параметр	Величина	
1	Объем приемного бункера, м ³	7,0	
2	Установленная мощность, кВт	260	
3	Масса установки, т	116,7	
4	Размер площадки под установку, м	50,0 x 40,0	
5	Производительность по готовому продукту, м ³ /ч	Исполнение I	Исполнение II
	при выходе продукта фракции 0...20 мм	30	40
	при выходе продукта фракции 0...15 мм	12	28

Более высокая производительность при комплектации установки в исполнении II обусловлена применением в качестве агрегата мелкого дробления дробилки модели СМД-120 АТ, предназначенной для дробления горных пород с пределом прочности при сжатии до 200 МПа, дробление более прочных пород (с пределом прочности при сжатии до 300 МПа) требует применения дробилки ДРО-601-30 (исполнение I) и приводит к снижению производительности.

Принцип работы роторной дробилки типа ДРО-630 (рис. 4.2) заключается в следующем [3]: горная масса с помощью питающего устройства подается в приемное отверстие дробилки, где отдельные куски ударяются о билы, жестко прикрепленные к массивному вращающемуся ротору; ударом била куски раздробливаются и отбрасываются на отбойные плиты, при этом куски материала, близкие по размеру к величине выходной щели, проходят через нее и, в зависимости от конструкции дробилки, попадают во вторую камеру дробления или на разгружающий ленточный транспортер, а более крупные куски снова попадают на била ротора и дробятся до требуемого размера. Таким образом, в роторных дробилках разруше-

ние материала достигается за счет удара била, удара об отбойные плиты, а также удара кусков дробимого материала друг о друга. Для изменения выходных щелей отбойные плиты имеют механизмы регулировки, являющиеся одновременно и предохранительными устройствами.

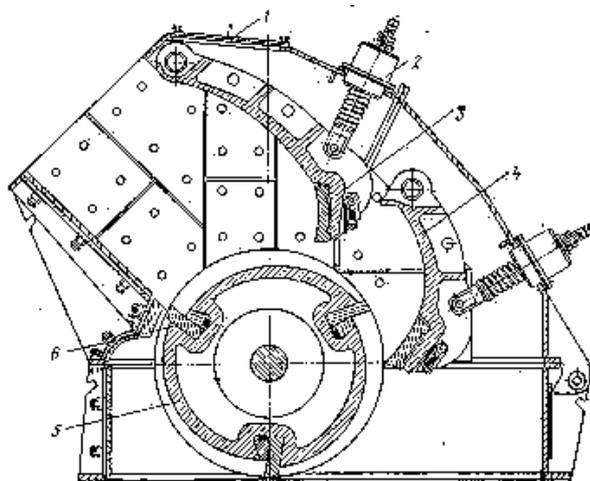


Рис. 4.2. Конструкция роторной дробилки типа ДРО-630 производства ОАО «Дробмаш» (г. Выкса Нижегородской области):

1 – корпус дробилки; 2 – регулировочно-предохранительное устройство;
3 – верхняя отбойная плита; 4 – нижняя отбойная плита; 5 – узел ротора; 6 – била

Недостатком технологии получения кубовидного щебня с помощью роторных дробилок описанной выше конструкции является относительно низкое содержание зерен щебня кубовидной формы в готовом продукте, низкая производительность, необходимость проведения частых ремонтов дробилки вследствие быстрого износа рабочих органов, особенно при работе с материалами высокой твердости и абразивности.

Альтернативой роторным дробилкам описанной выше конструкции являются роторно-цепные дробилки разработки и производства научно-технического кооператива «Млын» (г. Могилев). Конструкция данных дробилок представляет собой цилиндрический корпус,

в котором вращается вертикальный вал с шарнирно закрепленными на нем билами. Конструкция шарниров аналогична конструкции многорядной втулочно-роликовой цепи. В нижней части вал опирается на подшипниковый узел, а в верхней установлен приводной шкив ременной передачи. Дробление материала происходит в результате удара вращающихся бил. Двигаясь по окружности, измельчаемый материал ударяется о колосниковую решетку, установленную по периметру корпуса на расстоянии около 100 мм от его внутренней поверхности, размер щелей между прутками которой определяет фракционный состав готового продукта. Загрузка материала производится через загрузочный люк в верхней части корпуса, выгрузка – через отверстия в его нижней части. Для осмотра и замены изношенных рабочих органов (бил) или прутков колосниковой решетки в корпусе предусмотрено два люка, расположенных на его противоположных сторонах. Краткая техническая характеристика дробилки представлена в табл. 4.2.

Т а б л и ц а 4.2

Краткая техническая характеристика роторно-цепной дробилки разработки и производства научно-технического кооператива «Млын» (г. Могилев)

№ п/п	Параметр	Величина
1	Производительность по питанию, м ³ /ч	20...30
2	Крупность исходного материала, мм, не более	100
3	Мощность электродвигателя привода, кВт	55
4	Частота вращения вала дробилки, об/мин	555
5	Габаритные размеры, мм:	
	длина	3115
	ширина	1380
	высота	1750
6	Масса, кг	2300

Испытания описанной выше дробилки в цеху предприятия-изготовителя при измельчении гранитного щебня фракции 40–60 мм ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ» позволили получить готовый продукт, фракционный состав которого представлен в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Фракционный состав щебня, полученного при испытаниях роторно-цепной дробилки разработки и производства научно-технического кооператива «Млын» (г. Могилев)

Фракция, мм	40	30	25	20	15	12,5	10	7,5	5	2,5	1,25	<1,25
Количество на сите, г	45	200	310	850	1360	400	360	345	230	135	105	215
Количество на сите, %	1,0	4,4	6,8	18,7	29,9	8,8	7,9	7,5	5,0	3,0	2,5	4,7

К достоинствам данной дробилки следует отнести низкую металлоемкость, простоту конструкции и, как следствие, – невысокую стоимость. Недостатками являются отсутствие защиты рабочих органов дробилки от повреждений при попадании недробимых предметов в камеру дробления, что требует установки перед загрузочным люком металлоулавливателя и быстрый износ рабочих органов при работе с материалами высокой твердости и абразивности.

Конусные дробилки, имеющие гидравлическое регулирование разгрузочной щели. Для производства кубовидного щебня ряд предприятий предлагает конусные дробилки среднего и мелкого дробления, имеющие гидравлическое регулирование разгрузочной щели. Так, компанией METSO MINERALS, образованной в 2001 году фирмами «Nordberg» (Финляндия) и «Svedala» (Швеция), предлагается гамма конусных дробилок производительностью от 20 до 420 т/ч, имеющих диаметр дробящего конуса от 1000 до 3000 мм, мощность привода от 75 до 550 кВт, массу от 5400 до 64100 кг; фирмой «ALTA» (Чехия) предлагаются конусные дробилки производительностью от 30 до 570 т/ч, имеющие мощность привода от 55 до 250 кВт, массу от 4100 до 34600 кг; ОАО «Дробмаш» (Россия) разработана конусная дробилка модели ДРО-560.

Конструктивно конусные дробилки, имеющие гидравлическое регулирование разгрузочной щели, идентичны конусным дробилкам традиционной конструкции. Регулировка разгрузочной щели в данных дробилках осуществляется с помощью мощного гидравлического цилиндра, который обеспечивает и регулирует положение рабочего вала с подвижным конусом относительно неподвижного конуса (рис. 4.3).

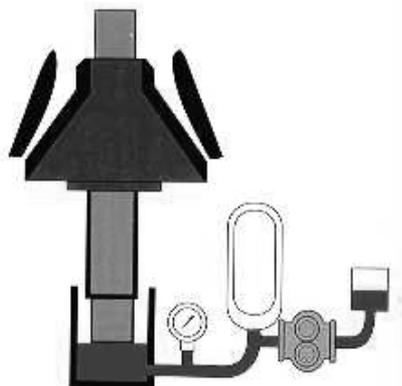


Рис. 4.3. Гидравлическое регулирование разгрузочной щели конусной дробилки

В данной конструкции нижнего опорного узла вертикальные нагрузки от веса дробящего конуса и составляющая от усилия дробления воспринимаются поршнем, изменяя положение которого (за счет изменения давления в гидросистеме) можно регулировать величину зазора между подвижным (внутренним) и неподвижным (наружным) конусами.

Описанная выше конструкция обеспечивает также защиту узлов дробилки от поломок при попадании в камеру дробления недробимых предметов (рис. 4.4).

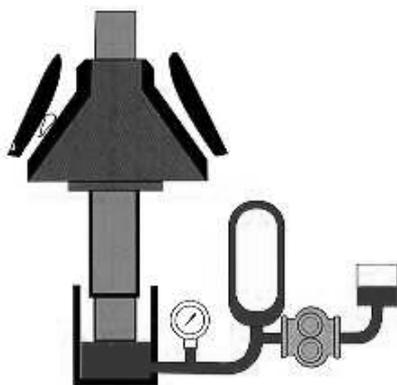


Рис. 4.4. Гидравлическая защита узлов дробилки от перегрузок при попадании недробимых предметов в камеру дробления

При перегрузке вследствие попадания недробимого предмета конус опускается вниз, выдавливая масло из-под поршня в гидроаккумулятор; после прохождения недробимого предмета через камеру дробления конус автоматически возвращается в исходное положение под действием давления масла, величина которого регулируется настройкой клапанов гидросистемы.

В случае внезапной остановки дробилки под нагрузкой при отключении питающего напряжения дробящий конус может быть опущен для опорожнения камеры дробления, а неподвижный конус повернут для обеспечения более равномерного износа.

Данные конструктивные отличия, особенно в сочетании с системой дистанционного контроля и регулирования величины разгрузочной щели и системой автоматического управления, позволяют получить до 85% щебня кубовидной формы в готовом продукте, что недостижимо при использовании конусных дробилок традиционной конструкции, а также предотвращают забивание камеры дробления при работе с влажными материалами, тем самым снижая запыленность рабочей зоны, улучшая условия труда работающих и экологическую обстановку.

В то же время дальнейшее увеличение выхода щебня кубовидной формы в готовом продукте при использовании конусных дробилок с гидравлическим регулированием разгрузочной щели не представляется возможным вследствие особенностей самого механизма из-

мельчения, так как основное дробящее действие конусных дробилок – раздавливание в сочетании с разломом – не учитывает наличия микротрещин, дефектов структуры и особенностей кристаллической решетки минеральных материалов. Кроме того, конусные дробилки описанной выше конструкции имеют ряд недостатков, таких как высокая энергоёмкость процесса дробления, значительная металлоёмкость, относительно низкий выход щебня кубовидной формы в готовом продукте, что определяет как их высокую стоимость, так и высокую стоимость получаемого материала.

Вибрационные щековые и конусные инерционные дробилки. На основании исследований в области физики твёрдого тела и теории колебаний АО «Механобр–Техника» (г. Санкт-Петербург) созданы вибрационные щековые и конусные дробилки, свободные от недостатков традиционных эксцентриковых дробилок и при этом позволяющие достигнуть ряда преимуществ, главное из которых – повышение качества щебня (кубовидность готового продукта в пределах 85...92 %) и снижения выхода отсевов фракции 0...5 мм до уровня 20...28 % [4].

На рис. 4.5 изображена конструктивная схема виброщековой дробилки, дробление материала в которой осуществляется между двумя щеками, подвешенными к корпусу на торсионах и совершающими противофазные синхронные колебания под действием вибровозбудителей. При встречном движении щек происходит процесс дробления, при расхождении – разгрузка продукта. Регулируя возмущающую силу вибраторов, можно изменять степень дробления в пределах 15, в то время как щековая дробилка традиционной конструкции имеет степень дробления около 4. Для снижения динамических нагрузок на фундамент дробилка снабжена упругими амортизаторами.

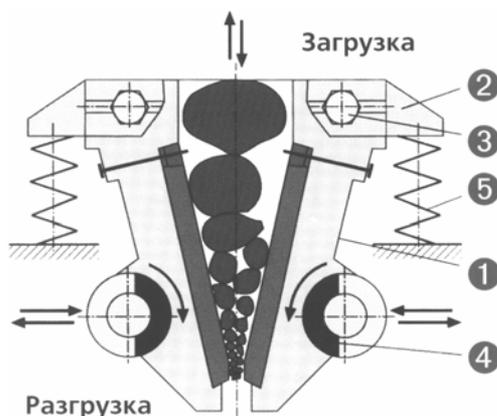


Рис. 4.5. Конструктивная схема виброщечковой дробилки разработки и производства АО «Механобр–Техника» (г. Санкт-Петербург):
 1 – подвижная щека; 2 – корпус; 3 – торсион; 4 – вибровозбудитель (дебалансный вибратор); 5 – упругий амортизатор

АО «Механобр–Техника» (г. Санкт-Петербург) выпускаются виброщечковые дробилки, имеющие размеры приемного отверстия от 80 x 300 мм до 1200 x 1500 мм производительностью по питанию от 1 до 300 т/ч, крупностью питания от 65 до 1000 мм, крупностью готового продукта от 15 до 120 мм, установленная мощность которых составляет от 15 до 110 кВт, а масса от 1,4 до 54 т.

При вращении вибратора конусной инерционной дробилки, конструктивная схема которой изображена на рис. 4.6, генерируется центробежная сила, заставляющая внутренний конус совершать гирационное движение на сферической опоре, в результате чего конус также приобретает свою центробежную силу, зависящую от его амплитуды. Последняя определяется степенью деформации слоя материала и величиной центробежной силы вибратора. В свою очередь величина силы сопротивления слоя зависит от степени его уплотнения. Таким образом, меняя величину дробящей силы, можно обеспечить такую степень уплотнения слоя, при которой частицы материала, подвергаясь всесторонней нагрузке, будут разрушаться преимущественно по слабым межкристаллическим зонам без нарушения целостности самих кристаллических блоков, что приводит к

получению продукта дробления преимущественно кубовидной формы при минимальном переизмельчении [4].

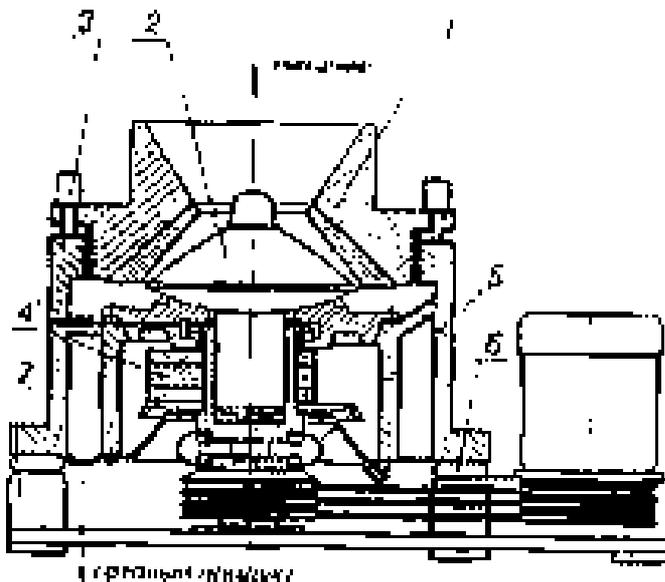


Рис. 4.6. Конструктивная схема конусной инерционной дробилки (КИД) разработки и производства АО «Механобр–Техника» (г. Санкт-Петербург):

- 1 – наружный конус; 2 – внутренний конус; 3 – корпус; 4 – приводной дебалансный вибровозбудитель; 5 – эластичная муфта;
- 6 – упругие амортизаторы; 7 – металлическая опора

На рис. 4.7 изображен график гранулометрических составов готовых продуктов конусных инерционных дробилок АО «Механобр–Техника» и конусных эксцентриковых дробилок традиционной конструкции на примере производства гранитного или габбродиабазового щебня [4].

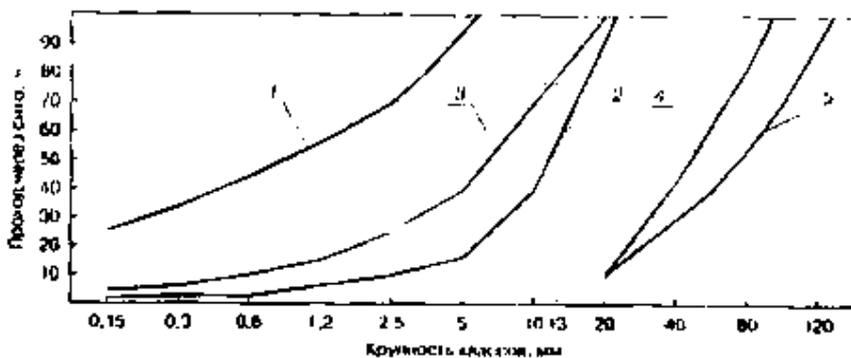


Рис. 4.7. Кривые гранулометрического состава питания и готового продукта дробилок с эксцентриковым и вибрационным приводами при производительности до 150 т/ч:

- 1 – продукт дробилки КИД-1200 (670 об/мин);
- 2 – продукт дробилки КИД-1200 (440 об/мин);
- 3 – продукт эксцентриковой дробилки;
- 4 – питание эксцентриковой дробилки;
- 5 – питание дробилки КИД-1200

Сравнивая графики на примере конуса диаметром 1200 мм, видим, что при более крупном питании дробилки КИД позволяют получать продукт, совпадающий по верхнему классу с продуктом эксцентриковых дробилок, но по классу крупности мельче 5 мм, который не входит в состав щебня и считается отсевом, дробилки КИД могут снижать его содержание с 35...40 (характерного для эксцентриковых дробилок) до 15–20 %. Кубовидность щебня при этом достигает для КИД 85...92 %, а для эксцентриковых – 60...86 %.

На том же графике изображена кривая гранулометрического состава готового продукта дробилки КИД-1200 после увеличения частоты вращения ее вибровозбудителя с 440 до 670 об/мин. Это позволяет получить материал, близкий к готовому продукту стержневой мельницы, демонстрируя многофункциональность дробилок данной конструкции.

АО «Механобр–Техника» выпускаются конусные инерционные дробилки с диаметром дробящего конуса от 600 до 2200 мм, производительностью по питанию от 15 до 300 т/ч, крупностью питания от 60 до 130 мм, установленная мощность которых составляет от 75 до 630 кВт, а масса от 8 до 180 т.

На рис. 4.8 и 4.9 изображены соответственно конусные инерционные дробилки КИД-900 производства АО «Механобр–Техника» (г. Санкт-Петербург) и КИД-600 МК производства ОАО "Костромской завод «Строммашина»".



Рис. 4.8. Конусная инерционная дробилка КИД-1200 производства АО «Механобр–Техника» (г. Санкт-Петербург)

Недостатками конусных инерционных и, особенно, вибрационных щековых дробилок являются относительно низкий выход щебня кубовидной формы в готовом продукте, высокая металлоемкость конструкции и энергоемкость процесса дробления, определяющие высокую стоимость данного оборудования и получаемого материала.

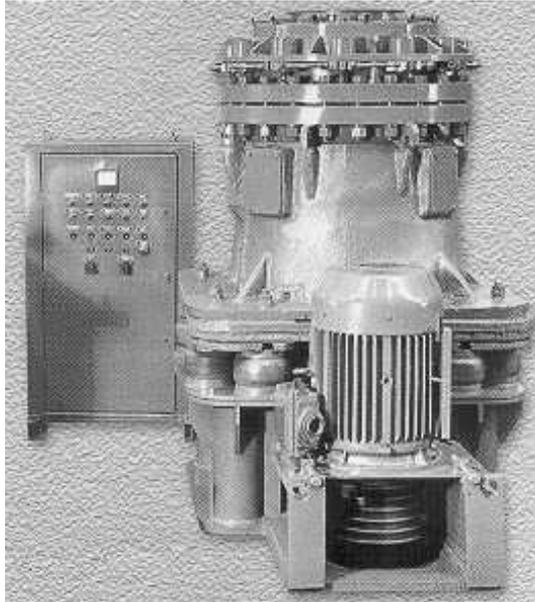


Рис. 4.9. Конусная инерционная дробилка КИД-600 МК производства ОАО "Костромской завод «Строммашина»"

Центробежные дробилки. Наиболее перспективным направлением в технологии дробления является разрушение материала ударом, реализованное в центробежных дробилках разработки и производства НПО «Центр» (г. Минск). Конструктивная схема дробилки данного типа изображена на рис. 4.10.

Принцип работы дробилки, конструктивная схема которой изображена на рис. 4.10, заключается в следующем: исходный материал через воронку 1 подается в центр вращающегося ускорителя 2, который с большой окружной скоростью (более 50 м/с) разбрасывает его на отбойную поверхность камеры измельчения 3, сформированную исходным материалом. В камере измельчения частицы материала разрушаются под действием энергии удара, свободно падают вниз и через кожух выгрузки готового продукта 4 подаются на ленточный транспортер, а далее – на другое оборудование дробильно-сортировочной линии. В результате такого воздействия разрушение материала происходит по слабым межкристаллическим зо-

нам и концентраторам напряжений без нарушения целостности самих кристаллических блоков, что приводит к получению щебня преимущественно кубовидной формы (процент зерен пластинчатой и игловидной формы значительно ниже предельных требований ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ» для I группы и составляет 2...7 %), позволяет повысить прочность щебня на 10...15 % за счет снижения трещиноватости частиц, получать щебень с низким содержанием пылевидных частиц (около 1 %).

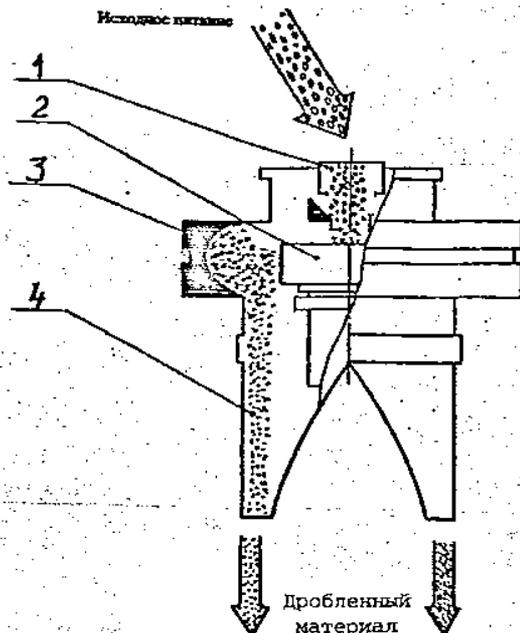


Рис. 4.10. Конструктивная схема центробежной дробилки разработки и производства НПО «Центр» (г. Минск):

- 1 – загрузочная воронка; 2 – ускоритель; 3 – камера измельчения;
4 – кожух выгрузки готового продукта

О качестве получаемого готового продукта можно судить на примере щебня, произведенного в карьере «Микашевичи» (Пинская область, Лунинецкий район) и на щебеночном заводе «Глушкевичи» (Гомельская область, Лельчицкий район) из гранитной породы,

имеющей твердость 18...20 по шкале Протодяконова, основные характеристики которого представлены в табл. 4.4.

Т а б л и ц а 4.4

Основные характеристики щебня, полученного с помощью центробежных дробилок производства НПО «Центр» (г. Минск)

Тип дробилки	Лещадность, %	Марка по дробимости	Содержание пылевидных частиц, %
ДЦ-1,6	2...7	5,9...7,1	< 1,0

Устройство дробилки центробежного типа производства НПО «Центр» изображено на рис. 4.11 и включает в себя раму, на которой смонтирован корпус с опорным блоком, камеру измельчения, в которой на вертикальном валу вращается ускоритель, приводимый в действие посредством электродвигателя с центробежной муфтой через конический редуктор и карданную передачу. Камера измельчения сверху закрыта крышкой с загрузочной воронкой, а в нижней части к ней присоединены два кожуха выгрузки готового продукта. Вал ускорителя нижним концом опирается на подшипниковый узел, использующий принцип пневмоопоры, необходимое давление в которой создается вентилятором наддува.

Такая конструкция дробилки отличается простотой, малой металлоемкостью, низким уровнем вибраций, что позволяет устанавливать ее на любой отметке производственного здания или металлоконструкции.

В то же время недостатками дробилки являются: использование в качестве исходного материала щебня крупностью не более 40 мм, что требует установки оборудования среднего дробления перед линией производства кубовидного щебня; повышенная запыленность рабочей зоны дробилки, вызывающая необходимость монтажа системы аспирации; снижение ресурса и ухудшение эксплуатационных показателей при работе с исходным материалом, имеющим влажность более 8% (так как при дроблении влажного материала воз-

можно забивание полостей ускорителя, приводящее к его дисбалансу).

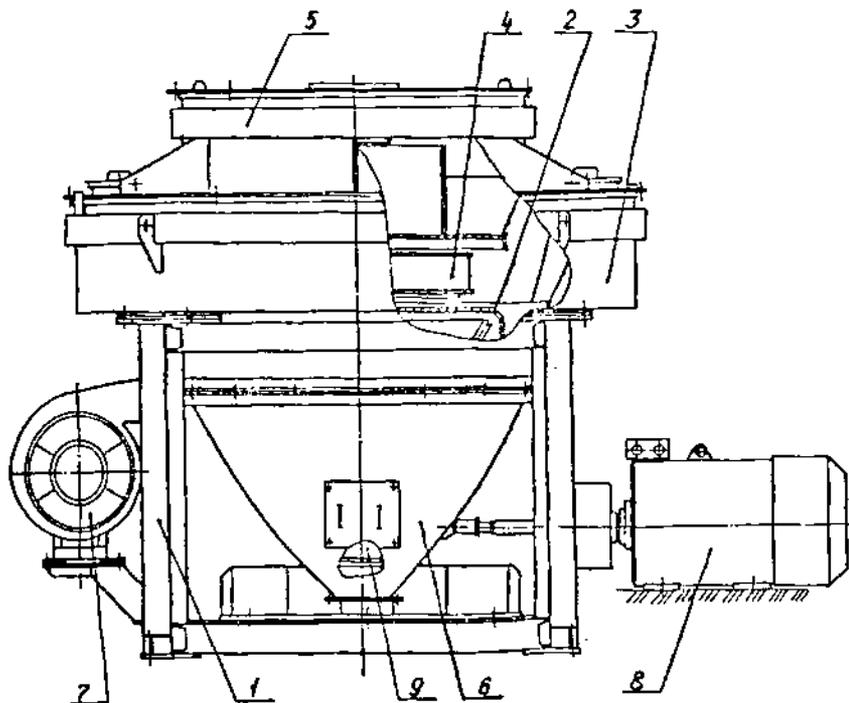


Рис. 4.11. Устройство центробежной дробилки разработки и производства НПО «Центр» (г. Минск):

- 1 – рама; 2 – корпус с опорным блоком; 3 – камера измельчения; 4 – ускоритель;
- 5 – крышка с загрузочной воронкой; 6 – кожух выгрузки готового продукта;
- 7 – вентилятор наддува; 8 – электродвигатель с центробежной муфтой;
- 9 – конический редуктор

В настоящее время НПО «Центр» выпускаются дробилки центробежного типа производительностью по питанию от 20 до 250 т/ч, установленной мощностью от 75 до 315 кВт, массой от 2 до 15

т, стоимость которых составляет от 20000 до 150000 USD. Общий вид дробилки производства НПО «Центр» изображен на рис. 4.12.

Дробилки центробежного типа выпускаются также фирмой «METSO MINERALS» (Финляндия), которая производит данное оборудование под маркой «BARMAC» производительностью по питанию от 12,5 до 750 т/ч при крупности исходного материала от 32 до 66 мм, установленной мощностью от 30 до 440 кВт, массой от 3550 до 17150 кг, а также ЗАО «Новые технологии» (г. Санкт-Петербург) под маркой «Титан-Д» производительностью по питанию от 150 до 500 т/ч при крупности исходного материала от 60 до 100 мм, установленной мощностью от 110 до 630 кВт, массой от 9000 до 30000 кг.



Рис. 4.12. Дробилка центробежная ДЦ – 1.6 разработки и производства НПО «Центр» (г. Минск)

Для объективной оценки эффективности работы дробилок, позволяющих получать кубовидный щебень, в табл. 4.5 приведены

основные технические характеристики сопоставимых моделей данного оборудования.

Таблица 4.5

Основные технические характеристики дробильного оборудования
по производству кубовидного щебня фракции 5...20 мм

№	Параметр	METSO MINERALS GP 100	ALTA HCC 7	ВЩД 600 x 1200	КИД 1200	METSO MINERALS BARMAC B-6100	ДЦ-1.25	Титан Д-125
1	Тип дробилки	Конус с гидрорег.	Конус с гидрорег.	Виброщечковая	Конус инерц.	Центробежная	Центробежная	Центробежная
2	Производительность по питанию, т/ч	До 115	До 115	100	100	До 135	До 120	До 120
3	Крупность исходного материала, не более, мм	120	65	500	100	43	40	40
4	Содержание материала кубовидной формы в готовом продукте, %	До 85	До 85	До 85	85...92	90	93...98	93...98
5	Установленная мощность, кВт	90	90	90	200	110	200	200
6	Габаритные размеры, мм:							
	длина	1320	н.д.	4000	3800	2900	2400	2400
	ширина	1320	н.д.	3250	2500	1600	2400	2500
	высота	2038	н.д.	3100	3500	3617	3200	3200
7	Масса, кг	5700	4300	30000	30000	6160	9000	9000

4.1.2. Оборудование для мойки щебня

Чистота поверхности щебня существенно влияет на его связь с вяжущим, величину адгезии и характеристики распада битумной эмульсии. Поэтому щебень, применяемый для производства дорожных работ, особенно поверхностной обработки и ямочного ремонта с использованием битумной эмульсии, должен быть очень чистым. Для выполнения этих требований щебень необходимо тщательно промывать во время производства и не допускать его загрязнения в процессе транспортирования, хранения и использования в технологии ремонта покрытий автомобильных дорог.

Технологическая операция мойки щебня может выполняться как после, так и в процессе его сортировки (грохочения) или непосредственно перед использованием в технологии производства дорожных работ, что находит отражение в конструкциях моечного оборудования [1].

Если загрязненность невелика (менее 5%), то промывка материала может производиться в процессе сортировки на грохотах; конструктивная схема данного оборудования представлена на рис. 4.13.

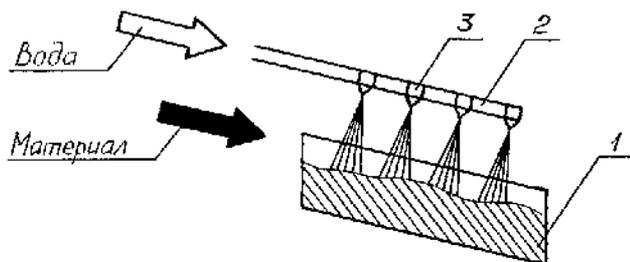


Рис. 4.13. Конструктивная схема грохота для промывки щебня:
1 – грохот; 2 – трубы подачи воды; 3 – форсуночки

Принцип действия данного оборудования (см. рис. 4.13), называемого также вибрационной мойкой, заключается в следующем: на грохот 1 по трубам 2 подается под давлением вода, которая равномерно распределяется по площади сит посредством форсунок 3, интенсивно промывая сортируемый материал.

Для промывки гравия и щебня средней загрязненности применяются барабанные гравиемойки-сортировки (рис.4.14).

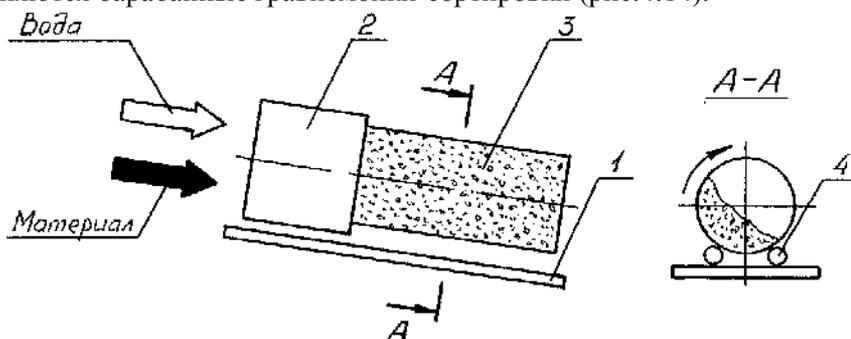


Рис.4.14. Конструктивная схема барабанной гравиемойки-сортировки:
1 – рама; 2 – секция промывки; 3 – секция грохочения; 4 – опорные ролики

Гравиемойка-сортировка состоит из барабана, установленного на вращающихся опорных роликах под углом 10...12° к горизонту, смонтированного на раме и имеющего одну глухую и несколько перфорированных секций. В глухой секции происходит промывка, а в перфорированных секциях, имеющих отверстия разного диаметра, – сортировка материала по фракциям. Подача чистой воды производится в секцию промывки через распределительные трубы.

Производительность и эффективность промывки и грохочения зависят от угловой скорости вращения барабана. При слишком большой скорости материал будет прижиматься к стенкам барабана, а производительность резко упадет. Для достижения максимальной производительности необходимо выбрать оптимальную скорость вращения, которая определяется по формуле [1]

$$\omega = \frac{0,80 - 1,40}{\sqrt{R}}, \text{ рад/с,}$$

где R – радиус барабана, м.

Для промывки сильно загрязненных материалов применяются барабанные мойки, конструктивная схема которых изображена на рис. 4.15.

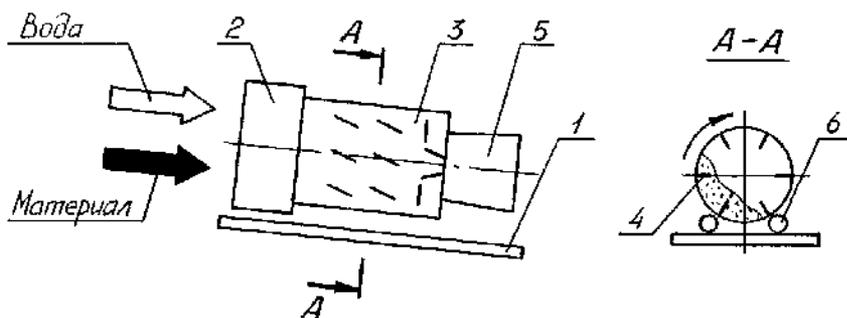


Рис. 4.15. Конструктивная схема барабанной мойки:
 1 – опорная рама; 2 – приемная секция; 3 – барабан; 4 – лопасть;
 5 – конус выгрузки; 6 – опорные ролики

Промывка материала в барабанных мойках производится во вращающемся на опорных роликах барабане, установленном на раме под углом $6...8^\circ$ к горизонту. При вращении барабана материал поднимается лопастями, образующими на его внутренней поверхности винтовую линию, сбрасывается вниз и одновременно (за счет наклона мойки и конфигурации лопастей) продвигается к разгрузочному конусу. Вода подается внутрь барабана посредством распределительных труб с форсунками. Изменяя угол наклона барабана к горизонту и его частоту вращения в соответствии с приведенной выше зависимостью, можно изменять производительность установки.

Для промывки материалов применяется также корытная мойка, конструктивная схема которой изображена на рис. 4.16.

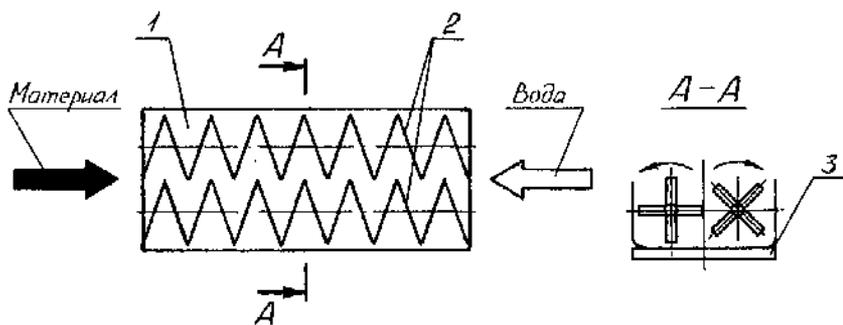


Рис. 4.16. Конструктивная схема корытной мойки:

1 – корыто; 2 – вал с лопастями; 3 – рама

Промывка материала на данном оборудовании производится в наклонно установленном корыте, в котором навстречу друг другу вращаются два лопастных вала, лопасти которых установлены под углом к оси вращения, что позволяет материалу перемещаться по объему корыта из полости загрузки к полости выгрузки. Чистая вода при этом подается навстречу движению материала.

Для промывки песка и удаления из него частиц размером менее 0,15 мм применяются драговые пескомойки (рис. 4.17), состоящие из корыта, имеющего горизонтальный и наклонный участки. На верхней части корыта смонтированы приводная, поддерживающая и натяжная звездочки цепного скребкового транспортера.

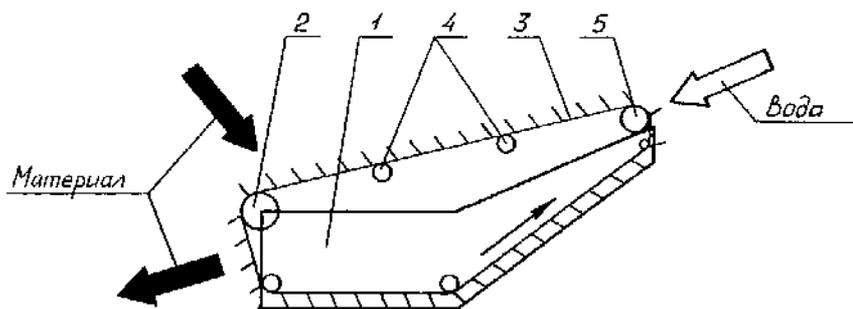


Рис. 4.17. Конструктивная схема драговой пескомойки:

1 – корыто; 2 – приводная звездочка; 3 – цепь скребкового транспортера;
4 – поддерживающая звездочка; 5 – натяжная звездочка

При работе драговой пескомойки песок загружается в горизонтальную часть корыта и посредством скребкового транспортера перемещается вверх по наклонному участку навстречу поступающему потоку чистой воды.

В настоящее время в дорожных организациях Республики Беларусь для промывки щебня получили распространение вибрационные мойки (грохота, оборудованные системой форсунок) и мойки барабанного типа.

ОАО «Дробмаш» (г. Выкса Нижегородской области) выпускается вибрационная мойка модели ДРО-636 [2] (рис. 4.18), позволяющая промывать материал фракций 5...100 мм. Производительность данного оборудования достигает 30 м³/ч, мощность составляет 22 кВт, а масса – 7000 кг.

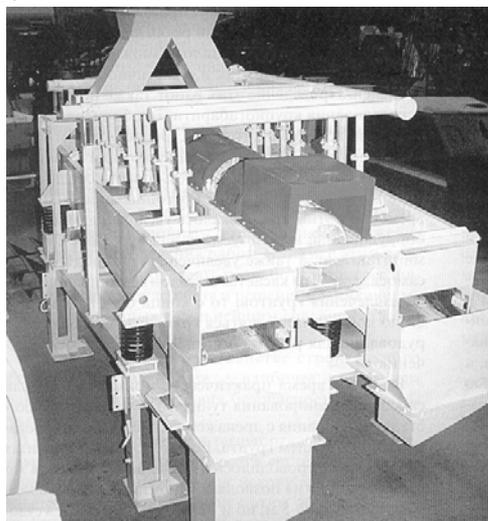


Рис. 4.18. Вибрационная мойка ДРО-636 производства ОАО «Дробмаш» (г. Выкса Нижегородской области)

Недостатком данного оборудования является осуществление промывки всего сортируемого материала, в то время как в технологии производства ямочного ремонта и поверхностной обработки с применением битумной эмульсии используется только щебень узких фракций 5...10 и 10...15 мм. Это приводит к перерасходу воды (расход воды колеблется в пределах от 1,5 до 5 м³ на 1 м³ промы-

ваемого материала в зависимости от его степени загрязнения), значительной установленной мощности оборудования и невозможности использования непосредственно после промывки других фракций, в частности отсева, высокая влажность которого не позволяет применять его в производстве асфальтобетона.

Более эффективным является применение установок для мойки щебня барабанного типа. Установка данной конструкции была разработана в 1998 году специалистами УМА (Управление механизации и автоматизации) РУП «Гомсельмаш» совместно со специалистами ПРСО «Гомельоблдорстрой» и представляет собой сочетание конструкций барабанной гравиемойки-сортировки (см. рис. 4.14) и барабанной мойки (см. рис. 4.15). Прототипом установки послужила барабанная мойка для щебня, установленная рационализаторами ДРСУ-207 (г. Светлогорск).

Конструкция разработанной установки для мойки щебня (рис. 4.19) представляет собой барабан, монтируемый на стальной раме под углом от 0 до 7° к горизонту. Барабан представляет собой сварную конструкцию, состоящую из одной глухой и двух перфорированных секций, которые свальцованы из стального листа толщиной 4 мм, имеющего равномерно распределенные с шагом 15 мм отверстия диаметром 3 мм. Внутри барабана установлена колосниковая решетка из шестидесяти равномерно распределенных по его окружности прутков. Загрузка материала в барабан производится через бункер с наклонными стенками, а подача воды осуществляется под давлением через две проходящие внутри его трубы с отверстиями. Со стороны загрузки барабан снабжен бандажом, опирающимся на опорные ролики, а с другой стороны – центральной цапфой, установленной в подшипниковом корпусе. Привод барабана во вращение осуществляется от электродвигателя посредством клиноременной передачи и цилиндрического редуктора. Для сбора шлама (растворенных в воде частиц ила, песка, глины, других загрязнителей) под барабаном установлен лоток с наклонным желобом, по которому он отводится в систему оборотного водоснабжения.

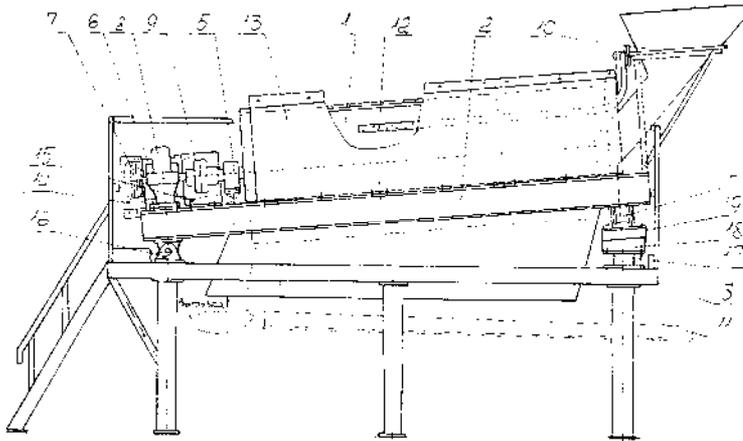


Рис. 4.19. Конструкция установки для мойки щебня разработки
УМА РУП «Гомсельмаш»:

1 – барабан; 2 – рама; 3 – площадка; 4 – опорный ролик; 5 – подшипниковый корпус; 6 – электродвигатель; 7 – клиноременная передача; 8 – цилиндрический редуктор; 9 – муфта; 10 – бункер; 11 – лоток; 12 – трубопроводы подачи воды; 13 – ограждение; 14, 15 – защитные кожуха; 16 – шарнир; 17, 18, 19 – опоры для изменения угла наклона

Данная установка, общий вид которой изображен на рис. 4.20, имеет следующие технические характеристики: частота вращения барабана – 12 об/мин, мощность привода – 4 кВт, масса – 3000 кг, расход воды – 1...1,5 м³ на 1 м³ промываемого щебня, производительность – до 15 т/ч.



Рис. 4.20. Установка для мойки щебня производства

После проведения испытаний, показавших высокую эффективность установки для мойки щебня описанной выше конструкции (содержание пылевидных частиц в промытом щебне составило менее 1,0 %), по заказу ПРСО «Гомельоблдорстрой» в период 1999–2001 годов ОП НПО РУП «Гомсельмаш» было изготовлено семнадцать установок, которые были смонтированы в дорожных организациях в соответствии с технологической схемой, изображенной на рис. 4.21.

Нефракционный материал со склада 1 загружается одноковшовым фронтальным погрузчиком 2 в бункер питателя 3 и ленточным конвейером 4 поступает на грохот 5. Грохот осуществляет сортировку материала на фракции 0...5, 5...10 и более 10 мм. Фракции 0...5 и более 10 мм конвейерами 19 и 20 складываются в склады негабарита 18 и 21. Щебень фракции 5...10 мм, используемый при производстве ямочного ремонта и поверхностной обработки с применением битумной эмульсии, ленточным конвейером 6 подается в приемный бункер 7 установки для мойки щебня 9. Движение щебня по внутренней поверхности барабана установки, представляющего собой сито с колосниковой решеткой и отверстиями диаметром 3 мм с одновременной его промывкой водой посредством распылителей 8, подаваемой под давлением по трубопроводу 10 с помощью насоса 14, приводит к отделению загрязнителей в шлам, отводимый по лотку 17 в резервуар-отстойник 16 и далее в резервуар 15. Щебень, очищенный от пыли и грязи, продвигаясь по наклонной поверхности вращающегося барабана к разгрузочному лотку, поступает на конвейер 12 и далее на склад готовой продукции 13.

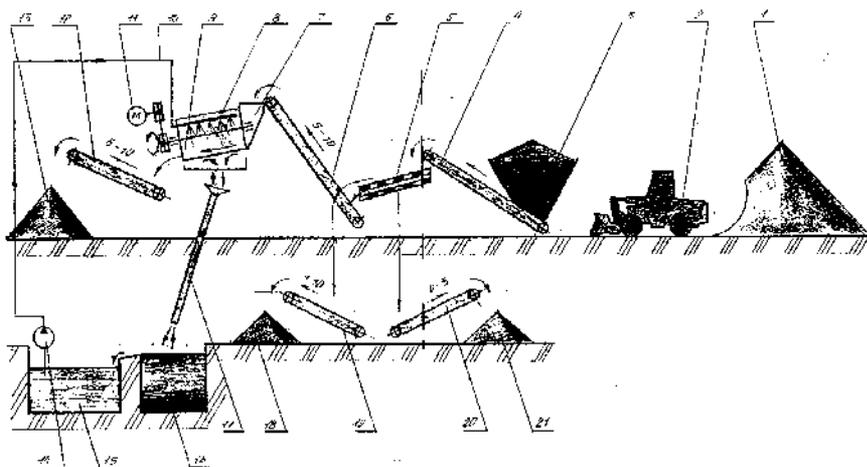


Рис. 4.21. Технологическая схема сортировочно-промывочной установки:
 1 – склад материала; 2 – фронтальный погрузчик; 3 – питатель; 4, 6, 12, 19, 20 – конвейеры ленточные; 5 – грохот; 7 – приемный бункер; 8 – система подачи воды; 9 – установка для мойки щебня; 10 – трубопровод; 11 – привод установки; 13 – склад готовой продукции; 14 – насос; 15, 16 – резервуары системы обратного водоснабжения; 17 – лоток; 18, 21 – склады негабарита

4.1.3. Оборудование для производства битумных эмульсий

Промышленное производство битумных эмульсий невозможно без применения специального оборудования. В состав эмульсионного завода входят:

- коллоидная мельница (гомогенизатор) – диспергирующее устройство, снабженное системами, позволяющими дозировать дисперсную фазу и дисперсионную среду;
- подогреваемые баки, имеющие теплоизоляцию, для хранения битума;
 - баки для хранения разжижителя;
 - баки для хранения эмульгаторов;
 - баки для хранения конечной продукции;
 - система контроля и управления;

– источник тепла, нагревающий теплоноситель (масло или пар), который обеспечивает потребность производства в тепловой энергии.

Коллоидные мельницы бывают разных конструкций. Их основными характеристиками, определяющими качество выпускаемой эмульсии, являются:

- частота вращения;
- величина регулируемого или постоянного зазора между статором и ротором.

В общем виде коллоидная мельница представляет собой конструкцию, изображенную на рис. 4.22 [1].

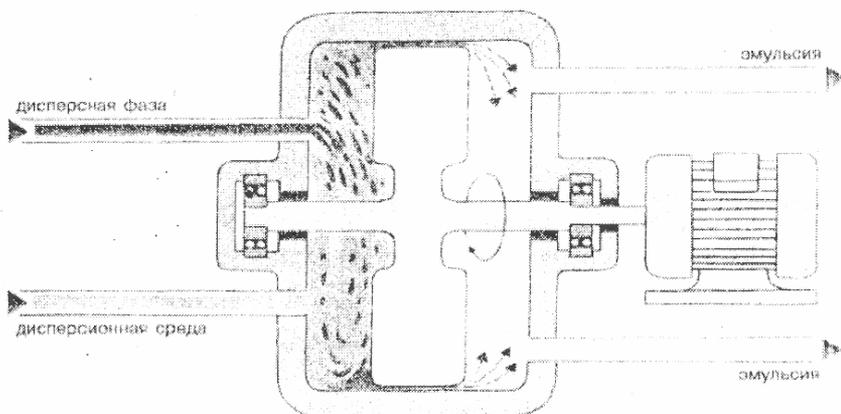


Рис. 4.22. Коллоидная мельница

Конструкции коллоидных мельниц (гомогенизаторов) были разработаны в СССР еще до начала широкого применения битумных эмульсий. В центробежном гомогенизаторе [2], изображенном на рис. 4.23, происходит принудительное перемешивание дисперсной фазы и дисперсионной среды. Производительность такого гомогенизатора колеблется от 0,9 до 1,2 т эмульсии в час. Вал гомогенизатора имеет частоту вращения 2500...3000 об/мин и приводится от электродвигателя мощностью 22 кВт. Гомогенизатор состоит из литого чугунного корпуса 1, установленного на фундаменте. Корпус снабжен обогревающей рубашкой 2, через которую пропускается

пар. Отверстия 3, имеющиеся в корпусе гомогенизатора, служат для ввода пара и выпуска его. В цилиндрическую расточку корпуса вставлено сменное кольцо 4, внутренняя поверхность которого является рабочей. Крышки закрепляют сменное кольцо в осевом направлении и одновременно являются опорами для подшипников вала гомогенизатора. В нижней части крышек 5 и 6 имеются отверстия 8 для слива готовой эмульсии.

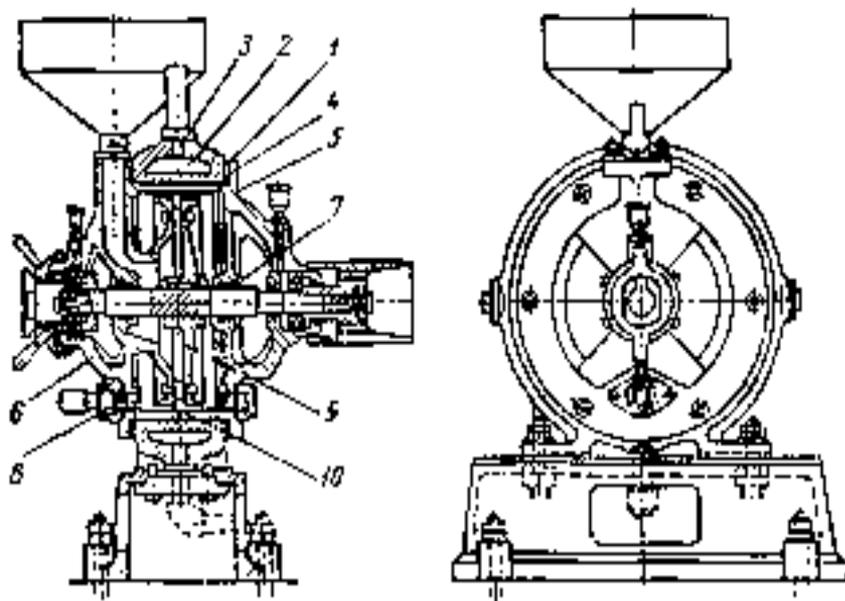


Рис. 4.23. Гомогенизатор двухдисковый:

- 1 – корпус; 2 – обогревающая рубашка; 3 – отверстия для ввода пара;
- 4 – сменное кольцо корпуса; 5, 6 – крышки корпуса; 7 – сальники;
- 8 – отверстия для слива готовой эмульсии; 9, 10 – рабочие диски

На валу машины жестко насажен рабочий диск 9, закрепленный установочным винтом, к диску на заклепках прикреплен второй рабочий диск 10. Нагруженные рабочие поверхности дисков имеют коническую форму. Вал вместе с рабочими дисками может перемещаться в осевом направлении благодаря наличию приспособления, позволяющего перемещать левый подшипниковый узел вместе с направляющей втулкой. Так как внутренняя поверхность сменного

кольца и наружная поверхность дисков 9 и 10 имеют коническую форму, то при перемещении дисков величина радиального рабочего зазора будет меняться. Изменение зазора влияет на производительность и качество приготавливаемой эмульсии: чем меньше зазор, тем более дисперсной получается эмульсия. Величина зазора может меняться в пределах 0,15–1,0 мм.

К верхней части корпуса крепится загрузочная воронка, снабженная сеткой. Внутри прилива имеется канал для подвода битума и раствора эмульгатора в рабочую полость гомогенизатора. Смесь битума и раствора поступает в пространство между быстровращающимися дисками. Центробежной силой жидкость отжимается и поступает в зазор между внешней поверхностью дисков и внутренней поверхностью кольца, где благодаря трению происходит процесс объединения битума с раствором эмульгатора и образование эмульсии. Кроме гомогенизаторов с двумя рабочими дисками существуют и другие.

Трехступенчатый гомогенизатор, изображенный на рис. 4.24, имеет три диска на валу 10: один (5) – с рифленой поверхностью и два (6) – с гладкими коническими поверхностями. На внутренней поверхности корпуса напротив дисков укреплены три кольца: одно (24) – с рифленой и два (21) – с конической поверхностями. Между гладкими кольцами вставлены распорные кольца 23, а между дисками – распорные кольца 9. В рабочем положении выступы рифленого диска входят в выточки рифленого кольца. На обоих гладких конических кольцах и на внутренней поверхности правой крышки корпуса укреплены перегородки 22, а на каждом из трех дисков – по шесть нагнетательных лопаток 25.

Ширина рабочего зазора между дисками и кольцами изменяется регулировочным механизмом. Он состоит из регулировочных гаек 14 и 15, установочной гайки 16, распорной втулки 13, стопорной гайки 17, кольца со шкалой 18 и указателя 19. Вращением гаек 14 и 15 поступательно перемещается втулка 11, а вместе с ней и диски. Корпус 4 состоит из внутреннего 8 и наружного 7 цилиндров и крышек 3. Внутреннее пространство в корпусе используется для пара, обогревающего гомогенизатор. Ротор приводится во вращение электродвигателем мощностью 7 кВт посредством клиноременной

передачи 12. Производительность такого гомогенизатора составляет около 3 т/ч.

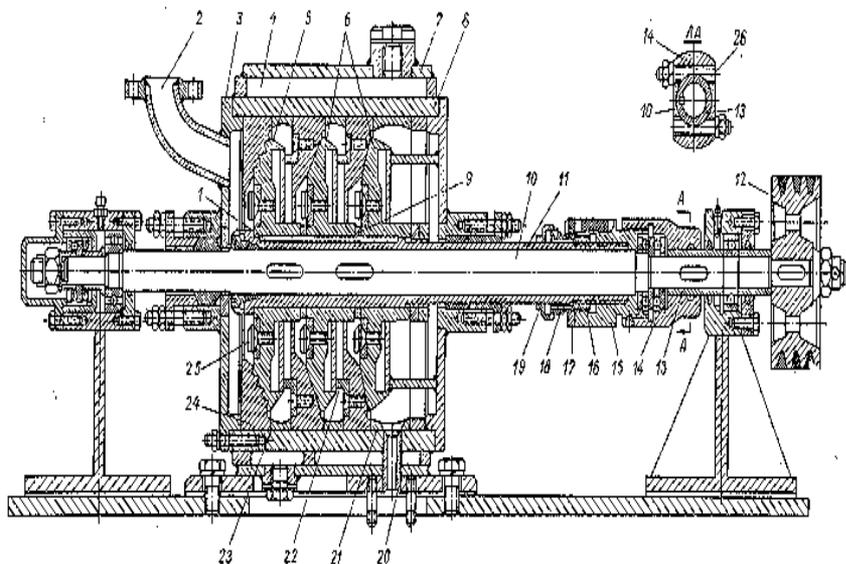


Рис. 4.24. Трехступенчатый гомогенизатор:

- 1 – шпонка; 2 – приемный патрубок; 3 – крышки; 4 – корпус; 5, 6 – диски; 7, 8 – наружный и внутренний цилиндры; 9, 23 – распорные кольца; 10 – вал; 11 – регулировочная втулка; 12 – шкив; 13 – распорная втулка; 14, 15 – регулировочные гайки; 16 – установочная гайка; 17 – стопорная гайка; 18 – кольцо; 19 – указатель; 20 – сливной патрубок; 21, 24 – рабочие кольца; 22 – перегородки; 25 – нагнетательные лопатки; 26 – болты

Эмульгируемые жидкости, поступающие по приемному патрубку 2 внутрь машины, проходят три ступени эмульгирования – вначале продавливаются через зазор между рифлеными, а затем – последовательно через оба зазора между гладкими коническими поверхностями. Готовая эмульсия истекает через патрубок 20.

На рис. 4.25 показано приготовление эмульсии при помощи акустического вибратора 8, состоящего из штуцера, сопла и вибрирующей пластины. Битум и водный раствор эмульгатора, нагретые до рабочей температуры, подаются в необходимых пропорциях в рабочий бак 6. Уровень жидкостей в баке должен быть таким, что-

бы вибратор 8 оказался погруженным в жидкость, затем включается насос 2 и жидкость под давлением 6–8 кг/см² подается через фильтр 7 к вибратору. Пройдя через вибратор, жидкости возвращаются в бак 6. Непрерывная циркуляция продолжается до тех пор, пока в рабочем баке не образуется эмульсия. Вибратор будет работать наиболее эффективно, если он настроен в резонанс, т.е. когда частота собственных колебаний пластины совпадает с частотой вынужденных колебаний.

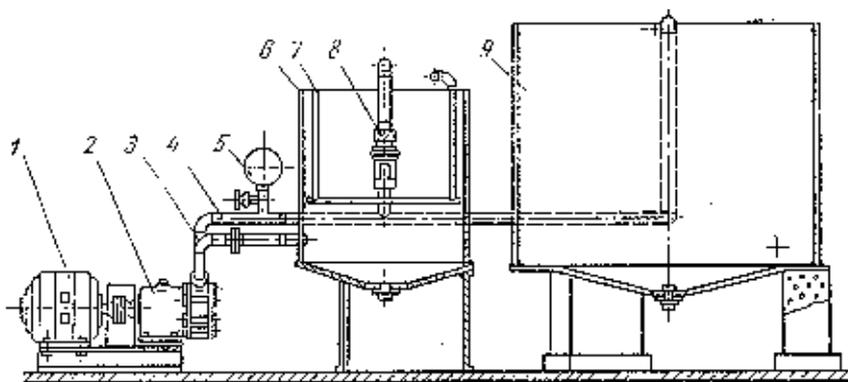


Рис. 4.25. Акустическая эмульсионная установка:

- 1 – электродвигатель; 2 – насос; 3 – всасывающий трубопровод; 4 – нагнетательный трубопровод; 5 – манометр; 6 – рабочий бак; 7 – фильтр; 8 – вибратор; 9 – резервуар для эмульсии

Европейский опыт производства битумной эмульсии свидетельствует, что оптимальной конструкцией диспергирующего устройства является коллоидная мельница. Битумная эмульсия, полученная в таких установках, имеет стабильные и высокие показатели основных параметров, регламентированных требованиями действующих нормативных документов.

В настоящее время на рынке Республики Беларусь и России представлены установки для производства битумных эмульсий, использующие в качестве диспергирующего устройства коллоидные мельницы с постоянным или регулируемым зазором между ротором и статором производства ведущих зарубежных фирм [3]:

1. Компания «BREINING» (Германия) производит установки производительностью 10 т/ч моделей «EMU-MIX S 10», «EMU-MIX 10». Стоимость оборудования EMU-MIX 10 (без цистерн) составляет около 180 000 долларов США на условиях поставки EXW-Германия. «BREINING» также предлагает лабораторные установки для испытания эмульсии серии EMU-LAB производительностью до 200 л/ч.

2. Компания «RINCHEVALE (FAYAT GROUPE)» (Франция) производит установки производительностью от 3 до 20 т/ч различных модификаций: стационарные, мобильные, контейнерного типа. В комплект поставки могут входить передвижные цистерны емкостью от 60 до 130 м³. Стоимость установки контейнерного типа производительностью 5 т/ч составляет от около 150000 до 200000 долларов США на условиях поставки EXW-Франция.

3. Компания «EMULBITUME» (Франция) предлагает на рынке СНГ установки моделей АТОМIX-5 производительностью 5 т/ч и АТОМIX-10 производительностью 10 т/ч. Стоимость установок АТОМIX-5 и АТОМIX-10 на условиях поставки DDP-Москва составляет соответственно около 150 000 и 180 000 долларов США.

4. Компания «AKZO NOBEL» (Швеция) предлагает комплект оборудования по производству битумных эмульсий производительностью 10, 12, 16 и 20 т/ч. Стоимость оборудования без цистерн может составлять от 500 000 долларов США для установки производительностью 12 т/ч до 650 000 долларов США для установки производительностью 20 т/ч на условиях поставки EXW-Швеция.

5. Компания «MASSENZA» (Италия) производит установки для производства катионных битумных эмульсий производительностью 3...5 т/ч и 10...12 т/ч, стоимость которых в зависимости от комплектации составляет 300 000...350 000 долларов США на условиях поставки EXW-Италия.

6. Компания «KALOTTIKONE» (Финляндия) производит полностью укомплектованные эмульсионные заводы производительностью 25 т/ч. Ориентировочная стоимость завода (без стоимости цистерн) составляет 1 600 000 финских марок.

7. Компания «ITG» производит заводы VSS EMULTEC и ITG-AE для производства битумных эмульсий любых типов, в том числе

с использованием полимеров, производительностью от 10 до 50 т/ч, стоимость которых составляет от 130 000 долларов США на условиях CIF–Москва.

Имеющиеся образцы установок отечественного производства являются, по сути, опытными образцами, требующими доработок и эксплуатационных испытаний [3], которые представлены на российском рынке следующими предприятиями:

1. ФГУП «Центральное научно-конструкторское бюро» производит стационарную установку по производству битумных эмульсий модели ЦНКБ–ЭУ производительностью 5...10 т/ч. Стоимость оборудования (без цистерн) составляет 200 000...230 000 долларов США в зависимости от комплектации.

2. ЗАО «Инженерный центр планета» производит установку контейнерного типа для производства битумных эмульсий модели «Планета–ЭУ» производительностью 3...5 т/ч. Стоимость установки (без цистерн) составляет 50 000...70 000 долларов США в зависимости от комплектации.

3. ОАО «Завод Дормаш» (г. Верхний Уфалей Челябинской области) производит установку модели БЭМК–5 стационарного типа производительностью 5 т/ч. Стоимость данной установки (без стоимости цистерн) составляет 220 000...230 000 долларов США в зависимости от комплектации.

4. ОАО «АСДОР» (г. Москва) предлагает установку для производства битумной эмульсии производительностью 3...5 т/ч, размещаемую стационарно или контейнерного типа стоимостью в 2...3 раза ниже зарубежных аналогов в зависимости от комплектации.

Схема завода по производству битумной эмульсии, включающее перечисленное выше оборудование, представлена на рис. 4.26.

Перевозка битумной эмульсии осуществляется аналогично перевозке битума, но из-за того, что ее температура не превышает 96°C [4] (при 96°C происходит выкипание водной фазы), битумная эмульсия не относится к опасным грузам [5] и может перевозиться без ограничений на общих основаниях.

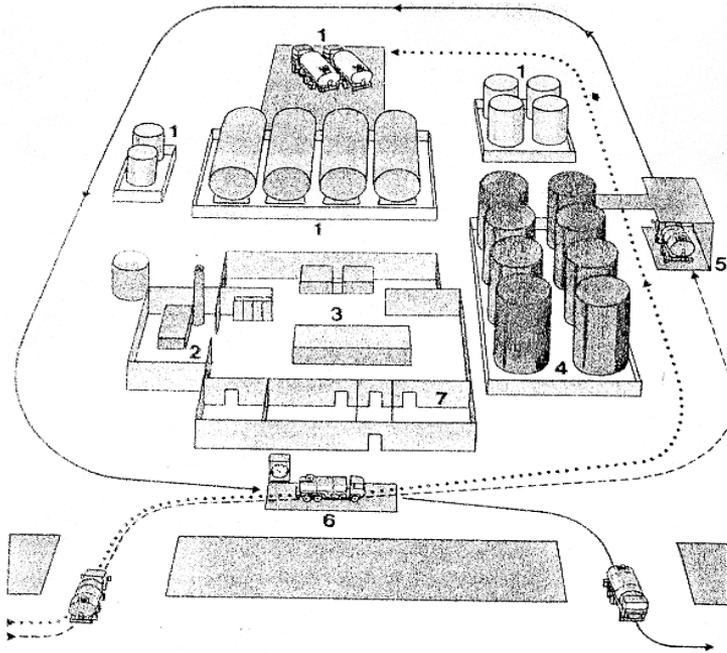


Рис. 4.26. Схема завода по производству битумной эмульсии;

1 – емкости для приема и хранения исходных материалов; 2 – котельная; 3 – производственная установка; 4 – емкости для хранения готовой продукции; 5 – установка для переливания готовой продукции в автоцистерны; 6 – устройство для взвешивания отпускаемой продукции; 7 – лаборатория управления и контроля

4.2. Машины для текущего ремонта

4.2.1. Машины и оборудование для ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог укладкой мелкозернистого асфальтобетона

Для выполнения технологического процесса ямочного ремонта укладкой мелкозернистого асфальтобетона в настоящее время дорожными организациями применяются различные машины, как правило, универсального назначения. Для машин данной группы характерно использование устаревших и в большинстве своем сня-

тых сегодня с производства автомобильных шасси типа ГАЗ–52, 53, ЗИЛ–130, 131, 133, реже КамАЗ–53212, 53213, большой износ вследствие запуска в эксплуатацию в 1980–1990 годах.

Наиболее распространенной машиной данной группы является машина КДМ (комбинированная дорожная машина), выполняющая в летний период ямочный ремонт укладкой мелкозернистого асфальтобетона и распределение минерального материала (щебня) при производстве поверхностной обработки, а в зимний период – распределение песчано-соляной смеси. Данные машины выпускались Смоленским заводом дорожных машин (в настоящее время ОАО «КДМ»), Новосибирским заводом дорожных машин (в настоящее время – ОАО «Новосибирский завод дорожных машин»), Осиповичским заводом «Коммаш», которые выпускают их и сегодня в варианте для зимнего содержания автодорог, и рядом других предприятий.

Наиболее распространенная конструкция машины КДМ (рис. 4.27) представляет собой кузов объемом $2,7 \text{ м}^3$, загружаемый горячей асфальтобетонной смесью, который смонтирован на раме из профилей двутаврового сечения, крепящейся к шасси автомобиля ЗИЛ–МСК–Т (ЗИЛ–130) посредством стремянок. Для выгрузки материала из кузова через задний борт с шиберной заслонкой, регулирующей его подачу, к разбрасывающему диску служит цепной транспортер, представляющий собой сварную калиброванную цепь, к которой приварены стальные скребки, установленные в нижней части бункера. В передней части бункера установлено натяжное устройство транспортера. Над разбрасывающим диском смонтирован отражатель, препятствующий вылету технологического материала выше плоскости вращения диска.

Привод транспортера и разбрасывающего диска осуществляется гидромоторами, приводимыми в действие от двух насосов, установленных на коробке отбора мощности базового шасси. Гидросистема привода оборудования машины включает в себя также два гидрораспределителя, два регулятора потока с предохранительными клапанами, управляющими и регулирующими частоту вращения гидромоторов, гидробак с фильтром. Регулировка подачи материала в

рабочую зону осуществляется дроссельным регулированием частоты вращения цепного транспортера и разбрасывающего диска.

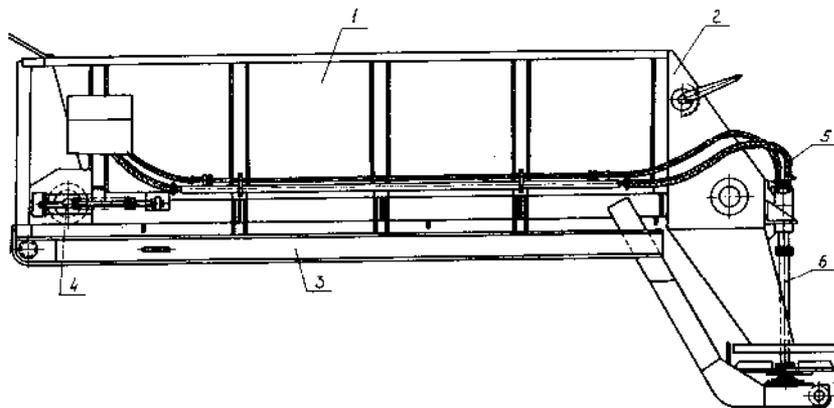


Рис. 4.27. Конструкция машины КДМ:
1 – кузов; 2 – борт задний; 3 – рама; 4 – привод транспортера;
5 – гидросистема; 6 – установка диска разбрасывающего

Таким образом, конструкция машины КДМ достаточно проста, что является ее достоинством, но в то же время и определяет ее недостатки. Так, бункер для материала не имеет возможности обогрева, что приводит к быстрому остыванию горячей асфальтобетонной смеси и снижению качества ямочного ремонта по мере снижения ее температуры. Неравномерность подачи материала, обусловленная конструкцией цепного транспортера, требует распределения его по площади ремонтируемой ямы с помощью ручного инструмента, что значительно снижает производительность работы и качество ямочного ремонта. Кроме этого цепной транспортер имеет еще один недостаток – довольно быстрое вытягивание цепи, особенно при работе с асфальтобетонной смесью, имеющей большую плотность, чем материалы, используемые при посыпке автодорог в зимний период. Перечисленные особенности конструкции и эксплуатации машин данного типа определили тенденцию к их применению в настоящее время при зимнем содержании автодорог, что и подтверждается реакцией заводов-изготовителей, которые выпускают данную техни-

ку, комплектуя ее дополнительным передним отвалом простой или аэродинамической формы для уборки снега.

Применение машины КДМ при производстве ямочного ремонта укладкой мелкозернистого асфальтобетона требует значительного ручного труда, а также привлечения комплекса машин, включающего в себя компрессор, питающий сжатым воздухом отбойные молотки; битумный котел; каток, что приводит к увеличению стоимости ямочного ремонта (несмотря на низкую стоимость самой машины, составляющей около 17000 USD, общая стоимость всех машин комплекса составляет не менее 36000 USD) и низкой производительности – не более 40 м² в смену.

Применение машины КДМ для распределения песчано-соляной смеси и особенно для распределения минеральных материалов при производстве поверхностной обработки в настоящее время также недостаточно эффективно вследствие значительной неравномерности и неточности дозирования материала при распределении, не соответствующих требованиям действующих нормативных документов, определяемых конструкцией цепного скребкового транспортера.

Механизировать технологический процесс ямочного ремонта, снизить долю ручного труда позволяют машины ДЭ–5 и ДЭ–5А; МТРД и МТРДТ разработки ВНИИСтройдормаш; ЭД–105.1 и ЭД–105.1А производства ОАО НПО «Росдормаш» (Россия); оборудование для ямочного ремонта SSG 25 немецкой фирмы Teltomat; установка TP–4 фирмы AKZO NOBEL (Швеция).

Машины ДЭ–5 и ДЭ–5А (рис. 4.28) смонтированы на шасси автомобиля ГАЗ–53А и состоят из бункера-термоса для транспортировки и хранения горячей асфальтобетонной смеси, оборудованного распределительной тележкой для материала; емкостей для минерального порошка и битумной эмульсии; газового оборудования с блоком горелок инфракрасного излучения. Машина ДЭ–5 оборудована автономной генераторной установкой и рабочим оборудованием (компрессором, виброкатком, отбойным молотком) с электроприводом в отличие от машины ДЭ–5А, имеющей компрессор, приводимый от двигателя базового шасси, и аналогичное рабочее оборудование с пневмоприводом. Перевод бункера-термоса из транс-

портного положения в рабочее осуществляется с помощью гидропривода. Машины позволяют ремонтировать асфальтобетонное покрытие горячим способом с применением инфракрасных излучателей и холодным способом с механической вырубкой старого покрытия, а также очищать покрытие от грязи и засорителей сжатым воздухом, окрашивать краскораспылителем дорожную обстановку и сооружения, обеспечивать привод ручного механизированного инструмента. При ремонте покрытия горячим способом ремонтируемый участок разогревают на глубину 3–4 см блоками горелок в течение 3–5 мин до температуры 120–160°C, затем разогретую асфальтобетонную смесь покрытия перемешивают с добавляемой асфальтобетонной смесью из бункера-термоса и разравнивают, после чего поверхность ремонтируемого участка уплотняют виброкатком, присыпают минеральным порошком и повторно уплотняют виброкатком.

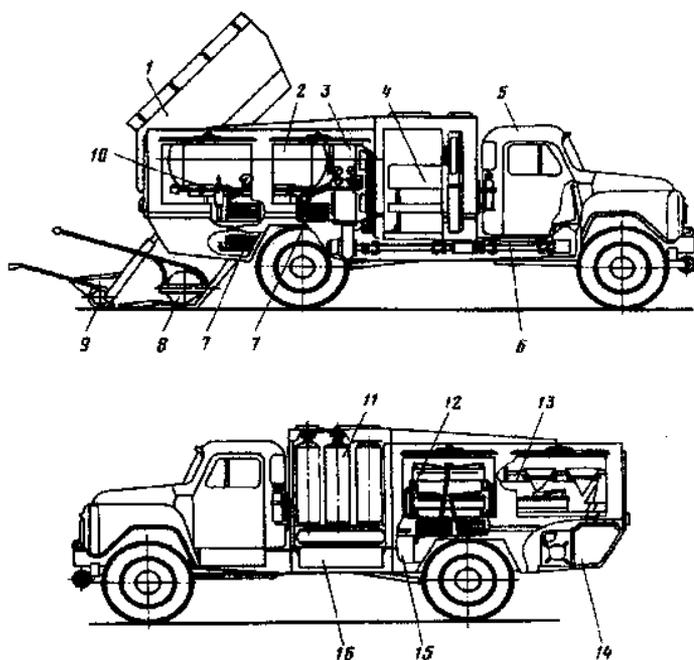


Рис. 4.28. Конструкция машины для ямочного ремонта ДЭ-5А разработки ВНИИСтройдормаш:

1 – бункер-термос; 2 – ресивер; 3 – компрессор; 4 – кабина обслуживающего персонала; 5 – базовое шасси; 6 – привод компрессора; 7 – рукава; 8 – ручной виброркаток;

9 – ковш-тележка; 10 – ручной пневмоинструмент; 11 – газовые баллоны; 12 – блок горелок инфракрасного излучения; 13 – рабочий инструмент; 14 – емкость для минерального порошка; 15 – гидробак; 16 – емкость для битумной эмульсии

Применяемые при ямочном ремонте асфальтобетонных покрытий автодорог машины МТРДТ и МТРД [2] (рис. 4.29) смонтированы на шасси автомобиля ГАЗ-53 А и состоят из бункера-термоса для горячей асфальтобетонной смеси с распределительной тележкой для материала; обогреваемого бака для битума, оборудованного механизмом перемешивания. Различие машин заключается в том, что машина МТРДТ оборудована электрогенератором, приводимым от двигателя базового шасси, обеспечивающим рабочее оборудование (отбойные молотки, вибротрамбовку, виброркаток, компрессор) электроэнергией, а машина МТРД – компрессором, обеспечивающим аналогичное рабочее оборудование сжатым воздухом. Машина МТРДТ позволяет ремонтировать асфальтобетонное покрытие горячим способом с помощью электроразогревателя и электроутюга. Ямочный ремонт асфальтобетонных покрытий автодорог производят посредством вырубки или разогрева покрытия участками площадью до 5 м^2 , очистки его от грязи и засорителей сжатым воздухом, обработки горячим битумом и укладки асфальтобетонной смеси, после чего производится спайка электроутюгом нового и старого покрытия по контуру участка и уплотнение.

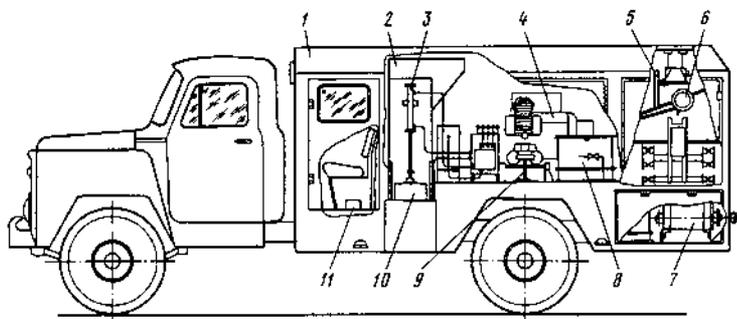


Рис. 4.29. Конструкция машины для ямочного ремонта МТРДТ разработки ВНИИСтройдормаш:

1 – кузов; 2 – бункер; 3 – гидросистема; 4 – генератор; 5 – лестница;
6 – таль ручная; 7 – виброкаток; 8 – бак битумный; 9 – компрессор;
10 – затвор; 11 – утюг электрический

ОАО НПО «Росдормаш» (Россия) выпускает две модели установки для ямочного ремонта [3]: ЭД–105.1 и ЭД–105.1А, различие которых состоит в типе базового шасси и наборе оборудования. Конструкция обеих моделей включает бункер-термос для горячей асфальтобетонной смеси, битумный котел, компрессор, дополнительную кабину для перевозки рабочих, пневмоинструмент, распылитель битума, отбойный молоток. Для уплотнения уложенной смеси модель ЭД–105.1 имеет виброплиту массой 105 кг, мощностью двигателя 3 кВт, а ЭД–105.1А – ручной каток. В отличие от ЭД–105.1А в состав модели ЭД–105.1 входит обрезчик кромок с диском диаметром до 350 мм. Кроме того, эта модель имеет более мощный компрессор и более вместительную дополнительную кабину (местимостью четыре человека вместо трех в модели ЭД–105.1А).

Немецкая фирма «Teltomat» производит оборудование модели SSG 25 для ямочного ремонта горячей асфальтобетонной смесью [3], которое, имея независимую силовую установку (дизель-генератор мощностью 20 кВт), может быть установлено на любой грузовой автомобиль грузоподъемностью не менее 8 т и длиной грузовой платформы не менее 4,2 м. Оборудование имеет: бункер-термос с электрообогревом для горячей смеси и шнеком для разгрузки, электрообогреваемую емкость для битумной эмульсии с системой разбрызгивания, отсасывающее устройство с контейнером для сбора раздробленного старого асфальтобетона и других засорителей из ремонтируемой ямы. Машина может быть дополнительно оборудована: погрузочным краном, дополнительными емкостями с электрообогревом, одновальцовым вибрационным катком, виброплитой, отбойным молотком, обрезчиком кромок, дополнительным освещением рабочей зоны.

Установка TP–4 фирмы «AKZO NOBEL» (Швеция) [4] (рис. 4.30) монтируется на шасси грузового автомобиля грузоподъемностью не менее 10 т и состоит из теплоизолированного бункера, имеющего две системы обогрева: газовую и электрическую и оборудованного механизмом для перемешивания и шнеком для выгрузки горячей асфальтобетонной смеси; обогреваемого теплоизолирован-

ного бака для битумной эмульсии; отбойного молотка для вырубки кромок ремонтируемой ямы и виброплиты для уплотнения уложенной смеси, установленных на платформе, опускаемой и поднимаемой с помощью гидропривода. Для обогрева кромок ремонтируемой ямы установка имеет газовую горелку. Продувка ямы от грязи и распределение по ее поверхности битумной эмульсии осуществляется сжатым воздухом с помощью форсунки. Для сбора отходов, образующихся при вырубке кромок ремонтируемой ямы, других засорителей установка имеет контейнеры. Привод механизмов установки осуществляется от гидросистемы, подача сжатого воздуха – от пневмосистемы базового шасси.

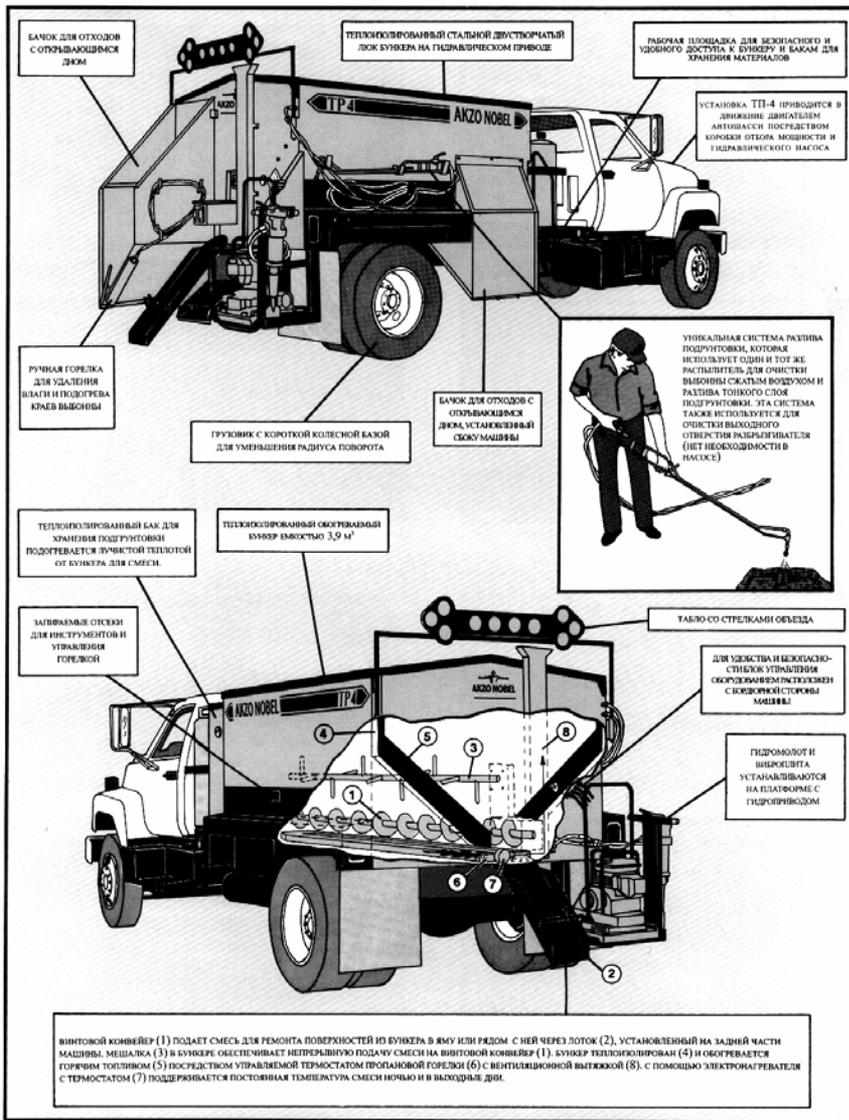


Рис. 4.30. Конструкция установки ТР-4 фирмы «AKZO NOBEL» (Швеция)

Технология производства ямочного ремонта с применением установки ТР-4 фирмы «AKZO NOBEL» представлена на рис. 4.31.



1. Чтобы уменьшить риск получения профессиональных травм, виброплита и гидравлический молоток расположены на опускаемой платформе



2. Гидравлический отбойный молоток равномерно вырезает вертикальные стенки для долговременной заплатки



3. Установленный сзади бункер для отходов позволяет их легко загрузить, экономя труд и время



4. Подготовленная к ремонту карта продувается уникальным пневматическим устройством, являющимся частью установки TP-4

Рис. 4.31 (начало). Технология производства ямочного ремонта установкой TP-4 фирмы «AKZO NOBEL» (Швеция)



5. При помощи этого же пневматического устройства в выбоину равномерным слоем разливается подгрунтовка



6. Смесь подается из бункера через установленный сзади машины поворотный лоток или на специальный помост



7. Вибротрамбовка быстро уплотняет смесь до необходимой плотности



8. Правильно произведенный ямочный ремонт установки ТР-4 гарантирует качественное покрытие на долгие годы

Рис. 4.31 (окончание). Технология производства ямочного ремонта установкой ТР-4 фирмы «AKZO NOBEL» (Швеция)

Основные технические характеристики и стоимость рассмотренных выше машин представлены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Основные технические характеристики машин для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог укладкой мелкозернистого асфальтобетона

№	Параметр	КДМ	ДЭ-5	ДЭ-5А	МТРД	МТРДТ	ЭД-105.1А	ЭД-105.1	SSG 25 Teltomat	ТР-4 AKZO NOBEL
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Базовое шасси	ЗИЛ-130	ГАЗ-53А	ГАЗ-53А	ГАЗ-53А	ГАЗ-53А	ЗИЛ	КамАЗ	Любое г/п 8,0 т	ЗИЛ
2	Производительность, м ² в смену	40	80	90	30	40	60	60	55	60
3	Вместимость бункера для асфальтобетона, м ³	2,7	0,8	1,0	0,755	0,755	3,0	3,0	1,7	4,0
4	Вместимость емкости для вяжущего, м ³	-	0,09	-	0,05	0,025	0,6	0,6	0,25	0,3
5	Тип инфракрасного разогревателя	-	Газовый	Газовый	-	Электро	-	-	-	-
6	Разогреваемая площадь, м ²	-	1,80	1,43	-	1,0	-	-	-	-
7	Виброкаток	-	Электро	Пневмо	-	Электро	Ручной	Вибро-плита	Вибро-плита	Вибро-плита
8	Мощность генератора, кВт	-	4,0	-	12,0	20,0	-	-	20,0	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	Производительность компрессора, м ³ /мин	-	0,5	1,0	1,0	0,5	0,8	1,0	-	1,0
10	Рабочее давление пневмосистемы, кгс/см ²	-	6,0	7,0	3,5	6,0	7,0	7,0	-	7,0
11	Тип отбойного молотка	-	Электро	Пневмо	Пневмо	Электро	-	-	Элетро	Пневмо
12	Количество отбойных молотков, шт.	-	2	2	1	2	-	-	1	1
13	Транспортная скорость, км/ч	60	60	60	60	60	60	60	60	60
14	Масса оборудования без материалов, кг	1500	7400	7400	6800	6800	2700 (без шасси)	3650 (без шасси)	3000 (без шасси)	16300
15	Стоимость, USD	17000	-	-	-	-	19700 (без шасси)	27000 (без шас- си)	40000 (без шасси)	95000

Недостатками машин, выполняющих ямочный ремонт укладкой мелкозернистого асфальтобетона, являются: большое количество операций технологического процесса (вырубка кромок ремонтируемой ямы, очистка ямы от отходов и других засорителей, разогрев кромок, обработка поверхности ямы вяжущим горячим битумом или битумной эмульсией), укладка горячей асфальтобетонной смеси, уплотнение, требующее соответствующих каждой операции рабочих органов, определяющих высокую сложность, и, как следствие, – высокую стоимость машины, а также низкую производительность; необходимость проведения работ при температуре окружающей среды не менее +10°C; значительные затраты энергии на производство асфальтобетона; низкая долговечность отремонтированного покрытия (1–2 года).

4.2.2. Машины и оборудование для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог укладкой литого асфальтобетона

Для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автодорог укладкой литого асфальтобетона применяются термос-миксеры [5], представляющие собой теплоизолированный бункер, оборудованный механизмами загрузки, перемешивания и выгрузки литой асфальтобетонной смеси, смонтированный на автомобильном шасси соответствующей грузоподъемности. Для поддержания необходимой температуры бункер оборудован системой подогрева. Привод механизма перемешивания – гидромеханический или механический с автономным двигателем или использованием гидросистемы базового шасси.

В настоящее время дорожными организациями Республики Беларусь эксплуатируются термос-миксеры следующих моделей: ОРД–1023, ОРД–1025 производства ЗАО «Асфальттехмаш» и ЗАО «Бецема» (Россия), ФСИТ–39 производства Гомельского завода «Стромавтолиния», которые конструктивно идентичны; РД–2500 Л производства БООО «Спектр» (г. Бобруйск) и КДМ–1501, КДМ–1502 производства ОАО «Кременчугский завод дорожных машин» (Украина).

Первая машина данного назначения была разработана в Академии коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова [5] и представляла собой автомобиль с установленной на его раме теплоизолированной емкостью, оснащенной смесителем принудительного действия, двумя подогревателями, устройством для порционной выдачи и распределения литой асфальтобетонной смеси.

Прототипом машины стал немецкий «Кохер». Первые образцы были изготовлены в Ярославле под маркой ОРД–1005, а затем в Москве под маркой УРД–2.

В дальнейшем, в целях более полного удовлетворения запросов дорожников, специалистами ЗАО «Сельавтодор» и ЗАО «Асфальттехмаш» был разработан многоцелевой термос-миксер, который совмещал в себе функции ремонтера, транспортного средства для перевозки вязкопластичных смесей (вибролитой смеси, раствора, бетонной смеси, мастик, паст и т.п.) и мобильной смесительной установки для приготовления композиционных дорожно-строительных материалов и вяжущих в полевых условиях.

В настоящее время предприятия ЗАО «Асфальттехмаш», ЗАО «Бе-цема», Гомельский завод «Стромавтолиния» выпускают термос-миксеры десяти модификаций вместимостью 2,7, 3,8 и 4,5 м³, основные технические характеристики которых представлены в табл. 4.7. Оборудование целиком размещается на автомобильном шасси соответствующей грузоподъемности.

Общие признаки машин данной конструкции – корытообразное сечение емкости, горизонтально расположенный вал смесителя с гидромеханическим приводом, обеспечивающим его реверс, наклон емкости гидроцилиндром и обогрев с использованием двух автоматических подогревателей, работающих на жидком топливе. Кроме того, все машины характеризуются относительно небольшими металлоемкостью и габаритными размерами.

Корытообразное сечение позволяет при конструировании варьировать вместимость емкости по всем направлениям (ширине, длине и высоте) и рационально размещать всю конструкцию термос-миксера в пределах габаритов базового шасси. Литая асфальтобетонная смесь, находящаяся в корытообразной емкости, быстрее и равномернее нагревается за счет большой площади контакта с нагретой

поверхностью, лучше сохраняет тепло и меньше подвержена деструкции. Это особенно важно для органических вяжущих материалов, так как такие вяжущие меньше окисляются и стареют, чем в емкости, имеющей форму кастрюли.

Таблица 4.7

Основные технические характеристики термос-миксеров производства ЗАО «Асфальттехмаш»,
ЗАО «Бецема», Гомельского завода «Стромавтолиния»

№	Параметр	ОРД-1023	ОРД-1023. 1, 2, 3, 4, 5	ОРД-1023.1.К	ОРД-1025	ОРД-1025. 1, 2, 3, 4, 5	ОРД-1025.М	ОРД-1025.1.М	ОРД-1026	ОРД-1026.1	ФСИТ-39
1	Базовый автомобиль (шасси)	ЗИЛ-495710, 494560, 433362, 494500, 431412	МАЗ-5551, 54331 КамАЗ 55111, ЗИЛ-133Д4, 4502	МАЗ-5551, ЗИЛ-133Д4, КамАЗ 5320, УРАЛ	ЗИЛ-133Д4	КамАЗ 55111, 55112, 5320, МАЗ-5551, КрАЗ-257,258	ЗИЛ-133Д4, МАЗ-55514	КамАЗ 55111	КамАЗ 55111	КамАЗ-6520, МАЗ-5516	МАЗ-5551
2	Вместимость емкости по массе, т	4,5	До 6,0	6,0	8,0	До 9,0	8,0	9,0	10,6	До 14,0	4,5
3	Привод смесителя	От КОМ автомобиля			Дублированный (от автономного двигателя и КОМ автомобиля)						От КОМ
4	Частота вращения вала смесителя, об/мин	4...6	4...6	4...6	4...10	4...10	4...10	4...10	4...10	4...10	4...6
5	Расход топлива для нагрева емкости, л/ч	2	3	4	4	4	4	4	6	6	2
6	Мощность одного подогревателя, кВт	25	25...45	45	45	45	45	45	60	60...80	45
7	Масса установленного оборудования, кг	2700		3300	3700		3800		4700		2700

Благодаря реверсу смесителя смесь при транспортировании можно перемешивать с нагнетанием к передней стенке емкости, а при разгрузке – к задней стенке термос-миксера, где расположено отверстие для выгрузки смеси, оборудованное шиберной заслонкой.

К специфическим особенностям машин следует отнести наличие у некоторых моделей дублированного привода, что значительно повышает надежность, позволяет при выходе из строя одной энергетической установки вращать смеситель от другой, выбирать наиболее оптимальный режим работы смесителя в зависимости от конкретных условий работы. При этом достигается существенная экономия топлива и меньше загрязняется выхлопными газами окружающая среда.

Важная особенность многоцелевых машин моделей ОРД–1025.М, ОРД–1025.1.М, ОРД–1026.1 – способность производить как порционную, так и поточную выдачу смеси, что позволяет использовать их не только для ямочного ремонта, но и для строительства и капитального ремонта дорожных покрытий. В последнем случае машина становится эффективным транспортным средством (термосом), способным длительное время сохранять требуемую однородность и рабочую температуру асфальтобетонной смеси и оперативно выгружать ее в асфальтоукладчик. Для этой цели разгрузочное отверстие имеет увеличенные размеры и оснащено затвором с гидроприводом.

Машины производства ЗАО «Асфальттехмаш» имеют систему бесступенчатого изменения частоты вращения вала смесителя, что позволяет эффективно смешивать минеральные наполнители с органическими и минеральными вяжущими материалами, асфальтовым гранулятом, резиновым порошком, полимерами; регенерировать старый асфальт; производить и наносить полимерно-битумные композиции, термопластики, мастики и другие материалы. Машины производства ЗАО «Асфальттехмаш» и ЗАО «Бецема» представлены на рис. 4.32.

Термос-миксеры производства Гомельского завода «Стромавтолиния» (рис. 4.33) отличаются увеличенными размерами отверстия механизма загрузки смеси, открывание – закрывание створок которого осуществляется с пульта управления с помощью гидроцилинд-

ров, что облегчает загрузку машины на асфальтобетонном заводе, исключает просыпание смеси, облегчает труд оператора. Стоимость термос-миксера составляет 15000 USD.



Рис. 4.32. Термос-миксеры производства ЗАО «Асфальттехмаш» и ЗАО «Бецема»



Рис. 4.33. Термос-миксер ФСИТ-39 производства Гомельского завода «Стромавтолиния»

Преимуществом конструкции термос-миксеров производства ЗАО «Асфальттехмаш», ЗАО «Бецема» и Гомельского завода «Стромавтолиния» является возможность быстрого монтажа и демонтажа, время которого не превышает одного часа при наличии грузоподъемного механизма соответствующей грузоподъемности, что позволяет оперативно менять оборудование базовых автомобильных шасси, эффективно используя их круглый год.

Машина для ремонта дорожных покрытий литым асфальтобетоном РД-2500 Л производства БООО «Спектр» (г. Бобруйск) (рис. 4.34) представляет собой бочкообразную емкость, установленную на одноосном прицепном шасси, выпускаемым Бобруйским заводом «Агромаш». В емкости установлен смеситель с горизонтально расположенным валом, приводимый в движение через редуктор от вала отбора мощности трактора, агрегатируемого с машиной. Вместимость емкости 2500 кг смеси. Обогрев емкости осуществляется с помощью пропановых горелок. В отличие от рассмотренных ранее конструкций термос-миксеров РД-2500 Л не имеет механизма наклона емкости для облегчения выгрузки смеси. Стоимость термос-миксера РД-2500 Л составляет 3550 USD.



Рис. 4.34. Машина для ремонта дорожных покрытий РД–2500 Л
производства БООО «Спектр» (г. Бобрыйск)

Котел для литого асфальта КДМ–150 производства ОАО «Кременчугский завод дорожных машин» (Украина) (рис. 4.35), выпускаемый в двух модификациях: 1501 – на шасси автомобиля КамАЗ–55111 или МАЗ–5516 и 1502 – на шасси автомобиля КраЗ–6510 или КраЗ–6444, предназначен для транспортировки литой асфальтобетонной смеси на объект производства работ с перемешиванием и поддержанием температуры, а также дозированной выгрузки смеси через люк с шиберным затвором.



Рис. 4.35. Котел для литого асфальта КДМ–150 производства ОАО «Кременчугский завод дорожных машин» (Украина)

Для выполнения технологического процесса ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог конструкция котла для литого асфальта КДМ–150 (рис. 4.36) представляет собой теплоизолированную емкость 2, смонтированную на раме 1, которая устанавливается на шасси автомобиля. В емкости установлен лопастной смеситель 3 с вертикальным расположением вала 4. Привод смесителя осуществляется от автономного дизельного двигателя 5 через редуктор 6, клиноременную 7 и цепную 8 передачи. Температура в емкости поддерживается за счет системы подогрева 9, работающей на сжиженном газе из баллонов 10. Загрузка смеси в емкость осуществляется через загрузочный люк 11, расположенный в ее верхней части, а выгрузка – по лотку 12 через люк с шиберным затвором, расположенным в ее нижней части.

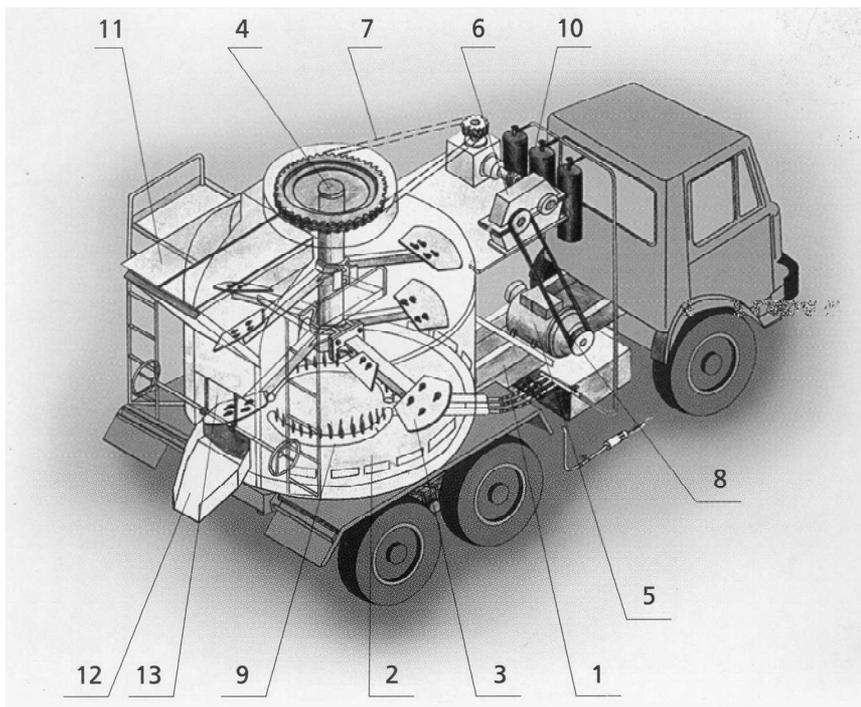


Рис. 4.36. Конструкция котла для литого асфальта КДМ–150 производства ОАО «Кременчугский завод дорожных машин» (Украина):

1 – рама; 2 – теплоизолированная емкость; 3 – лопастной смеситель; 4 – вал смесителя; 5 – дизельный двигатель; 6 – редуктор; 7 – клиноременная передача; 8 – цепная передача; 9 – система подогрева; 10 – баллоны системы подогрева; 11 – загрузочный люк; 12 – лоток; 13 – шиберный затвор

Основные технические характеристики котлов для литого асфальта производства ОАО «Кременчугский завод дорожных машин» (Украина) представлены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Основные технические характеристики котлов для литого асфальта
производства ОАО «Кременчугский завод дорожных машин»
(Украина)

№	Параметры	КДМ-1501	КДМ-1502
1	Базовое шасси	КамАЗ-55111, МАЗ-5516	КрАЗ-6510, 6444
2	Вместимость емкости котла, м ³	4	4
3	Вместимость емкости по массе, кг	6600	8200
4	Масса снаряженного котла в порожнем состоянии, кг	12480	14850
5	Масса снаряженной машины в загруженном состоянии, кг	19100	23500
6	Мощность автономного двигателя Д-120, кВт	18	18
7	Номинальный расход топлива автономного двигателя, кг/ч	4,4	4,4
8	Номинальный расход топлива системой подогрева (сжиженный пропан – бутан), кг/ч	6,5	6,5
9	Наибольшая скорость движения по дорогам с твердым покрытием, км/ч	80	80
10	Габаритные размеры, не более, мм: длина ширина высота	6600 2500 3300	8000 2500 3450
11	Ориентировочная стоимость, USD	32500	35500

Недостатком технологии ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с применением литого асфальтобетона является значительное потребление энергии при его выпуске (больше, чем при выпуске мелкозернистого асфальтобетона), так как его температура достигает 220...240°С, и связанные с этим особенности производства работ, в том числе и в области охраны труда.

4.2.3. Машины и оборудование для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог укладкой эмульсионно-минеральных смесей

4.2.3.1. Машины и оборудование для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог укладкой затаренных или приготовленных непосредственно на объекте производства работ эмульсионно-минеральных смесей

При производстве ямочного ремонта автомобильных дорог укладкой затаренных или приготовленных непосредственно на объекте производства работ эмульсионно-минеральных смесей применяются следующие машины и механизмы: компрессор, питающий сжатым воздухом отбойные молотки (пневмоломы), или фреза типа АМКОДОР–8047 А на базе трактора МТЗ–80/82 для вырубки кромок ямы; виброплита, осуществляющая уплотнение уложенной в яму эмульсионно-минеральной смеси, и транспортное средство, осуществляющее перевозку эмульсионно-минеральной смеси с базы на объекты производства работ, – обычно ГАЗ–33023 («Газель–Фермер»), в кузове которого размещаются все необходимое оборудование и материалы, а в кабине – бригада дорожных рабочих.

Эмульсионно-минеральная смесь для удобства при укладке может быть затарена в полиэтиленовые мешки или картонную тару. Для ее приготовления и затаривания на базе дорожной организации применяется различное оборудование. Наиболее простым и наименее производительным является стационарный бетоносмеситель, в котором осуществляется перемешивание предварительно дозированных компонентов эмульсионно-минеральной смеси. Для повышения производительности возможно применение доработанного смесителя асфальтобетонного завода, предложенное и внедренное в эксплуатацию специалистами ДРСУ–154 (г. Рогачев) КПРСУП «Гомельоблдорстрой», или стационарной установки для приготовления, дозирования и затаривания эмульсионно-минеральных смесей производительностью до 1,0 т/ч производства СКТБ «Техноприбор» (г. Гомель), изображенной на рис. 4.37, представляющей собой систему весовых и объемных дозаторов, подающих материа-

лы в смеситель и механизм затаривания. Смеси, приготовленные таким образом, могут храниться длительное время при положительной температуре и условии герметичности тары и использоваться при укладке по первому требованию.



Рис. 4.37. Установка для приготовления, дозирования и затаривания эмульсионно-минеральных смесей производства СКТБ «Техноприбор» (г. Гомель)

При производстве работ по данной технологической схеме укладка смеси производится вручную, что определяет низкую производительность – до 50 м^2 в смену. Стоимость всего оборудования без учета стоимости оборудования для приготовления эмульсионно-минеральных смесей составляет около 10000 USD.

В случае приготовления смеси прямо на объекте производства работ применяются мобильные бетоносмесители, навешиваемые на трактор МТЗ. В этом случае необходимо привлечение транспорта для перевозки материалов, а доля ручного труда еще более велика, что снижает производительность до 40 м^2 в смену.

Снизить долю ручного труда при производстве ямочного ремонта укладкой эмульсионно-минеральных смесей позволяют машины УДВ–2000 производства ГП «Дорвектор» (г. Молодечно) и «COMBI PATCHER» немецкой фирмы «SCHAEFER».

Установка для ямочного ремонта УДВ–2000 (рис. 4.38), смонтированная на прицепе ПСЕ–Ф–12.5Б, агрегатируется с трактором типа МТЗ–80/82 и состоит из трехсекционного бункера для различных фракций щебня общим объемом 1,5 м³; емкости для битумной эмульсии объемом 0,8 м³; компрессора, обеспечивающего работу отбойного молотка и пневмотрамбовки. Привод компрессора – гидромеханический, от гидросистемы трактора; питание электрооборудования установки – от электросистемы трактора. Технология работы установки включает в себя следующие операции: вырубка кромок ямы; очистка ямы от грязи сжатым воздухом; обработка ямы битумной эмульсией; ручная укладка в яму щебня, подаваемого через распределительные заслонки бункера в приемный короб; обработка щебня в яме битумной эмульсией посредством распылителя на гибком шланге, управляемого оператором; уплотнение.



Рис. 4.38. Установка для ямочного ремонта УДВ–2000 производства ГП «Дорвектор» (г. Молодечно)

К недостаткам установки УДВ–2000 относятся отсутствие возможности обогрева емкости для битумной эмульсии, малые объемы бункера для щебня и емкости для битумной эмульсии, приводящие

к необходимости частой загрузки, и, как следствие, – невысокая производительность – до 50 м^2 в смену. Стоимость установки составляет 7800 USD.

Установка «COMBI PATCHER» немецкой фирмы «SCHAEFER» (рис. 4.38) выполняет технологический процесс ямочного ремонта аналогично установке УДВ–2000 и представляет собой прицепное шасси с установленным на нем двухсекционным бункером для щебня общим объемом $4,5 \text{ м}^3$; обогреваемой емкостью для битумной эмульсии вместимостью 3500 л; автономной дизельной силовой установкой, приводящей компрессор пневмосистемы. Обработка ямы битумной эмульсией и пропитка щебня, уложенного в яму, осуществляется посредством форсунки на гибком шланге, закрепленном на поворотной стреле, что дает возможность оператору охватывать площадь покрытия автодороги в радиусе до шести метров от установки. Укладка щебня в яму производится вручную из подающего короба.



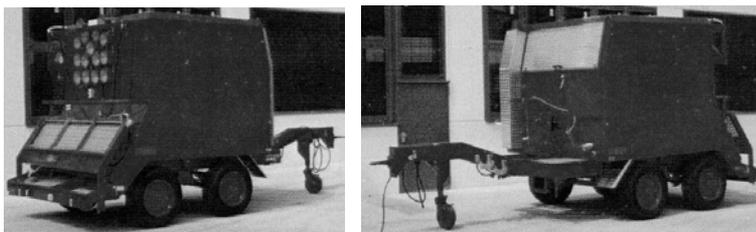


Рис. 4.39. Установка «COMBI PATCHER» немецкой фирмы «SCHAEFER»

Недостатками машин, выполняющих ямочный ремонт укладкой затаренных или приготовленных непосредственно на объекте производств работ эмульсионно-минеральных смесей, являются: необходимость предварительной подготовки ремонтируемого участка автодороги (вырубки кромок ям, очистки ям от грязи) привлечением другой техники; значительная доля ручного труда; низкая производительность; относительно невысокое качество ямочного ремонта вследствие отсутствия в выполняемом технологическом процессе операций по промывке щебня от пыли и ямы от грязи и засорителей.

Для разрушения и вырубки поврежденных участков дорожных покрытий применяют ручной механизированный инструмент ударного действия, навесные и прицепные рыхлители, автобетоноломы, машины для распиливания бетонных покрытий и машины для дробления твердых материалов на дороге.

При малых объемах работ, когда применение мощных машин нецелесообразно, ручной механизированный инструмент является основным средством взламывания дорожного покрытия. Форма и размеры рабочих наконечников ударного инструмента выбирают в зависимости от выполняемых работ. Конфигурация, углы заострения и материал наконечника существенно влияют на производительность и в известной мере определяют срок его службы. Материалом для наконечников служат углеродистые инструментальные стали 48, 48А, 48Г, 10Г. Для весьма крепких пород с коэффициентом крепости более 10 по шкале М.М.Протоdjeконова рекомендуется применять легированные стали 5ХВС и 6ХВС с присадкой хрома, вольфрама и кремния. Для работ по грунту и бетону применяют сталь 50. Изготовленные из этой стали наконечники подвергают

нормализации, закалке и отпуску. Закалке подвергают концы хвостовика и режущей части на длине 30-40 мм.

Пневматический лом. Для ударного разрушения каменных, бетонных фундаментов сооружений, дорожных покрытий, полускальных пород и разработки мерзлого грунта применяют пневмолот ИП-4604, в котором по сравнению с аналогичным оборудованием резко снижены вибрации и усилие нажатия. Он обладает большой ударной мощностью до 1,18 кВт при энергии удара 90 Н · м. Пневмолот (рис. 4.40) состоит из ствола и подвижно размещенного в нем ударника.

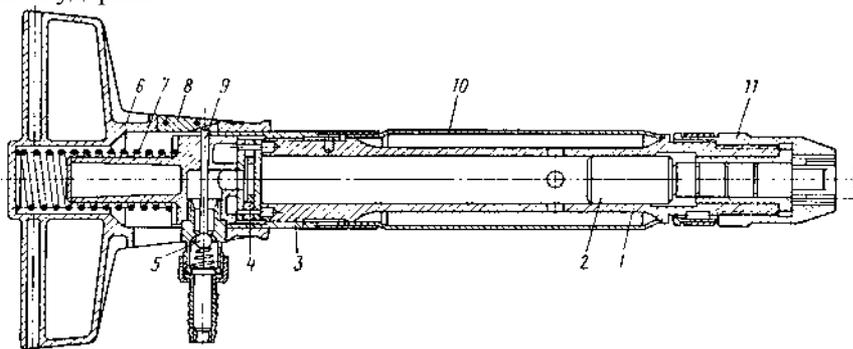


Рис. 4.40. Пневматический лом ИП-4604:

- 1 - ствол; 2 - ударник; 3 - стакан; 4 - воздухораспределительное устройство;
- 5 - подпружиненный шарик; 6 - рукоятка; 7 - амортизационная пружина;
- 8 - клин; 9 - толкатель; 10 - глушитель; 11 - колпак

На верхнем торце ствола при помощи стакана закреплено воздухораспределительное устройство. На стакан надета рукоятка с амортизационной пружиной между ними. Пусковое устройство, состоящее из подпружиненного шарика, толкателя и клина, размещено в стакане и рукоятке. На ствол надет глушитель шума. Пневмолот укомплектован сменным рабочим инструментом – ломом и лопаткой, которые закрепляют с помощью колпака.

При нажатии на рукоятку с помощью клина и толкателя шарик открывает доступ сжатому воздуху в воздухораспределительное устройство, направляющее сжатый воздух попеременно в нижнюю и верхнюю полости. Под действием сжатого воздуха ударник наносит удар по рабочему инструменту. Отработанный воздух удаляется

через радиальные отверстия в стволе и глушитель. Наличие глушителя позволило значительно уменьшить шум. Часть отработанного воздуха из глушителя направляется вниз на разрушаемый материал для уменьшения запыленности рабочего места. Принятая схема выхлопа позволила, кроме того, ликвидировать обмерзание, возникающее из-за расширения воздуха.

При выполнении работ по ремонту дорог широко применяют специализированные машины для разрушения дорожных покрытий ударом. В качестве рабочего оборудования они имеют мощные пневматические или гидравлические ударные молоты, которые навешивают на экскаваторы или на специальные машины.

Фирма «Фрема» (ФРГ) выпускает машины для разрушения дорожного покрытия толщиной до 25 см. На балке передвижной машины смонтированы один или несколько отбойных пневматических молотков. Высоту балки над уровнем покрытия устанавливают с помощью пневмоцилиндров. Ширина разрушаемой полосы при прокладке траншей под коммуникации 0,8-2,8 м. Производительность зависит от толщины разрушаемого слоя и достигает при разрушении асфальтобетонных покрытий 20 м/ч.

Во Франции разработан гидромолот «Арров-DSOO». Молот пред-назначен для разрушения любых дорожных покрытий, уплотнений щебня и обочин. Установлен он на двухосном автомобильном шасси. Частота ударов до 120 в минуту. Мощность двигателя 45 кВт (61 л.с.), рабочая скорость 12,5 м/мин, транспортная – 35 км/ч. Габаритные размеры машины 3,91 (4,16)×2 (4,24)×2,29 м.

Фирма «Браун и Таус» (Англия) выпустила гидроагрегат, состоящий из двух гидромолотков, шестеренного насоса и двигателя. Оборудование смонтировано на двухколесном шасси. Отмечают высокую износостойкость инструмента и низкий уровень шума (до 75 дБ), что является следствием применения капота со звукоизолирующей обкладкой из полиуретана. Размеры установки 2,66×1,14×1,27 м, общая масса 635 кг.

Оборудование ударного действия – ударник с гидропневматическим аккумулятором – может быть навешено на экскаваторы ЭО-2621 или ЭО-3323.

Известно предложение по созданию рыхлителей барабанного типа с зубьями. Такие машины предназначены для разрушения асфальтобетонных покрытий на глубину 152 мм. Два барабана машины с зубьями подвешены к раме двухосного тягача при помощи рычагов и гидроцилиндров. Барабаны взаимно перекрывают полосу разрушения друг друга. За ними размещены отвалы пружинного типа, которые собирают куски материала в виде валика по оси машины. Ленточным погрузчиком, смонтированным в задней части машины, материал грузится в транспортные средства или в отвал.

Большой интерес представляют механизмы, в которых для разрушения покрытий применяют струю воды, вытекающую из сопла под большим давлением. Машина, которая разрушает покрытие вертикальной струей воды, состоит из импульсных насосов высокого давления с инжекторами. Оборудование опирается резиновыми подушками на поверхность покрытия. После разрушения одного участка оборудование поднимают, а машина перемещается на новое место.

Анализ работ, доложенных на симпозиуме по струйной резке в 1974 г., показывает, что специалисты в области струйной резки твердых тел считают использование высокоскоростных жидких струй одним из перспективных направлений интенсификации некоторых работ по содержанию и ремонту автомобильных дорог и аэродромов. Достижения в технике струйной резки позволяют использовать инструменты для резки бетона, нарезки швов, нанесения бороздок шероховатости, заменяя дорогостоящие алмазные инструменты. Струйная резка была с успехом использована при подготовке к подъему подводного крейсера «Курск».

Высокоскоростные струи жидкости можно также использовать для очистки поверхностей покрытий от грязи и удаления продуктов загрязнения.

Каменные материалы и куски бетона, находящиеся на поверхности покрытия, можно дробить специальными машинами-дробилками, рабочим органом которых чаще всего является ротор с дробящими молотками. Такие дробилки могут оказаться эффективными при реконструкции дорог с каменным покрытием.

Машины для дробления могут быть прицепными, навесными на стандартные двухосные и одноосные тягачи и на специальном шасси. Независимо от этого их дробящее устройство в основном одинаково. Оборудование такого типа монтируют на прицепе. Оно состоит из рамы, рабочего оборудования – дробящего ротора, двигателя, трансмиссии, ходовой части и механизмов управления. Рама прицепа опирается на ось через две балки, имеющие шарнирное крепление на концах рамы и на оси. Положение рамы относительно поверхности земли и дробимого материала регулируют посредством гидроцилиндров, укрепленных на балках и раме. При подъеме и опускании рамы изменяется положение ротора с дробящими молотками. Ротор имеет вид вала с дисками, на которых шарнирно закреплены молотки. Молотки на смежных дисках смещены относительно друг друга на 45° . Ротор с молотками закрыт кожухом. Материал, подлежащий дроблению, рассыпается в виде валика на дороге. При реконструкции дорог старое покрытие предварительно разрыхляют. Машину над реконструируемым участком покрытия дороги буксируют тягачом на малой скорости. Мелкие частицы раздробленного материала обычно располагаются в нижних его слоях. При необходимости раздробленный материал перемешивают, а остающиеся на поверхности крупные частицы дробят снова на повторном подходе машины. Количество проходов и скорость движения машины зависят от крупности и твердости материала, а также от требуемой крупности щебня.

Расчет машин для разрушения покрытий заключается в определении размеров рабочих элементов, определении тягового усилия, мощности, потребной для привода в действие оборудования, и производительности. Затем рассчитывают основные элементы машины на прочность и на усталость.

Расчет параметров и режима работы оборудования для ударного разрушения асфальтобетонных покрытий. Эффективность применения машин ударного действия для механизации работы по ремонту дорожных покрытий зависит от правильно выбранных параметров рабочего органа и режимов его работы.

При разрушении асфальтобетонных покрытий глубина внедрения инструмента для каждой температуры бывает наибольшей, со-

ответствующей оптимальной скорости удара. Наибольшая оптимальная скорость (5,5, м/с) соответствует температуре асфальтобетона 15°C, наименьшая (3,5 м/с) – температуре 45°C, т.е. с увеличением температуры покрытия в 3 раза оптимальная скорость удара уменьшается в 1,55 раза. Зависимость h от v при разных температурах покрытия приведена на рис. 4.41.

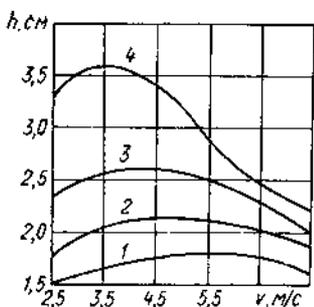


Рис. 4.41. Зависимость глубины h внедрения инструмента от скорости v удара:
 1 - при $t = 15^\circ\text{C}$; 2 - при $t = 25^\circ\text{C}$; 3 - при $t = 35^\circ\text{C}$; 4 - при $t = 45^\circ\text{C}$

Зависимость между оптимальной скоростью удара (v м/с) и температурой (t в °C) асфальтобетонного покрытия для исследованного диапазона удовлетворительно описывается выражением

$$v = \mu t^{-0,32},$$

где μ - коэффициент, характеризующий асфальтобетон, для среднезернистого асфальтобетона $\mu = 12,5$;

t - температура асфальтобетонного покрытия в °C.

Для энергии удара, равной $400 \text{ Н} \cdot \text{м}$, оптимальная ширина лезвия инструмента составляет 2 см, или энергия удара, приходящаяся на 1 см ширины лезвия инструмента, равняется $200 \text{ Н} \cdot \text{м}$. С увеличением энергии единичного удара $400 \dots 1200 \text{ Н} \cdot \text{м}$ удельная энергоёмкость уменьшается при относительном увеличении удельной энергии удара на 1 см лезвия инструмента.

Ниже приведена зависимость удельной энергии удара, объема отделяемого материала и удельной энергоёмкости (среднестатистические данные):

Энергия удара в Н·м	400	800	1200
Ширина инструмента в мм	20	35	50
Удельная энергия удара в Н·м/см	200	210	240
Удельная энергоемкость в кВт·ч/м ³	0,75	0,35	0,15

Таким образом, каждой энергии единичного удара соответствует оптимальная энергия удара на 1 см ширины лезвия инструмента, при которой асфальтобетонные покрытия разрушаются с минимальными удельными энергозатратами и с отделением от покрытия наибольших по размерам кусков материала.

Результаты экспериментов по установлению удельной энергоемкости разрушения при энергии удара 400 Н · м и температуре покрытия 15°С для трех форм инструмента показали, что наименьшая удельная энергоемкость при наибольшем расстоянии от места нанесения удара до края уступа соответствует воздействию на покрытие инструмента в виде шестигранной пики и составляет 0,72 кВт · ч/м³. При разрушении асфальтобетона симметричной пикой и пикой в виде усеченной пирамиды удельная энергоемкость повышается соответственно до 0,76 и 0,85 кВт · ч/м³.

Уменьшение удельной энергоемкости при разрушении асфальтобетонных покрытий шестигранной пикой объясняется концентрацией напряжений у боковых граней инструмента и созданием направленного скола.

С увеличением температуры покрытия наблюдается другая картина. При увеличении температуры покрытия до 45°С наименьшая удельная энергоемкость соответствует пирамидальной пике и составляет 0,47 кВт · ч/м³. Для шестигранной и симметричной четырехугольной пик удельная энергоемкость равна соответственно 0,57 и 0,70 кВт · ч/м³.

Установлено, что для разрушения асфальтобетонных покрытий ударом существует оптимальная форма инструмента, которая с увеличением температуры асфальтобетона изменяется: при разрушении асфальтобетонных покрытий температурой до 35°С целесообразно применять шестигранную пику, при температуре 45°С и выше – пирамидальную пику.

Для каждой температуры покрытия существует оптимальный угол заострения инструмента, при котором удельная энергоёмкость наименьшая (рис. 4.42).

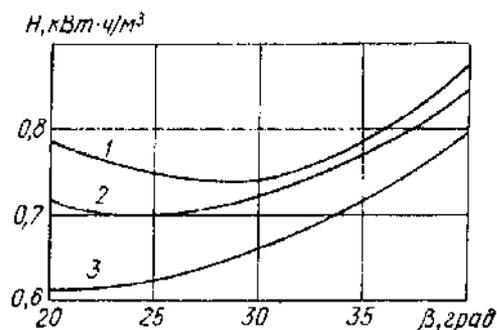


Рис. 4.42. Зависимость энергоёмкости H от угла β заострения инструмента: 1 - при $t = 15^\circ\text{C}$; 2 - при $t = 25^\circ\text{C}$; 3 - при $t = 35^\circ\text{C}$

При температуре покрытия 35°C с уменьшением угла заострения от 40 до 20° удельная энергоёмкость уменьшается от $0,80$ до $0,61$ кВт · ч/м³, или в 1,3 раза, т.е. при относительно высоких температурах асфальтобетона ($35\text{--}45^\circ\text{C}$) наименьшие удельные затраты энергии бывают при малых углах заострения. Уменьшение температуры покрытия, когда снижается влияние упруговязких свойств асфальтобетона и материал становится более хрупким, приводит к увеличению оптимальных углов заострения инструмента.

При относительно высоких температурах асфальтобетонных покрытий (порядка $35\text{--}45^\circ\text{C}$) целесообразно применять инструмент с углом заострения 20° . При более низких температурах оптимальный угол заострения увеличивается до 30° .

С увеличением энергии единичного удара и применением оптимальной ширины лезвия инструмента удельная энергоёмкость уменьшается до наименьшего значения, после чего наблюдается некоторый ее рост. Оптимальная удельная энергоёмкость ($0,11$ кВт · ч/м³) получена для энергии удара 4000 Н · м (400 кгс · м) и ширины лезвия инструмента 105 мм.

Потребная работа (в Дж) единичного удара с учетом оптимальной ширины B лезвия инструмента, скорости приложения ударной нагрузки и свойств асфальтобетона

$$A_{\text{опт}} = 9,8 \frac{\xi B^{1,6} R_{\text{сж}}}{\rho t^{-0,32}},$$

где ξ - коэффициент, учитывающий форму инструмента (для симметричной шестигранной пики $\xi = 0,016$);

$R_{\text{сж}}$ - прочность асфальтобетона на сжатие (бар, 0,1 МПа). Энергоемкость и объем отделяемого материала во многом зависят от расстояния l , от места нанесения удара до края уступа; уменьшение или увеличение этого расстояния приводит к увеличению удельной энергоемкости (рис. 4.43).

Оптимальное расстояние (в см) рекомендуют определять из выражения

$$l_{\text{эф}} = \frac{k_c \rho A_{\text{опт}}^{1,44} t^{-0,32}}{9,8 \phi \xi B^{1,6} R_{\text{сж}}},$$

где k_c - коэффициент, учитывающий схему разрушения; для последовательной схемы $k_c = 1$, для последовательно-параллельной $k_c = 0,5$;

ϕ - коэффициент, учитывающий толщину покрытия: при $h = 0,8$ см $\phi = 0,12$; при $h = 10$ см $\phi = 0,23$ и при $h = 12$ см $\phi = 0,31$.

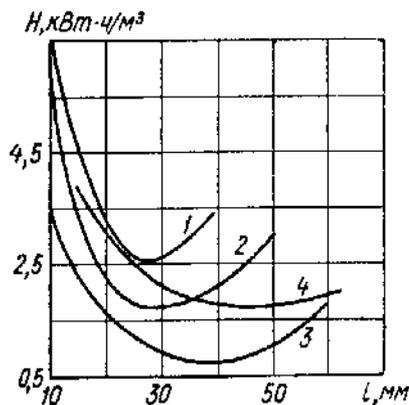


Рис. 4.43. Зависимость энергоемкости H от расстояния l (от места удара до края уступа):
 1 - при ширине инструмента $b = 5$ мм; 2 - при $b = 10$ мм;
 3 - при $b = 20$ мм; 4 - при $b = 40$ мм

На эффективность процесса разрушения влияет технология разрушения дорожных покрытий. Асфальтобетон разрушается по трем схемам: последовательной, шахматной и последовательно-параллельной. При последовательном нанесении ударов на оптимальном расстоянии от края уступа параллельно линии забоя трещины распространяются параллельно краю уступа; куски отделяемого материала по форме близки к вытянутому прямоугольнику. При шахматной (удары наносят в шахматном порядке относительно края уступа) и последовательно-параллельной схемам (удары наносят последовательно и параллельно по оси продвижения машины) куски отделяются в виде трапециевидальной фигуры.

Анализ схем разрушения при энергии удара $400 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ($400 \text{ кгс}\cdot\text{м}$) показал, что наибольшие куски материала отделяются при последовательном нанесении ударов параллельно уступу, за один удар отделяется около 800 см^2 ; с применением шахматной и последовательно-параллельной схем площадь поверхности отделяемого материала уменьшается соответственно до 500 и 400 см^2 .

Последовательно-параллельная схема разрушения, несмотря на более низкую ее производительность, может найти применение в специфических условиях, когда последовательная и шахматная схе-

мы неприменимы (разрушение асфальтобетонных покрытий под узкие траншеи при прокладке коммуникаций).

Разрушать асфальтобетонные покрытия ударным рабочим органом целесообразно с энергией удара $4000 \text{ Н} \cdot \text{м}$, при оптимальной скорости приложения ударной нагрузки и ширине инструмента, равной 105 мм , по последовательной схеме разрушения с нанесением ударов параллельно краю уступа на расстоянии 18 см , при шаге ударов, равном 40 см .

Рассчитывают оборудование с роторными дробилками при окружной скорости молотков дробящего устройства $v = 25 \dots 35 \text{ м/с}$. Большее значение принимают для материалов повышенной прочности и получения высоких степеней измельчения.

Размеры молотков устанавливают на основании анализа удара молотка о кусок дробимого материала. Удар молотка о кусок материала сопровождается возникновением реактивных ударных сил, действующих на ротор (стержни, вал, подшипники). Принимают, что удар, наносимый наружным краем молотка, является неупругим и угловая скорость ротора изменяется незначительно. Исходя из этого (рис. 4.44) определяют импульс ударной силы (в $\text{Н} \cdot \text{с}$)

$$S_1 = \frac{mRJ\omega}{J + m(R - r)^2}$$

и импульс ударной реакции оси крепления молотка (в $\text{Н} \cdot \text{с}$)

$$S_2 = \frac{mR [J - Mx_{\text{ц}}(R - r)]\omega}{J + m(R - r)^2},$$

где m - масса разбиваемого куска в кг;

M - масса молотка в кг;

J - момент инерции молотка относительно оси крепления в $\text{Н} \cdot \text{м}^2$;

$x_{\text{ц}}$ - расстояние от оси крепления до центра тяжести молотка в м;

r - радиус ротора дробилки в м;

R - расстояние от оси вращения ротора до оси крепления молотка в м;
 ω - угловая скорость ротора в рад/с.

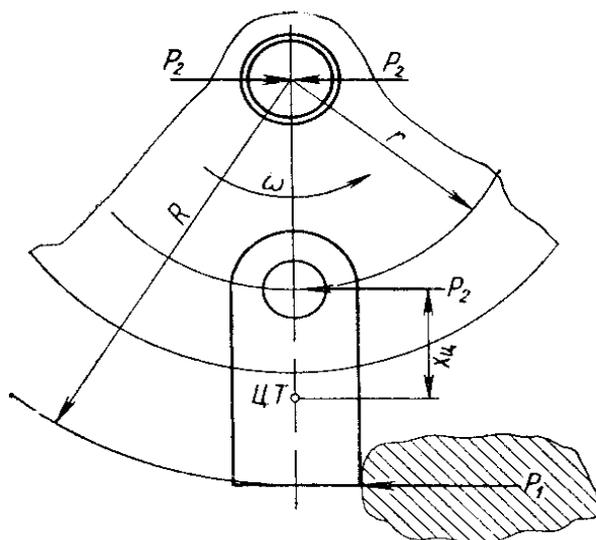


Рис. 4.44. Схема взаимодействия молотка с дробимым материалом

Ударная реактивная сила, действующая на ось крепления молотка:

$$P_2 = \frac{S_2}{\tau},$$

где τ - продолжительность удара в с.

Для исключения этой силы молотки должны быть уравновешены.

Для срезания старого асфальтобетонного покрытия используют землеройно-фрезерные машины, выполненные на базе колесного шасси, с гидромеханическим ходоуменьшителем. Рабочий орган – фрезерного типа, представляет собой полый вал с неподвижно закрепленными на нем держателями, в которых установлены сменные зубья из износостойкой марганцевой стали.

Куски снятого асфальтобетона, используемого на месте для устройства основания или нижнего слоя покрытия под укладываемую асфальтобетонную смесь, дробят кулачковыми катками, кулачки которых имеют форму заостренных шипов, или специальными дробилками.

Кулачковый каток – навесное оборудование машины для взламывания покрытия.

Применяют машины типа «Робот», обеспечивающие разогрев старого асфальтобетонного покрытия перед его срезанием. Рабочий орган дорожной фрезы «Робот» (типы RS-2000 и RS-2300, ФРГ) устанавливается на автомобиле-тягаче «ДБ-Унимог» позади его ведущих колес.

Перед передними колесами автомобиля расположен блок горелок для разогрева асфальтобетонного покрытия и снижения усилия резания.

Фреза RS-2000 – барабан, на поверхности которого закреплены 160 ножей из износостойкой стали с шириной режущей кромки 50 мм. Вал ее вращается в направлении, обратном движению машины. Привод вала осуществляется через боковые редукторы и гидродвигатели от насоса, приводимого в действие от дополнительного двигателя мощностью 51,5 кВт, установленного на платформе базовой машины. Глубина фрезерования регулируется жесткими боковыми опорными колесами, закрепленными на боковых редукторах, фреза поднимается и опускается с помощью гидроцилиндра. Нагревательный блок размером 2000×850 мм и массой 65 кг состоит из 20 инфракрасных горелок, работающих от баллонов со сжиженным пропаном, установленных на платформе автомобиля. Расход газа составляет 4 кг/ч для каждой горелки. Снятый материал забирается ковшовыми погрузчиками, после чего полотно очищают подметальными машинами.

Машины «Робот» (RS-2000, RS-2350) могут быть оборудованы как поверхностным открытым нагреванием сжиженным газом (of) для небольших по объему фрезерных работ, так и более мощным инфракрасным нагревом покрытия (if).

Производительность фрезы при глубине фрезерования 25-40 мм составляет:

Тип машины

RS-2000 RS-2350

Прогревание сжиженным газом, м ² /ч	150-250	200-300
Инфракрасным прогреванием, м ² /ч	250-400	450-750
Максимальная глубина за один рабочий проход	65 мм	

При расчете тягового баланса усилия сцепления машин ударного разрушения покрытий при передвижении их собственным ходом (в транспортном режиме) проверяют по общепринятым формулам. Общее сопротивление в рабочем режиме W_p (в ньютонах) машин, срезающих (фрезой, отвалом) или взламывающих (кирковщиком, рыхлителем) асфальтобетонное покрытие, включает сопротивление перемещению машины ходового оборудования, выравнивающих и срезающих рабочих органов. Таким образом, общее сопротивление

$$W_p = (G_m - G_b - G_{cp})f_{пер} + (G_b f_1 + G_{пр} f_2) + (G_{cp} f_1 + k_{cp} B h),$$

где G_m , G_b , G_{cp} , $G_{пр}$ - вес соответственно машины, выравнивающего и срезающего оборудования, призмы волочения материала покрытия перед рабочим органом, Н;

$f_{пер}$ - коэффициент сопротивления дороги;

f_1 - коэффициент трения материала покрытия по стали, принимаемый для разогретого асфальтобетона равным 0,3...0,4;

$f_2 = 0,35...0,45$ - коэффициент внутреннего трения материала покрытия;

k_{cp} - коэффициент сопротивления резанию, Н/м²;

B , h - соответственно ширина и глубина резания, м.

Вес призмы волочения срезаемого материала покрытия

$$G_{пр} = 0,6(H - h)^2 L \cdot \gamma \cdot g,$$

где H , L - соответственно высота и длина отвала, м;

h - глубина резания, м;

γ - средняя плотность материала покрытия, принимаемая для асфальтобетона 2,2...2,3, Н/м³,

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2 .$$

Силу тяги W_p по сцеплению и силу тяги, развиваемой двигателем, определяют по формуле (4.1).

Тяговый расчет и проверку работы машины в транспортном режиме при ее передвижении собственным ходом производят по известным формулам.

В случае расчета энергетического баланса для единичного удара рабочих органов ударного действия определяют необходимую работу A (в джоулях) с учетом оптимальной ширины лезвия инструмента, скорости приложения ударной нагрузки и свойств асфальтобетона

$$A = 98\xi g^{1,6} R_{сж} t^{0,32/\mu} ,$$

где ξ - коэффициент, учитывающий форму инструмента (для симметричной шестигранной пики $\xi = 0,016$);

B - ширина лезвия инструмента, мм;

$R_{сж}$ - прочность асфальтобетона на сжатие, принимаемая равной 5 МПа при $t = 20$ °С и 1,6 МПа при $t = 50$ °С и сухом состоянии покрытия;

t - температура асфальтобетонного покрытия, °С;

μ - коэффициент, характеризующий асфальтобетон (для среднезернистого он равен 12,5).

Для машин, срезающих покрытие рабочим органом отвалного типа и взламывающего действия, мощность (в киловаттах), расходуемая в рабочем режиме N_p на привод оборудования:

$$N_p = \frac{W_p v_m}{1000\eta_{тр}} + \frac{W_p v_m}{1000\eta_{тр}} \cdot \frac{\delta}{1 - \delta} ,$$

где v_m - рабочая скорость машины, м/с;

$\eta_{тр}$ - КПД трансмиссии;

δ - коэффициент буксования.

Для машин, срезающих покрытие вращающейся фрезой, мощность (в киловаттах), передающаяся через движитель и с помощью привода фрезы:

$$N_p = \frac{W_p v_m}{1000 \eta_{тр}} + \frac{W_p v_m}{1000 \eta_{тр}} \cdot \frac{\delta}{1 - \delta} + \frac{W_{ср} \omega_{ф} R_{ф}}{1000 \eta_{пф}},$$

где $\omega_{ф}$ - угловая скорость фрезы, принимаемая для машин типа ЗФМ-2300 равной 0,9-1,4 рад/с;

$R_{ф}$ - радиус фрезы, м;

$\eta_{пф}$ - КПД передачи между двигателем и фрезой.

Мощность (в киловаттах) машин, срезающих фрезой слой разогретого асфальтобетонного покрытия:

$$N_p = N_{уд} B H v_m,$$

где $N_{уд} = 3600 - 4700$ кВт·с/м³ - удельная мощность, затрачиваемая на срезание покрытия;

B , H - соответственно ширина и глубина срезаемого покрытия, м.

4.2.3.2. Машины и оборудование для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог механизированной укладкой эмульсионно-минеральных смесей с помощью универсальных машин для ямочного ремонта

Наиболее прогрессивным, эффективным и производительным способом ямочного ремонта в настоящее время является технология, при выполнении которой непрерывно осуществляются операции по приготовлению, укладке в ремонтируемую яму и уплотнению эмульсионно-минеральной смеси потоком воздуха, выполняемые рабочим органом универсальной машины. Такую технику, различную по конструкции, но одинаково выполняющую основные операции технологического процесса, выпускают ряд предприятий в Европе, России и Республике Беларусь.

ЗАО «Бецема» (г. Красногорск) [7], ЗАО «Химлегмаш – Псков» (г. Псков) [8] и ОАО «Завод «Дормаш»» (г. Верхний Уфалей) вы-

пускают соответственно установки для ямочного ремонта БЦМ–24, УДР–1 и УДМ–1 (рис. 4.45, 4.46) типа RA–2000 SPRAY PATCHER фирмы «ROSCO» (США), конструктивно идентичные, отличающиеся только комплектующими изделиями, которые агрегируются с автомобилем-самосвалом, на заднем борту которого навешивается приемный бункер, оборудованный шнековым питателем, из которого щебень транспортируется по гибкому щебнепроводу в рабочий орган под действием потока воздуха, создаваемого воздуходувкой. Привод воздуходувки осуществляется от дизельного двигателя, смонтированного на раме установки. Подача битумной эмульсии производится насосом из теплоизолированного бака, имеющего систему подогрева, к рабочему органу установки – соплу, где происходит смешивание щебня с битумной эмульсией и непрерывная укладка получаемой эмульсионно-минеральной смеси в ремонтируемую яму. Рабочий орган имеет возможность менять свое положение в пространстве охватывая определенную площадь покрытия автодороги.



Рис. 4.45. Установка для ямочного ремонта БЦМ–24 производства ЗАО «Бецема» (г. Красногорск)

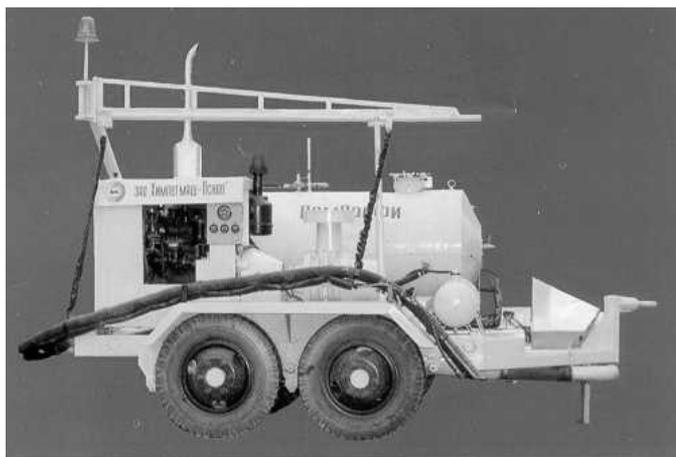


Рис. 4.46. Установка для ямочного ремонта УДР-1 производства ЗАО «Химлегмаш – Псков» (г. Псков)

Недостатками данных машин являются: возможность агрегатирования только с определенной моделью автомобиля-самосвала, для заднего борта которого изготовлен приемный бункер; невозможность работы в условиях ограниченного габарита по высоте из-за поднятого кузова автомобиля-самосвала; относительно невысокое качество ямочного ремонта вследствие отсутствия в технологическом процессе, выполняемом установкой, операций по промывке щебня от пыли, образующейся при его транспортировке, и ямы от грязи и засорителей. Производительность данных машин составляет 120 м² в смену, стоимость машины БЦМ-24–40000 USD; машины УДР-1–30000 USD; машины УДМ-1–33000 USD.

Фирма «SAVALCO» (Швеция) [9] (рис. 4.47) выпускает машину для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автодорог моделей SR 800 и SR 1500, отличающихся грузоподъемностью. Оборудование данных машин состоит из конического бункера для щебня; отдельного бака для битумной эмульсии, имеющего систему подогрева; дизельной силовой установки, приводящей в действие насос гидравлической системы привода шнека подачи щебня и воздуходувку, создающую поток воздуха, увлекающего щебень из шнекового питателя в щебнепровод и далее в рабочий орган (сопло), а также насос, подающий битумную эмульсию из бака в рабочий ор-

ган, где она смешивается со щебнем. Получаемая в результате эмульсионно-минеральная смесь непрерывно укладывается в ремонтируемую яму. Рабочий орган (сопло) смонтирован на стреле гидроманипулятора и управляется водителем автомобиля непосредственно из кабины.



Рис. 4.47. Машина для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автодорог SR 800 фирмы «SAVALCO» (Швеция)

Недостатком данной машины является относительно невысокое качество ямочного ремонта вследствие отсутствия в выполняемом технологическом процессе операций по промывке щебня от пыли и ямы от грязи и засорителей; металлоемкость и энергонасыщенность, определяющие высокую стоимость изготовления и эксплуатации машины. Производительность машины составляет 140 м^2 в смену, стоимость вместе с автомобилем – 170000 USD.

Производственно-торговой фирмой «РАСТОМ» (г. Москва) выпускается с применением импортных комплектующих машина для ямочного ремонта Turbo Jet T – 250 AE типа CRAFCO (США) (рис. 4.48), устанавливаемая на шасси автомобиля ЗИЛ–133 Г42 грузоподъемностью 12,5 т, конструкция которой состоит из конического бункера объемом 5 м^3 для щебня, опускаемого под действием силы тяжести в питатель и увлекаемого потоком воздуха, создаваемого воздуходувкой, по гибкому щебнепроводу в ремонтируемую яму. На конце гибкого щебнепровода, проложенного по стреле, управляемой оператором вручную, установлено сопло, в котором происходит обработка щебня битумной эмульсией, подаваемой под давлением из

обогреваемого бака вместимостью 946 л. Привод воздуходувки осуществляется от дизельного двигателя мощностью 80 л.с.

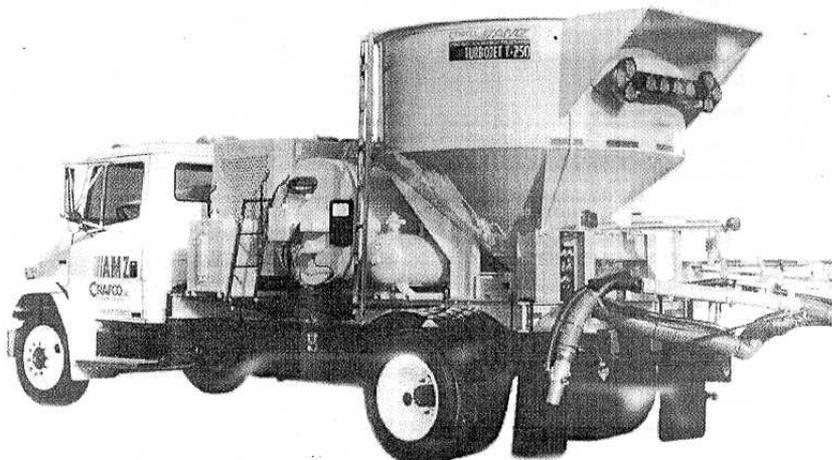


Рис. 4.48. Машина для ямочного ремонта Turbo Jet T – 250 AE производства ПТФ «РАСТОМ» (г. Москва)

Недостатком данной машины, аналогично машине SAVALCO (Швеция), является относительно невысокое качество ямочного ремонта вследствие отсутствия в выполняемом технологическом процессе операций по промывке щебня от пыли и ямы от грязи и засорителей, высокая металлоемкость. Производительность машины составляет 120 м² в смену, стоимость вместе с автомобилем – 82000 USD.

Фирмой «SCHAFER» (Германия) [10] выпускается установка BLOW-PATCHER (рис. 4.49) для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автодорог, состоящая из установленных на прицепном шасси двухсекционного бункера для щебня, отдельных баков для воды и битумной эмульсии; дизельной силовой установки, приводящей в действие гидросистему шнеков подачи щебня из бункера в щебнепровод, компрессор пневмосистемы и воздуходувку, создающую поток воздуха, посредством которого материал подается по щебнепроводу в рабочий орган (сопло), где смешивается с битумной эмульсией, подаваемой из бака диафрагменным насосом. Получаемая в результате эмульсионно-минеральная смесь непре-

рывно укладывается в ремонтируемую яму, предварительно промываемую водой от грязи и засорителей. Рабочий орган имеет возможность менять свое положение в пространстве, охватывая определенную площадь покрытия автодороги.



Рис. 4.49. Установка BLOW-PATCHER для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автодорог фирмы «SCHAFER» (Германия)

Недостатком данной машины является относительно невысокое сцепление вяжущего (битумной эмульсии) с минеральным материалом (щебнем), если щебень имеет повышенное содержание пыли, и, как следствие, – относительно недостаточная долговечность ямочного ремонта; металлоемкость, определяющая высокую стоимость изготовления машины. Производительность машины составляет 120 м² в смену, стоимость – 110500 USD.

Фирмой «КОВИТ» (Чехия) выпускаются машины для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автодорог модификаций TURBO-COMBI-3000, 4000, 5000, 7000, (рис. 4.50, 4.51), отличающиеся вместимостью бункера (соответственно 3000, 4000, 5000, 7000 кг), устанавливаемые на автомобильные шасси соответствующей грузоподъемности, за исключением TURBO-COMBI-3000, устанавливаемой на прицепном шасси. Конструкция данных машин аналогична конструкции машины BLOW-PATCHER немецкой фирмы «SCHAFER» и отличается конструктивным исполнением отдельных узлов и агрегатов (так бункер машин TURBO-COMBI

имеет только одну секцию, что позволяет использовать при производстве ямочного ремонта только одну фракцию щебня; привод воздуходувки, насос подачи битумной эмульсии – гидравлический; гибкий щебнепровод с рабочим органом установлен на поворотной стреле, закрепленной к нижней раме бункера, что в отличие от машины BLOW-PATCHER снижает металлоемкость конструкции и облегчает работу оператора). В то же время машина TURBO-COMBI имеет возможность распределения песчано-соляной смеси в зимний период, которая загружается в бункер вместо щебня и, подаваемая через рабочий орган, разбрасывается диском, приводимым гидромотором. Параметры посыпки (ширина россыпи, плотность посыпки) изменяются путем изменения частоты вращения шнека подачи материала и разбрасывающего диска.

Недостатком данной машины является относительно невысокое качество ямочного ремонта вследствие отсутствия в выполняемом технологическом процессе операций по промывке щебня от пыли и ямы от грязи и засорителей. Производительность машины составляет до 120 м² в смену, стоимость – от 40000 до 70000 USD в зависимости от модификации.



Рис. 4.50. Машина для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автодорог TURBO-COMBI 3000 фирмы «КОВИТ» (Чехия)



Рис. 4.51. Машина для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автодорог TURBO-COMBI модификации 4000-7000 фирмы «КОВИТ» (Чехия)

С учетом опыта эксплуатации установки для ямочного ремонта BLOW-PATCHER немецкой фирмы «SCHAFER» ПРСО «Гомельоблдорстрой» совместно с Гомельскими заводами «Стромавтолиния» и ОП НПО РУП «Гомсельмаш» была разработана конструкторская документация на изготовление универсальной машины для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог типа BLOW-PATCHER немецкой фирмы «SCHAFER». При изготовлении данной машины в ее конструкцию были внесены доработки, позволяющие применить максимум отечественных комплектующих, таких как шасси, узлы пневмо- и гидросистемы, но оставить оригинальными (производства ведущих немецких фирм) те узлы и агрегаты, которые определяют надежность и производительность работы машины (дизельный двигатель фирмы «HATZ» модели 3L41С, воздуходушка фирмы «ZM» модели EG 3.2.1, мембранные насосы фирмы «ALFA LAVAL» модели DL 25). Эксплуатация в строительных сезонах 1998–2002 годов в ДЭУ, ДРСУ ПРСО «Гомельоблдорстрой» изготовленных на заводе «Стромавтолиния» десяти машин заводского обозначения ФСИГ-42 (рис. 4.52) и трех машин, изготовленных в ОП НПО РУП «Гомсельмаш», показала, что машина отечественного производства не уступает немецкой.



Рис. 4.52. Универсальная машина для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог ФСИТ-42

Конструкцию машины BLOW-PATCHER немецкой фирмы «SCHAFER» в качестве прототипа использовал также Радицкий машиностроительный завод (г. Брянск), входящий в холдинг «Строительные машины и механизмы», специалисты которого в 2002 г. разработали и изготовили машину для ямочного ремонта модели Р-310 (рис. 4.53) с максимальным применением комплектующих производства стран СНГ. Применение дизельного двигателя производства Владимирского тракторного завода, воздуходувки производства ООО «Мелком» (Мелитопольский компрессорный завод, Украина) позволило снизить стоимость до 30000 USD, но в то же время возросли масса и габаритные размеры машины по сравнению с немецким аналогом.



Рис. 4.53. Машина для ямочного ремонта Р-310 производства ООО «Радицкий машиностроительный завод» (г. Брянск)

Основные технические характеристики машин для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог механизированной укладкой эмульсионно-минеральной смеси представлены в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Основные технические характеристики машин для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог механизированной укладкой эмульсионно-минеральной смеси

№	Параметр	БЦМ-24 УДР-1 УДМ-1	SAVALCO		Turbo Jet T 250 AE	BLOW- PATCHER	TURBO- COMBI	ФСИТ 42
			SR 800	SR 1500				
1	Вместимость бункера для щебня, м ³	До 16000 (автомоб.)	4400	8500	8000	6000	3000-7000	6000
2	Вместимость бака для битумной эмульсии, м ³	950	800	1500	946	1000	1000	1000
3	Вместимость бака для воды, м ³	-	-	-	-	900	-	900
4	Мощность силовой установки, кВт	41,9	30,0 или отбор мощности от двигателя шасси		58,5	385,	38,5	38,5
5	Производительность воздуходувки, м ³ /мин	13,0	13,0	13,0	15,5	16,8	12,5	16,8
6	Давление подачи битумной эмульсии, кгс/см ²	5,0	6,0	6,0	До 10,0	До 8,0	До 7,0	До 8,0
7	Габаритные размеры в транс-портном положении, мм: длина ширина высота	5000 2340 3100	6800 2500 2300	8800 2500 2300	4572 2133 2336	5500 2400 3250	До 5000 2420 до 2500	6500 2500 3500
8	Масса без материалов в снаряженном состоянии, кг	3500	2900	3500	2767	3000	2400-3500	4000
9	Производительность, м ² в смену	120	140	140	120	120	120	120
10	Стоимость, USD	30000-	170000	200000	82000	110500	40000-	30000-

		40000					70000	40000
--	--	-------	--	--	--	--	-------	-------

На основе опыта эксплуатации рассмотренных выше конструкций машин, проведенного анализа специалистами КПРСУП «Гомельоблдорстрой» совместно с кафедрой «ДМ и ПТМ» БелГУТа разработана новая конструкция универсальной машины для текущего ремонта и содержания асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог (рис. 4.54), состоящей из каркаса, объединяющего бункер для щебня, баки для воды и битумной эмульсии, устанавливаемого на шасси или в кузове транспортного средства, удовлетворяющего соответствующей модификации данной машины. В нижней части бункера, имеющего в поперечном сечении коническую форму, установлен шнек, приводимый посредством гидромеханической передачи и транспортирующий щебень из бункера в приемный лоток, из которого он, увлекаемый потоком воздуха, по гибкому щебнепроводу подается в рабочий орган (сопло). Поток воздуха создается воздуходувкой производительностью 12–15 м³/мин, приводимой от силовой установки машины или от базового шасси. В сопле происходит смешивание щебня с битумной эмульсией, подаваемой из бака под давлением. Для повышения адгезии битумной эмульсии к минеральному материалу (щебню), особенно при повышенном содержании в нем пыли, и, как следствие, повышения качества ямочного ремонта, снижения расхода материалов в бункере машины установлен смеситель, в котором щебень перемешивается с адгезионной добавкой, подаваемой под давлением из отдельного бачка посредством форсунок. Получаемая эмульсионно-минеральная смесь непрерывно укладывается в ремонтируемую яму и уплотняется благодаря подаче под давлением. Предварительно яма промывается от грязи водой, подаваемой также под давлением.

Для распределения противогололедных материалов рабочий орган (сопло), смонтированный на гибком щебнепроводе, заменяется на разбрасывающий диск, приводимый посредством гидромотора. Привод воздуходувки также отключается, так как песчано-соляная смесь, загружаемая в бункер вместо щебня и транспортируемая шнеком в приемный лоток, подается на разбрасывающий диск под действием силы тяжести.

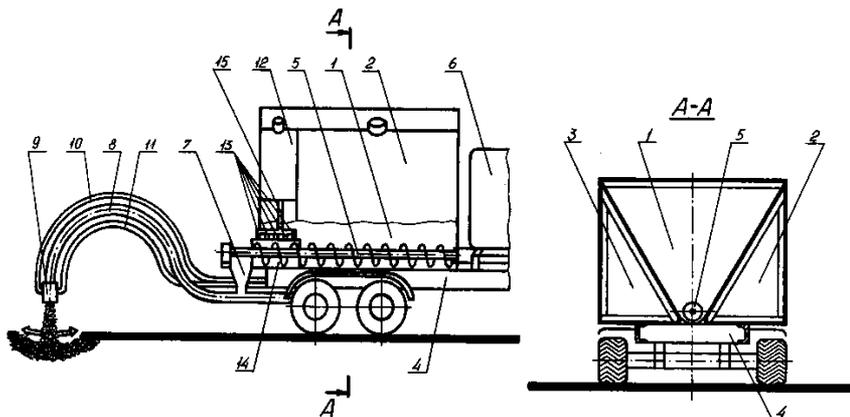


Рис. 4.54. Конструктивная схема универсальной машины для текущего ремонта и содержания асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог:

- 1 – бункер для щебня; 2 – бак для воды; 3 – бак для битумной эмульсии; 4 – шасси транспортного средства; 5 – шнек; 6 – силовая установка; 7 – приемный лоток; 8 – гибкий щепнепровод; 9 – рабочий орган (сопло); 10 – трубопровод подачи битумной эмульсии; 11 – трубопровод подачи воды; 12 – бачок для адгезионной добавки; 13 – форсунки; 14 – смеситель адгезионной добавки; 15 – трубопровод подачи адгезионной добавки

Данная машина может быть представлена в различных модификациях, отличающихся:

- по грузоподъемности;
- по отбору мощности для привода узлов и агрегатов (с автономной силовой установкой и с приводом от базового шасси);
- по способу загрузки минеральных материалов (с самозагрузкой посредством элеватора или гидроманипулятора, оснащенного грейфером, и без самозагрузки).

Данные модификации выдвигают следующие требования к базовому шасси:

1. Грузоподъемность не менее 8,0 т.
2. Возможность длительного отбора мощности в размере 38,0 кВт при 2500 об/мин как на стоянке, так и в движении.

3. Наличие насоса НШ–50, приводимого независимо от вала отбора мощности.

4. Наличие компрессора производительностью 500 л/мин и развивающего давление 8,0 атм.

5. Транспортная скорость не ниже 60 км/ч.

С учетом данных требований наиболее подходящим из отечественных шасси является шасси МАЗ–53373, имеющее редуктор отбора мощности или шасси МАЗ–5337, оборудованное коробкой перемены передач ЯМЗ–236 ПО.

Альтернативой автомобильному является прицепное шасси, агрегатируемое с трактором тягового класса 1.4. В этом случае также возможно несколько модификаций машины, отличающихся:

- по грузоподъемности;
- по отбору мощности для привода узлов и агрегатов (с автономной силовой установкой и с приводом от вала отбора мощности трактора);
- по способу загрузки минеральных материалов (с самозагрузкой посредством элеватора или гидроманипулятора, оснащенного грейфером, и без самозагрузки).

Выбор той или иной модификации в конечном итоге может определяться конкретными требованиями эксплуатации, в соответствии с которыми в конструкцию машины могут быть внесены необходимые изменения.

4.2.4. Оборудование для горячего рециклинга при производстве ямочного ремонта

Для использования при ямочном ремонте укладкой мелкозернистого асфальтобетона гранулята, образующегося при вырубке кромок ремонтируемой ямы и фрезеровании поврежденного покрытия автомобильной дороги, применяются малогабаритные рециклеры, выпускаемые рядом предприятий в Республике Беларусь и за рубежом. Разогрев асфальтового гранулята с добавлением при необходимости вяжущего (битума) и минерального материала (щебня, отсева) и перемешивание получаемой смеси производится во вра-

щающейся емкости с двумя стенками, между которыми находится утеплитель. С одной стороны емкость имеет загрузочный бункер, а с другой – разгрузочное окно с задвижкой, через которую приготовленная смесь выгружается в распределительную тележку или непосредственно в ремонтируемую яму. Вращение емкости осуществляется гидромотором, гидравлическая жидкость в который подается насосом, приводимым от автономного двигателя. Для подогрева смеси в передней части емкости установлена горелка, работающая на дизельном топливе. Перечисленное оборудование рециклера смонтировано на тележке, буксируемой трактором или автомобилем. Описанную конструктивную схему (рис. 4.55) имеют установка для регенерации асфальтобетона ПМ-107 производства РУП «Белдортехника» (г. Смолевичи Минской области), агрегат для переработки асфальтобетона АПА-1 производства РУП «Волковысский завод кровельных и строительно-отделочных машин», отличающиеся применяемыми комплектующими изделиями (горелками, двигателями); рециклеры фирмы «Bagela», импортируемые из Германии Московским представительством, имеющие различные модификации, отличающиеся производительностью и мощностью силовой установки горелки.

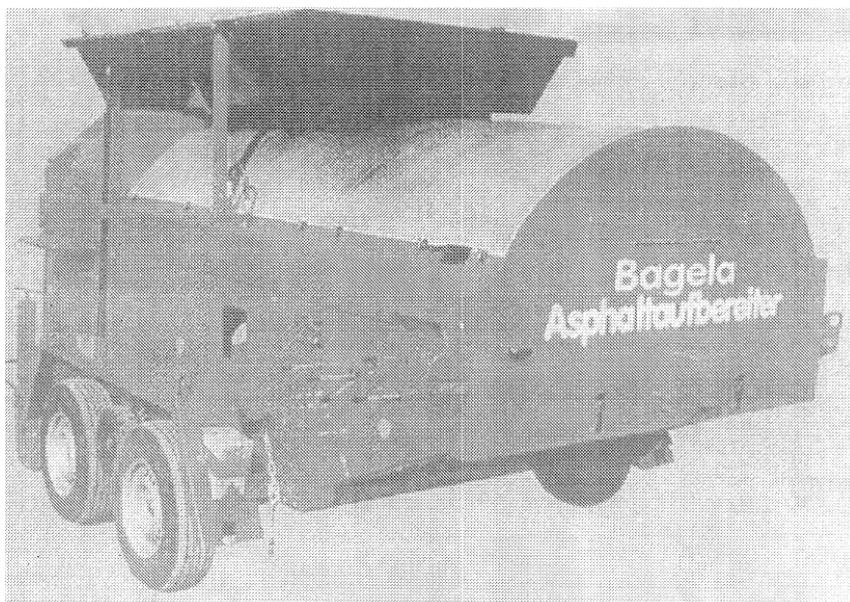


Рис. 4.55. Рециклер для переработки асфальтового гранулята при производстве ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог фирмы «Bagela» (Германия)

Основные технические характеристики рециклеров для переработки асфальтового гранулята при ямочном ремонте асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, производимых в Республике Беларусь, представлены в табл. 4.10.

Т а б л и ц а 4.10

Основные технические характеристики производимых в Республике Беларусь рециклеров для переработки асфальтового гранулята при ямочном ремонте асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог

№ п/п	Параметр	ПМ-107 РУП «Белдортехника»	АПА-1 РУП «Волковысский 3-д кров. и строит.- отд. машин»
1	Производительность т/ч	1,2	1,5

2	Силовая установка	RUDERINI (Италия)	LOMB ARDINI (Чехия) HONDA (Япония)
3	Мощность кВт (л.с.)	8,2 (11,2)	н.д.
4	Максимальная температура разогрева смеси, °С	200	160
5	Расход дизельного топлива подогревателем, л/ч	12,2	10,0
6	Масса загружаемого материала, кг	350	350
7	Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	4580 1980 1650	4040 2020 1700
8	Масса без материалов в снаряженном состоянии, кг	2600	2500

4.2.5. Средства малой механизации

При ремонте (и особенно содержании) автомобильных дорог велика доля работ, при проведении которых применение тяжелой дорожной техники не оправдано технологически (например, из-за недостатка места на объекте производства работ), экономически не выгодно (небольшие по объему работы резко удорожаются вследствие значительных затрат на эксплуатацию тяжелой дорожной техники, а также высоких расходов на ее транспортировку), а также не эффективно при небольших объемах работ на большом количестве объектов, так как не обеспечивает оперативности производства работ. В таких случаях дорожными организациями используются средства малой механизации, в основном включающие в себя виброплиты и вибротрамбовки, резчики швов и бензорезы, заливщики швов, применяемые преимущественно при ямочном ремонте; бензопилы и кусторезы, применяемые при содержании полосы отвода автомобильных дорог; мобильные бетоносмесители, вибраторы, затирочное и шлифовальное оборудование, применяемое при ремонте мостов.

Виброплиты

При ямочном ремонте асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог большое значение имеет качество уплотнения укладываемых дорожно-строительных материалов. Нормативная плотность или коэффициент уплотнения материала определяет стабильность его работы во времени, под воздействием климатических условий и нагрузок транспорта. Недостаточное уплотнение вызывает осадки и разрушение слоев дорожной одежды, что снижает срок службы дороги и ее транспортно-эксплуатационные характеристики. Для обеспечения требуемой плотности дорожными бригадами, выполняющими ямочный ремонт, применяются виброплиты и вибротрамбовки.

Виброплиты характеризуются:

по конструкции:

- самодвижущиеся: одноходные (ход только вперед), реверсивные (ход вперед и назад);

- навесные на пневмоколесные трактора;

по типу привода:

- с приводом от двигателя внутреннего сгорания;

- с пневмоприводом;

по массе:

- легкие – от 30 до 70 кг;

- средние – от 70 до 120 кг;

- тяжелые – более 120 кг.

В Республике Беларусь и странах СНГ до настоящего времени возможности и перспективы виброплит были недооценены, а их применение очень ограничено, поэтому производство такой техники еще недостаточно развито. Сегодня в основном выпускаются только одноходные виброплиты массой 70–120 кг, при том что надежность отечественных виброплит оставляет желать большего по сравнению с виброплитами ведущих зарубежных фирм: Bomag, Weber, Vibromax, Amman, Ingersoll-Rand.

В то же время при уплотнении дорожно-строительных материалов виброплиты не уступают виброкаткам [1].

В табл. 4.11 [1] представлена уплотняющая способность виброплит различного типа и массы и грунтовых виброкатков. Видно, что

при уплотнении всех видов грунтов глубина уплотнения равна или очень близка у виброплит массой 110–250 кг и виброкатков массой 2–3 т, виброплит массой 300–450 кг и виброкатков массой 6–8 т, виброплит массой 600–750 кг и виброкатков массой 9–17 т. При этом производительность виброплит в 5, 8 и 10 раз меньше при массе меньшей в 15, 20 и 25 раз соответственно.

Т а б л и ц а 4.11

Уплотняющая способность виброплит и виброкатков
при уплотнении грунтов

Уплотняющая техника	Максимальная величина уплотняемого слоя (м) и производительность (м ³ /ч) при виброуплотнении		
	песка	супеси	суглинка
Виброплиты одноходные массой 70-100	0,2 (10-20)	0,2 (10-20)	0,1 (6-9)
110-180 кг	0,3 (15-30)	0,25 (13-22)	0,15 (8-12)
Виброплиты реверсивные массой 180-250 кг	0,3 (15-30)	0,25 (12-24)	0,15 (8-16)
300-450 кг	0,45 (25-50)	0,35 (20-40)	0,20 (12-24)
600-750 кг	0,7 (90-120)	0,5 (60-90)	0,3 (20-40)
Виброкатки грунтовые массой 2-3 т	0,3 (80-160)	0,2 (60-120)	0,1 (40-80)
6-8 т	0,45 (160-400)	0,35 (120-300)	0,2 (60-180)
9-13 т	0,6 (240-720)	0,45 (200-500)	0,25 (120-360)
16-17 т	0,7 (480-960)	0,6 (360-720)	0,3 (210-420)

Таким образом, виброплиты могут заменить грунтовые виброкатки и обеспечить уплотнение всех грунтов при той же толщине уплотняемого слоя там, где не требуется высокая производительность или где доля данных работ от общего объема не превышает 10–15%. Прежде всего это:

- уплотнение грунтов в насыпи, примыкающей к искусственным сооружениям – мостам, путепроводам, у труб и над трубами (где каток может их повредить);
- послойное укрепление краев насыпи, где каток по условиям обеспечения безопасности не должен проходить к бровке ближе 1 м;
- уплотнение присыпных обочин, возводимых после строительства дорожной одежды, где также опасно применять виброкатки;

• уплотнение в траншеях, где ширина меньше или чуть больше ширины виброкатка. При этом все виброплиты можно перевезти на автомобиле с краном-манипулятором грузоподъемностью 1 т, а виброкатки – только на прицепе-тяжеловозе соответствующей грузоподъемности.

В табл. 4.12 [1] представлена уплотняющая способность виброплит массой 70–100 и 110–180 кг и виброкатков для асфальтобетона массой 600, 1200 и 3000 кг при уплотнении асфальтобетона слоями толщиной 3–6, 8–10 и 12–14 см. Видно, что виброплиты массой 70–100 кг применимы при тех же толщинах (3–6 см) и (8–10 см) уплотняемого слоя, что и каток массой 600 кг, уступая по производительности в три раза при толщине уплотняемого слоя 3–6 см и в два раза при толщине уплотняемого слоя 8–10 см. Виброплиты массой 120–180 кг применимы при толщинах уплотняемого слоя 3–14 см. При этом производительность виброплит меньше по сравнению с катками массой 1,2–3,0 т в три–пять раз при толщине слоя 3–6 см, в три–четыре раза при толщине слоя 8–10 см, в два–четыре раза при толщине слоя 12–14 см, а масса виброплит меньше в 6–10 раз и 15–25 раз соответственно.

Таблица 4.12

Уплотняющая способность виброплит и виброкатков
при уплотнении асфальтобетона

Уплотняющая техника	Производительность м ³ /ч (т/ч) при виброуплотнении асфальтобетона при толщине уплотняемого слоя		
	3-6 см	8-10 см	12-14 см
Виброплиты массой:			
70...100 кг	60...90 (6...9)	40...60 (10...15)	
110...180 кг	80...120 (8...12)	60...80 (15...20)	30...40 (10...13)
Виброкатки для асфальтобетона (тендемные) массой:			

600 кг	200...250 (20...25)	100...120 (25...30)	
1200 кг	300...400 (30...40)	150...200 (35...50)	100...120 (30...40)
3000 кг	400...600 (40...60)	250...350 (60...90)	200...250 (70...90)

Таким образом, виброплиты массой 70...100 кг могут заменять виброкатки для асфальтобетона при уплотнении верхних слоев покрытия, где не требуется высокой производительности, а виброплиты массой 120...180 кг могут заменять виброкатки для асфальтобетона при уплотнении верхних и нижних слоев покрытия при небольших объемах работ.

Таковыми случаями являются:

- ямочный ремонт покрытия;
- заделка траншей, пересекающих покрытие;
- уплотнение щебня и гранулята (сфрезерованного асфальтобетона), применяемых для укрепления обочин;
- уплотнение нижних и верхних слоев дорожной одежды при уширении проезжей части на развязках, автобусных остановках и других местах небольшой протяженности.

В табл. 4.13 и 4.14 представлены рекомендуемые параметры виброплит (основной параметр – масса) для уплотнения грунтов и асфальтобетонных смесей.

Т а б л и ц а 4.13

Рекомендуемые параметры виброплит
для уплотнения грунтов

Тип виброплиты и уплотняемого грунта	Рекомендуемая масса (кг) виброплиты для обеспечения глубины уплотнения в м					
	0,15	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6
Одноходная						

песок	70...100	110...140	110...180	180		
супесь	70...100	110...180	180			
суглинок	110...180	180				
Реверсивная						
песок	120	120	120...250	300...450	400...550	600...750
супесь	120	120...250	300...450	400...550	600...750	750 и более
суглинок	120...250	300...450	400...550	600...750	750 и более	

Таблица 4.14

Рекомендуемые параметры виброплит для уплотнения
асфальтобетонных смесей

Тип виброплит	Рекомендуемая масса (кг) виброплиты для обеспечения глубины уплотнения в см		
	3...6	8...10	12...14
Одноходная	700...100	100...120	110...180
Реверсивная	120	120...200	120...200

В табл. 4.15 представлены обобщающие рекомендации по оснащению дорожных организаций виброплитами и по областям применения виброплит.

Таблица 4.15

Рекомендации по оснащению дорожных организаций
виброплитами и по применению виброплит

Дорожные организации	Рекомендуемые конструкции и масса виброплит	Области применения виброплит
1	2	3

Эксплуатационные		
на республиканских и основных областных дорогах	Одноходная 120...180 кг	Уплотнение асфальтобетона при ямочном ремонте покрытия, грунтов и других материалов при подсыпке и укреплении обочин, заделке промоин на обочинах и откосах насыпи и выемки
	Реверсивная 1 20...250 кг	Уплотнение грунтов и других материалов при обратных засыпках траншей и каналов различных коммуникаций и дренажей, а также при уширении дорожной одежды на развязках, автобусных остановках и др. мес-тах малой протяженности
на местных, городских и внутрихозяйственных дорогах	Одноходная 70...100 кг	Уплотнение асфальтобетона при ямочном ремонте покрытия, грунтов и других материалов при подсыпке и укреплении обочин, заделке промоин на обочинах и откосах насыпи и выемки
	Реверсивная 120...25 кг	Уплотнение грунтов и других материалов при обратных засыпках траншей и каналов различных коммуникаций и дренажей, а также при уширении дорожной одежды на развязках, автобусных остановках и др. мес-тах малой протяженности

Окончание табл. 4.15

1	2	3
Строительные		
на крупных объектах и при высоких	Реверсивная 600...700 кг	Уплотнение грунтов земляного полотна и песка морозо-

темпах работ		защитного, дренирующего слоя у края насыпи, грунтов у труб, устоев мостов и пу-тепроводов, над трубами
	Реверсивная 120...250 кг	Уплотнение грунтов обратных насыпок, в траншеях и каналах различных коммуникаций и дренажей
на средних объектах и при средних темпах работ	Реверсивная 300...450 кг	Уплотнение грунтов земляного полотна и песка морозозащитного, дренирующего слоя у края насыпи, грунтов у труб, устоев мостов и пу-тепроводов, над трубами
на малых объектах и при малых темпах работ	Реверсивная 120...250 кг	Уплотнение грунтов земляного полотна и песка морозозащитного, дренирующего слоя у края насыпи, грунтов у труб, устоев мостов и путепроводов, над трубами, грунтов обратных насыпок, в траншеях и каналах различных коммуникаций и дренажей

Конструктивно все виброплиты очень близки. Наиболее распространенная конструкция виброплит (рис. 4.56) включает в себя двигатель внутреннего сгорания с воздушным охлаждением, вибратор и трансмиссию для привода вибратора (сцепление и клиноременную передачу), смонтированные на раме, нижняя часть которой имеет подошву, передающую уплотняющее воздействие на материал. Тяжелые виброплиты могут иметь гидравлический привод вибратора, включающий в себя гидробак, насос, приводимый от двигателя внутреннего сгорания, гидрораспределитель и гидромотор, соединенные гидролиниями. Для предотвращения налипания материала на подошву виброплиты имеют систему подачи воды с отдельным бачком. Для управления виброплитой в процессе работы на ее раме закреплена рукоятка. Существуют виброплиты с приводом от пневмодвигателя, сжатый воздух в который подается от компрессорной установки. При этом от одной компрессорной уста-

новки может питаться несколько виброплит. На одноходных (имеющих движение только вперед) виброплитах устанавливается одно-вальный вибратор, а на реверсивных (имеющих движение вперед и назад) – двухвальный вибратор. Изменение направления движения на реверсивных виброплитах осуществляется изменением направления результирующей силы двух вибраторов с дебалансами, что реализуется поворотом одного вибратора с дебалансом относительно другого. Одноходные виброплиты массой 70...100 кг оснащаются, как правило, бензиновыми двигателями внутреннего сгорания, массой 110...160 кг – бензиновыми или дизельными; реверсивные виброплиты массой 12...250 кг оснащаются в основном дизельными двигателями, а массой более 300 кг – исключительно дизельными. Как правило, одноходные виброплиты имеют постоянную ширину уплотнения (не имеют уширителей), а реверсивные – переменную (имеют различные уширители). Для транспортировки на место производства работ виброплиты имеют опускаемые колеса. По заказу виброплиты могут оснащаться укрепляемой на подошву накладкой из полиуретана для уплотнения тротуарной плитки, бетонных плит и других сборных элементов пешеходных дорожек, тротуаров и проезжей части городских и парковых дорог. Для уменьшения износа подошв виброплит применяют легированные стали (для сварных подошв), стальное литье, а также литье из ковкого чугуна.

Ориентируясь на требования рынка средств малой механизации, изготовлению легкой техники в настоящее время начинают уделять внимание предприятия, традиционно специализирующиеся на производстве тяжелых дорожно-строительных машин. Так, известное в первую очередь благодаря своим каткам рыбинское АО «Раскат» (Россия) серийно производит виброплиту ДУ–90 массой 90 кг. В качестве части производственной программы легкое дорожно-строительное оборудование вошло в производственную программу компаний, образовавшихся на базе отраслевых научных учреждений. Так, «Росдортех» (в прошлом одно из подразделений Саратовского филиала ГипродорНИИ, а с 1997 г. – федеральное научно-производственное предприятие, входящее в структуру Федеральной дорожной службы России) выпускает виброплиту ВП–3 массой 70 кг; в качестве привода вибратора в ней используется одноцилиндровый двухтактный бензиновый

двигатель от бензопилы «Дружба-4» мощностью 3 кВт. Среди малогабаритной техники на базе двухтактных бензиновых двигателей, представленной в ассортименте бывшего ВНИИМотопрома, а сегодня ОАО «Мотопром» (Россия), представлен виброуплотнитель ВУ-1500. Примером динамично развивающегося предприятия, выпускающего средства малой механизации, является ООО «Сплитстоун» (Москва), за период с 1997 г. прошедшего путь от продажи алмазного инструмента до собственных разработок и производства высокотехнологичной продукции. Гамма изготавливаемых ООО «Сплитстоун» изделий включает резчики швов различной мощности, виброплиты, камнерезущие станки, мозаично-шлифовальные машины.

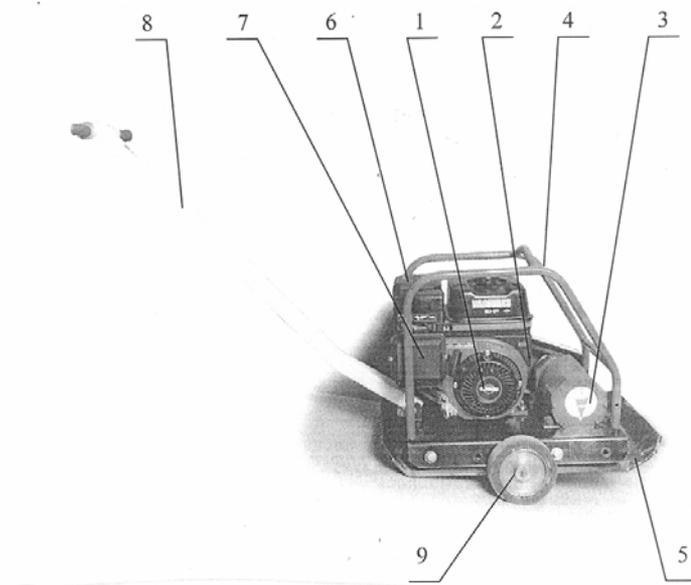


Рис. 4.56. Конструктивная схема виброплиты:

- 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – трансмиссия; 3 –вибратор; 4 – рама;
 5 – подшва; 6 – бак для воды; 7 – топливный бак; 8 – рукоятка для управления;
 9 – колеса для транспортировки

В Республике Беларусь отраслевые дорожные предприятия также наладили производство средств малой механизации. Так, производственно-конструкторское машиностроительное предприятие «Бел-

дортехника» выпускает в настоящее время две модели виброплит ПВ–1 и ПВ–2 с использованием импортных комплектующих изделий (в частности, двигателей фирм «Honda») массой 70 кг и 120 кг соответственно. Могилевский завод «Строммашина» предлагает виброплиту УВ–04 массой 233 кг с приводом от двигателя ВСН–6Д мощностью 4,4 кВт. Гомельское СКТБ «Техноприбор» разработало легкую виброплиту с приводом от пневмодвигателя.

И все же, несмотря на очевидный прогресс качества и более низкие цены, отечественным производителям пока непросто конкурировать с зарубежными фирмами. Как и в других сегментах импорта дорожно-строительных машин, значительное место в поставках виброплит занимают изделия немецких фирм. Многие из них имеют долгую историю и большой опыт производства данной техники [2].

Компания «VIBROMAX» была основана еще в 1870 г. В 1932 г. она получила патент на производство «аппарата для уплотнения грунта». Основные производственные мощности находятся в Германии. Наряду с широкой гаммой дорожных катков важное место в ассортименте выпускаемой продукции занимают вибротрамбовки, виброплиты и ручные виброкатки.

В Германии производится и значительная часть продукции под торговой маркой AMMANN, хотя сама фирма была создана в 1869 г. в Швейцарии. В 1911 г. на ней было налажено производство двухвальцевых статических катков. Сегодня производственная программа фирмы очень широка – от асфальтобетонных заводов до легкой техники, в том числе виброплит различных модификаций и малых дорожных катков.

Фирма «BOMAG», основанная в 1957 году, начинала с небольшого (всего 20 сотрудников) производства в г. Боппард. Теперь только на этом заводе работают 1200 человек. Кроме большой гаммы тяжелых уплотнительных машин фирма выпускает виброплиты, вибротрамбовки, ручные виброкатки, которые поставляются более чем в 120 стран мира.

Почти ровесник BOMAG, созданная в 1952 г. компания «WEBER MT», свою первую виброплиту выпустила в 1958 г. Легкая дорожно-строительная техника – ее основная специализация.

Сегодня в ассортименте фирмы – 8 моделей вибротрамбовок, почти 30 моделей виброплит, 11 моделей легких виброкатков.

Еще моложе созданная в 1979 г. на юге Германии фирма «LISSMAC» – производитель разнообразного инструмента для обработки камня и бетона (в том числе нарезчиков швов), также выпускающая легкую уплотнительную технику.

Хорошо известна продукция компаний, объединенных в составе группы METSO MINERALS. Под принадлежащей ей торговой маркой Дупарас производятся дорожные фрезы, асфальтоукладчики, вибрационные и статические катки, а также полный спектр конструкций виброплит (с одноходным и реверсивным движением), вибротрамбовок, ручных катков, траншейных уплотнителей, разнообразное легкое оборудование для бетонных работ.

Широкий ассортимент легкой дорожно-строительной техники: вибротрамбовки, виброплиты, катки, вибраторы, виброрейки, мозаично-шлифовальные машины предлагает шведская фирма «TREMIX».

Полную гамму легкого оборудования производит итальянская компания «FASTVERDINI», функционирующая под этим названием с 1954 г. Сегодня ее вибротрамбовки, виброплиты, ручные виброкатки, инструмент заняли свою нишу на рынке легкой уплотнительной техники СНГ.

Хорошо известна чешская компания «NTC», организованная в 1991 г. в городе Чешске Скалица в восточной Богемии. В ее ассортименте – восемь моделей ручных виброкатков, по пять моделей нереверсивных виброплит серий CLASSIC и PRACTIC, четыре модели нарезчиков швов и несколько моделей вибротрамбовок.

В число крупнейших производителей оборудования для дорожно-строительных работ входит фирма «INGERSOLL – RAND», подразделения которой, специализирующиеся на выпуске дорожно-строительной техники, расположены в США, Германии, Индии и Китае. Номенклатура производимой INGERSOLL – RAND продукции широка и включает компрессорные станции, асфальтоукладчики, катки, асфальтобетонные заводы, а также легкую уплотнительную технику.

Созданная чуть более трех десятилетий назад фирма «Stone Construction Equipment, Inc.» является одним из ведущих производи-

телей легкого строительного оборудования в США. Располагая собственным научно-исследовательским центром и испытательным полигоном, она постоянно расширяет и обновляет ассортимент своей продукции, насчитывающей в настоящее время более 350 наименований средств малой механизации.

На рынке строительной и дорожной техники сегодня представлены производители не только из Европы и Северной Америки, но и других регионов. Так, уже несколько лет легкую уплотнительную технику предлагает израильская фирма «SHATAL», выпускающая виброплиты с двигателями Honda и Robin массой 67...110 кг, заглаживающие машины, нарезчики швов, глубинные вибраторы, машины для резки плитки и кирпича.

В табл. 4.16 – 4.20 приведены основные параметры виброплит различного типа, выпускаемых упомянутыми выше производителями.

Таблица 4.16

Виброплиты одноходные массой 70...100 кг

Марка (модель), производитель (страна)	Основные параметры					Ориентир. цена (франко-завод), \$		
	Масса (рабочая), кг	Двигатель		Ширина уплотнения, мм	Частота вибрации, Гц			
1		2	Фирма, марка, тип			Мощность, кВт	3	4
Weber, Германия								
VB-50	73	Robin, EY 15, бензин	2,6	480	95	900		
VC-14	85	Robin, EY 15, бензин	2,6	300...500	96	1200		
VC-15A, VC15Y	90 и 100	Robin, EY 15, бензин Yanmar, L40E, бенз.	2,6 и 3,1	480	96	1500		
Vomag, Германия								
BP-10/36-2	72	Honda, BX120, бенз.	2,9	360	90			
BP-15/36-2	74	Honda, BX160, бенз.	4,0	360	90			
BP-15/45-2, BP-15/45D2	91 и 95	Honda, BX160, бенз. Yanmar, L48AE-D	4,0 и 3,4	450	90			

		(диз.)				
Продолжение табл. 4.16						
1	2	3	4	5	6	7
Vibromax, Германия						
AV-600	68	Robin, EY 22, бенз.	2,0	350	97	1300
AV-900	87	Robin, EY 15, бенз.	2,6	415	100	1600
Stone, США						
S 28A	72	Honda, GX120, бенз.; Briggs & Stratton, J/P, бенз.	2,9; 3,7;	480	97	1800
		Robin, EY20, бенз.; Yanmar, L48AE-Д, диз.	3,7	3,1		
S 38A	86	Honda, GX160, бенз.; Briggs & Stratton, J/P, бенз.	4,0; 3,7;	510	90	2000
		Robin, EY 20, бенз.; Yanmar, L48AE-Д, диз.	3,7	3,1		
S 52, S 52T	100 и 77	Honda, GX120, бенз.; Briggs & Stratton, J/P, бенз.	2,9; 3,7	530, 360	90	2300
		Robin, EY 20, бенз.; Yanmar, L48AE-Д, диз.	3,7	3,1		
Stow, США						
VPC 75	79	Honda, GX120, бенз.	2,9	360	90	
VPC 85	88	Honda, GX160, бенз.	4,0	450	90	
VPC 90	91	Honda, GX160, бенз.\$	4,0 и 3,7	500	100	

		Briggs & Stratton, J/P, бенз.				
--	--	-------------------------------	--	--	--	--

Окончание табл. 4.16

1	2	3	4	5	6	7
Аmmann, Германия						
AVP 1240	70, 85	Honda, GX120, бенз.; Yanmar, L40E, диз.	2,9	3,1	400	
NTC, Чехия						
VD 350/16RY, VD350/16R, VD350/16	105	Robin, EY 15D, бенз.; Robin EH12D, бенз.; Honda, GX120, бенз.	2,6; 2,9; 2,9	350	81	1650
Ingersoll-Rand, США						
BXG, BXGH, BXGЖ, BXGWH	70, 71, 73, 74	Robin, EY 15, бенз.; Honda, GX120, бенз.	2,6 и 2,9	400	92	1900
BXB, BXBH, BXBW, BXBWH	90, 91, 93, 94	Robin, EY 20, бенз.; Honda, GX160, бенз.	3,7 и 4,0	480	92	2100
АО "СММ", Россия (совместно с Vibromax)						
AY-900	87	Robin, EY 15, бензин	2,6	415	100	2000
АО "Мотопром", Россия						
BY-1500	82	Briggs & Stratton Vanguard, бенз.,	2,9	450	90	1100
Волгодонск ОЭЗ, Россия						
OY-80, OY-90	100 и 105	Honda, BX160, бенз.	4,0	420	90	1300
Тремiх, Швеция						
MV 60A	89	Honda, GX120, бенз.	2,9	410	100	
MV 85A	97	Honda, GX120, бенз.	2,9	520	110	
Shatal, Израиль						
PC 1110	67	Robin, EY 15, бенз.; Honda, BG160, бенз.	2,6 и 4,0	350	93	
PC 1210	82	Robin, EY 15, бенз.; Honda, BG160, бенз.	2,6 и 4,0	400	93	
PC 1510	94, 105, 108	Robin, EY 15, бенз.; Honda,	3,7 и 4,0	460	93	

		BG160, бенз.				
		Hatz, 1B20, бенз.; Robin, DY23, диз.	3,3			

Таблица 4.17

Виброплиты одноходные массой 110...180 кг

Марка (модель), производи- тель (страна)	Основные параметры					Ориен- тир. цена (франко- завод), \$
	Масса (рабочая), кг	Двигатель		Ширина уплотне- ния, мм	Частота вibra- ции, Гц	
		Фирма, марка, тип	Мощ- ность, кВт			
1	2	3	4	5	6	7
Weber, Германия						
VC17R, ЧC17H	104, 105	Robin, EY20, бенз.; Hatz, 1820, диз.	3,7 и 3,2	480	86 и 90	1700... 2600
VC18H, VC18Y, VC18R	139, 135, 129	Hatz, E673, диз.; Yanmar, L60D, диз.	3,9; 4,5;	500	80, 81, 81	2400... 3100
		Robin, EY20, бенз.;	3,7	700		
VC20H, VC20L	149, 133	Hatz, E673, диз.; Lombardini, 15L D315, диз.	3,9; 4,5	600	81	2800... 3000
VC22SL	145	Lombardini, 15L D315, диз.	4,75	600	96	3200
Bomag, Германия						
BP-20/48, BP- 20/48Д	132 и 163	Honda, GX160, бенз.; Hatz, E673, диз.	4,0 и 3,9	480	78	2500
BP23/48, BP23/48Д, BP23/60	137, 168, 180	Honda, GX160, бенз.; Hatz, E673, диз., Hatz, E673, диз.	4,0, 3,9 3,9	480, 480, 600	78	2700... 2900
Vibromax, Германия						
AV 1300B, AV 1300Д	108, 130	Honda, GX160, бенз.; Hatz, E673,	4,0, 3,9	500	90	1800... 2800

		диз.				
Stone, США						
S 66	150	Honda, GX160, бенз.	4,0	580	75	

Продолжение табл. 4.17

1	2	3	4	5	6	7
Stow, США						
VPC 110	110	Briggs & Stratton, J/P, бенз., Honda, GX160, бенз.	5,2 и 4,0	650	100	
Ammann, Германия						
AVP 1850	100, 117, 130	Honda, GX160, бенз.; Hatz, 1820, диз., Hatz, E673, диз.	4,0; 3,2; 3,9	500	85	1700... 2500
NTC, Чехия						
VD 450/20RY, VD450/20R, VD450/20	120	Robin, EY 20, бенз.; Robin, EH17D, бенз.; Honda, GX160, бенз.	3,7; 4,4; 4,0	450	81	1750
VD 450/22RY, VD450/22R, VD450/22	150	Robin, EY 20, бенз.; Robin EH17D, бенз.; Honda, GX160, бенз.	3,7; 4,4; 4,0	450	81	1850
VD 500/24RY, VD 500/24R, VD 500/24, VD500/24H	170, 170, 170, 178	Robin, EY 20, бенз.; Robin EH17D, бенз.; Honda, GX160, бенз., Hatz, 1B20, диз.	3,7; 4,4; 4,0 3,2	500	81	2000... 2300
Ingersoll-Rand, США						
BX12, BX12W, BX12WH	110, 113, 114	Robin, EY 20, бенз.; Honda, GX160, бенз.	3,7 и 4,0	550	103	2300
"Раскат", Россия						
ДУ-90	270	СМ-6Д, диз.	4,4	550	75	
Тремх, Швеция						
MV 90A	109	Honda,	2,9	500	87	

		GX160, бенз.				
MV 140	140	Honda, GX160, бенз.	4,0	450	75	
MV 140D	166	Yanmar, L40AE, диз.	3,1	450	75	

Окончание табл. 4.17

1	2	3	4	5	6	7
Shatal, Израиль						
PC 2010	110, 121, 122	Robin, EY 15, бенз.; Honda, GX160, бенз., Hatz, 1820, бенз., Robin, DY 23, диз.	3,7; 4,0; 3,3	500	93	

Таблица 4.18

Виброплиты реверсивные массой 120...250 кг

Марка (модель), производи- тель (страна)	Основные параметры					Ориен- тир. цена (франко- завод), \$
	Масса (рабочая), кг	Двигатель		Ширина уплотне- ния, мм	Частота вибра- ции, Гц	
		Фирма, марка, тип	Мощ- ность, кВт			
1	2	3	4	5	6	7
Weber, Германия						
RC40Y, PC40R	104 и 114	Yanmar L40E, диз., Robin, EY20, бенз.	3,1 и 3,7	415	70	2800... 3800
RC48-2, RC48R-2	181 и 159	Faurymann, 15Д диз., Robin, EY20, бенз.	4,3 и 3,7	480	78	3500... 4500
TC-50-2, TC-50-2Y	181 и 199	Yanmar L60D, диз., Hatz, E673, диз.	4,5 и 3,9	500-700	67	4500... 5000
Bomag, Германия						
BPR25/40	124	Honda, GX160, бенз.	4,0	400	78	
BPR30/38, BPR30/38Д, BPR30/38Д	187, 204, 207	Honda, GX160, бенз.; Hatz, 1B20, диз., Yanmar, L48AE-Д,	4,0, 3,4, 3,6	580	75	

		диз.				
BPR35/38, BPP35/38Д, BPP35/38Д	187, 204, 207	Honda, GX160, бенз.; Hatz, 1B20, диз., Yanmar, L48AE-Д, диз.	4,0, 3,2, 3,6	580	75	

Окончание табл. 4.18

1	2	3	4	5	6	7
Vibromax, Германия						
AT-12	120-130	Hatz, 1B20, диз.	3,2	325...42 5	75	3200
AT-15	180-192	Yanmar, L48E, диз.	3,6	350...55 0	75	3300
AT-25Y, AT-25H	215-227	Yanmar, L60Д, диз., Hatz, 1B30, диз.	4,5 и 4,6			
Ammann, Германия						
AV P2220	100 и 115	Honda, GX120, бенз., Hatz, 1B20, диз.	2,9 и 3,4	400	98	2100
AV P2620	145-155	Hatz, 1B20, диз.	3,4	400...50 0	95	4400
AV P2920	185-195 и 195-205	Honda, GX270, бенз., Hatz, 1B30, диз.	6,6 и 4,6	500...70 0	95	4900
АО "СММ", Россия (совместно с Vibromax)						
AT-12	120-130	Hatz, 1B20, диз.	3,4	325...42 5	75	4000
Тремiх, Швеция						
MV 145	185	Honda, GX220, бенз.	4,8	450	65	
MV 205	200	Yanmar, L40AE	3,1	450	65	

Таблица 4.19

Виброплиты реверсивные массой 300–450 кг

Марка (модель), производи-	Основные параметры				Ориен- тир. цена (франко-	
	Масса (рабочая),	Двигатель		Ширина уплотне-		Частота вibra-
		Фирма,	Мощ-			

тель (страна)	кг	марка, тип	ность, кВт	ния, мм	ции, Гц	завод), \$
1	2	3	4	5	6	7
Weber, Германия						
ТС-52S	330-360	Hatz, 1Д40, диз.	5,4	460...660	62,5	7100
ТС-60-2	395-425	Hatz, ES79, диз.	5,9	600...800	57,5	7200

Окончание табл. 4.19

1	2	3	4	5	6	7
ТС-62S E	446...486	Hatz, 1Д60, диз.	7,8	600...800	62,5	9000
Bomag, Германия						
BPR40/45Д	342-369 и 308-335	Yanmar, L70AE-Д, диз., Hatz, 1B30, диз.	4,4 и 4,6	450...750	68 и 65	
BPR50/52Д	428-455 и 408-435	Hatz, 1Д413, диз., Yanmar, L100AE, диз.	5,8 и 6,6	520...820	62	
BPR45/45Д	342-369 и 308-335	Yanmar, L70AE-Д, диз., Hatz, 1B30, диз.	4,4 и 4,6	450...750	80	
BPR55/52Д	428-455 и 408-435	Hatz, 1Д418, диз., Yanmar, L100AE, диз.	5,8 и 6,6	520...820	80	
Vibromax, Германия						
AT35У, AT35Н	320-342 и 340-362	Yanmar, L100AE, диз., Hatz, 1Д41S, диз.	6,6 и 5,8	450...700	55	5000...5500
Тремix, Швеция						
MV 310	324	Yanmar, L70Д, диз.	4,9	600	68	
MV 440	461	Yanmar, L100E-DE, диз.	7,5	750	60	

Т а б л и ц а 4.20

Виброплиты реверсивные массой 600...750 кг

Марка	Основные параметры	Ориен-
-------	--------------------	--------

(модель), производи- тель (страна)	Масса (рабочая), кг	Двигатель		Ширина уплотне- ния, мм	Частота вibra- ции, Гц	тир. цена (франко- завод), \$
		Фирма, марка, тип	Мощ- ность, кВт			
1	2	3	4	5	6	7
Weber, Германия						
ТС70S, ТС70SE	545-600 и 570-630	Farymann, 43E, диз.	8,8	650...95 0	55	9500... 10500

Окончание табл. 4.20

1	2	3	4	5	6	7
WHV6011, WHV6013	610...660	Hatz, ES786, диз.; Farymann, 43E, диз.	10,3 и 8,8	650...95 0	33,3	9000... 10000
ТС-82 SE	685...730	Farymann, диз.	10,3	680...98 0	50	11500
Vomag, Германия						
BPR75/60Д-2, BPR75/60НД-2	644...695 и 704...753	Hatz, 1Д81Z, диз.	10,5	580...90 0	57 и 33	
BPR80/60Д-2	643...693	Hatz, 1Д81Z, диз.	10,5	580...90 0	72	
Vibromax, Германия						
AT45	510...550	Hatz, 1Д81Z, диз.	10,5	550...85 0	50/65	7800
AT60	620...680	Hatz, ES786, диз.	10,3	710...90 0	43	7100
ATS 6002	789...913	Hatz, 1Д70, диз.	8,9	680...1100	30,5	7600

Вибротрамбовки

Вибротрамбовки, как и виброплиты, предназначены для выполнения работ по уплотнению песка, глины, гравия, асфальтобетона и других дорожно-строительных материалов при производстве небольших объемов работ на ограниченном пространстве, в траншеях, вблизи зданий и сооружений. В качестве привода вибротрамбовок используют бензиновый или дизельный двигатель, приводящий в движение через трансмиссию и зубчатую передачу коленчатый вал, на котором установлен шатун, соединенный с массивным поршнем, движущемся в полости, образованной внутри опоры вибротрамбов-

ки (рис. 4.57). Ударная сила, создаваемая поршнем, передается на подошву вибротрамбовки через систему пружин. Эффективность уплотнения вибротрамбовкой обусловлена высотой, с которой наносится удар, и длительностью его нанесения.

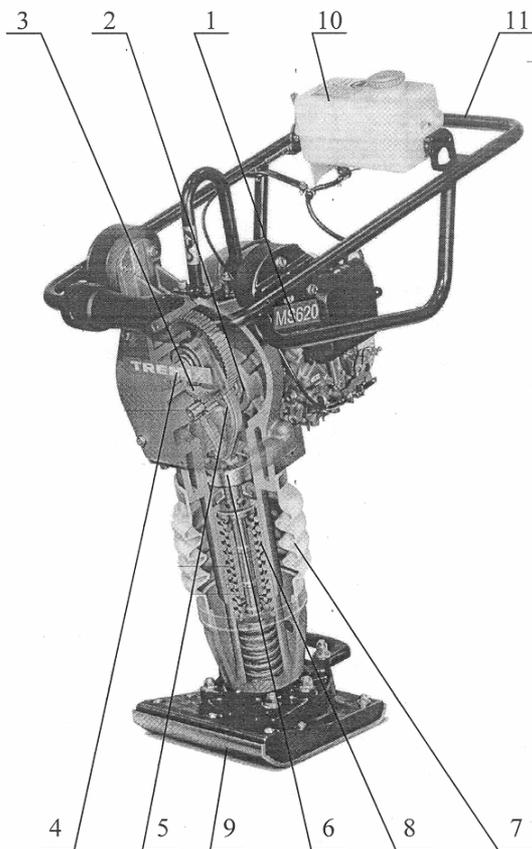


Рис. 4.57. Конструктивная схема вибротрамбовки:

- 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – трансмиссия; 3 – зубчатая передача;
- 4 – коленчатый вал; 5 – шатун; 6 – поршень; 7 – опора; 8 – система пружин;
- 9 – подошва; 10 – топливный бак; 11 – рукоятка

Нарезчики швов

В технологических процессах производства ямочного ремонта асфальтобетонных и цементобетонных покрытий автомобильных дорог для производства вырубки кромок ремонтируемых ям в качестве альтернативы отбойным молоткам, а также для выполнения температурных швов, разделки трещин могут применяться нарезчики швов. Конструкция нарезчиков швов (рис. 4.58) представляет собой тележку, на которой установлен двигатель внутреннего сгорания (в основном двухтактный бензиновый), приводящий через трансмиссию (сцепление и ременную передачу) или посредством гидропривода в действие рабочий орган – диск, имеющий алмазное покрытие режущей части или твердосплавные зубья и имеющий возможность совершать движение в вертикальной плоскости. В качестве альтернативы двигателю внутреннего сгорания в конструкциях нарезчиков швов может быть использован электродвигатель. В таком случае его питание электроэнергией осуществляется от стационарного источника или от мобильного генератора. Для управления нарезчиком швов в процессе работы тележка имеет рукоятку, а для передвижения – колеса. Передвижение нарезчика швов в процессе резания производится оператором вручную или, как в некоторых моделях, посредством гидравлического привода. Установка режущего диска на требуемую глубину резания может производиться как вручную, так и посредством гидроцилиндров. Охлаждение рабочего органа в процессе резки производится водой, подаваемой из отдельного бачка. Удаление пыли и продуктов резания из рабочей зоны может производиться с помощью пылесоса, дополнительно устанавливаемого на раму, или выхлопными газами двигателя посредством расположенной соответствующим образом выхлопной трубы. Для обеспечения безопасности персонала, эксплуатирующего нарезчик швов, вращающийся диск закрыт защитным кожухом. При расположении рабочего органа в задней части машины оператору обеспечивается лучший обзор зоны резания, чем в случае расположения рабочего органа спереди.

В настоящее время в Республике Беларусь нарезчики швов выпускаются производственно-конструкторским машиностроительным предприятием «Белдортехника» с применением импортных комплектующих изделий (в частности, двигателей фирмы «Honda» и «Briggs & Stratton»). В Российской Федерации наиболее известным производителем данной техники является ООО «Сплитстоун» (Москва), выпускающее несколько моделей нарезчиков швов также с применением импортных узлов.

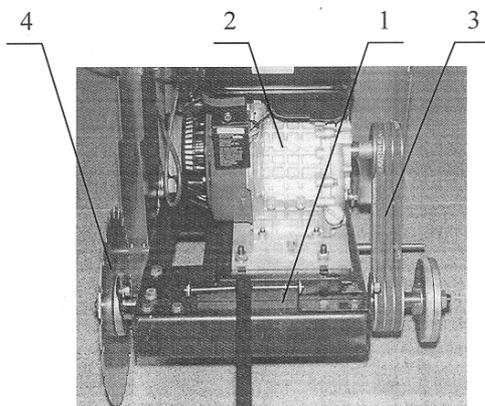
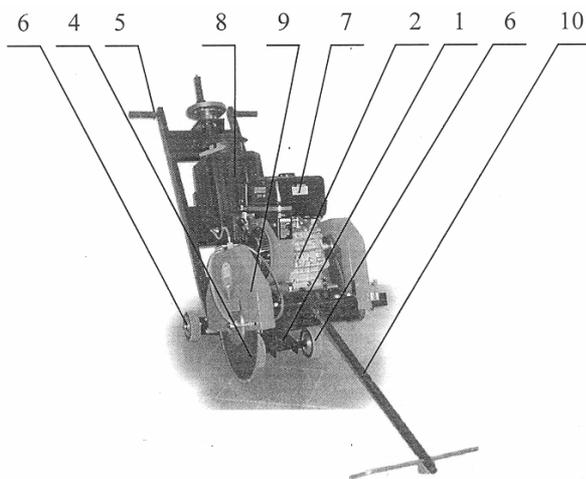


Рис. 4.58. Конструктивная схема нарезчика швов:

- 1 – тележка; 2 – двигатель внутреннего сгорания; 3 – ременная передача;
4 – режущий диск; 5 – рукоятка; 6 – колесо; 7 – топливный бак; 8 – бак для воды;
9 – защитный кожух; 10 – направляющая штанга

Однако на рынке средств малой механизации нарезчики швов представлены в основном зарубежными фирмами-изготовителями. Так, для разделки трещин в асфальтобетонных и цементобетонных покрытиях фирма «Cedima» (Германия) выпускает несколько типоразмеров нарезчиков швов, отличающихся мощностью двигателя и, как следствие, диаметром режущего диска и глубиной резания. Механизмы в процессе работы передвигаются вручную, производя разделку трещин алмазным инструментом. Аналогичные машины для разделки трещин, использующие алмазный или твердосплавный инструмент, выпускают фирмы «Stow» и «Breining» (Германия) «Fastverdini» (Италия), «Dunapac» и «Partner» (Швеция).

При фрезеровании швов нарезчиками, оснащенными рабочими органами, имеющими режущую часть из твердого сплава, происходит дробление крупных зерен щебня, в отличие от резки алмазным инструментом, когда щебень в асфальтобетонном покрытии разрезается. При этом, в случае покрытия из асфальтобетонной смеси с крупным заполнителем фракцией 20 мм и более, происходит вырывание крупных частиц щебня из кромки разделяемой трещины и, как следствие, уменьшение прочности покрытия в этой зоне. Оборудование с твердосплавным инструментом целесообразно применять при разделке трещин в асфальтобетоне с максимальной крупностью заполнителя 10 мм и менее. Производительность нарезчиков швов в зависимости от глубины и ширины резания, а также обрабатываемого материала находится в среднем в пределах 30...200 м/ч, глубина резания может достигать 25 мм. В случае необходимости очистки сильно загрязненных трещин применяются щетки, устанавливаемые вместо режущих дисков на нарезчики швов.

Нарезчики швов, выпускаемые фирмами «Schaefer» и «Strassmayer» (Германия), имеют гидравлический привод механизма передвижения, позволяющий двигаться в рабочем режиме со скоростью до 8 м/мин, и рабочие органы с твердосплавными зубьями, особенностями которых является возможность самозатачивания в процессе

работы. Рабочее место оператора находится непосредственно на самой машине для обеспечения хорошей обзорности зоны резания. Кроме того, благодаря относительно большой массе на этих машинах наблюдается низкая вибрация, присущая основной массе нарезчиков швов, использующих твердосплавный инструмент.

Бензорезы

Бензорезы, как и нарезчики швов, могут применяться для вырезки кромок поврежденного покрытия при производстве ямочного ремонта, а также для выполнения температурных швов, разделки трещин. Основной конструкции бензорезов является двигатель внутреннего сгорания, являющийся несущим элементом, на блоке которого смонтированы элементы крепления режущего диска, имеющего ременной привод, топливный бак, рукоятки управления (рис. 4.59). Для охлаждения рабочего органа бензорезы оснащаются трубопроводом, подключаемым к водопроводной сети, или отдельным бачком для воды. Высокая мощность при небольшой массе современных двухтактных бензиновых двигателей внутреннего сгорания позволяет бензорезам иметь массу 8–15 кг при мощности 3–5 кВт. Благодаря меньшей массе и, как следствие, большей мобильности, чем у нарезчиков швов, бензорезы имеют более универсальное применение при содержании, ремонте и строительстве автомобильных дорог (позволяют выполнять резку материалов, конструкций), в то же время уступая нарезчикам швов по производительности при разделке трещин, а также точности соблюдения заданной глубины и ровности реза. При установке бензореза на направляющую тележку (рис. 4.60), предлагаемую в качестве дополнительного оборудования, он становится идентичным нарезчику швов.

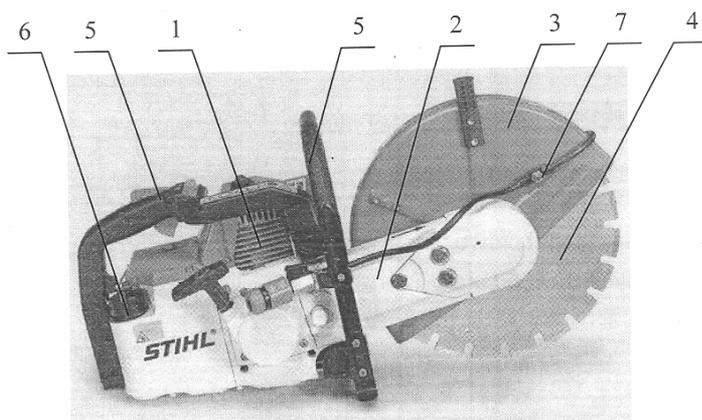


Рис. 4.59. Конструктивная схема бензореза:

1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – защитный кожух ременного привода режущего диска; 3 – защитный кожух режущего диска; 4 – режущий диск; 5 – рукоятка управления; 6 – топливный бак; 7 – трубопровод подвода воды режущему диску

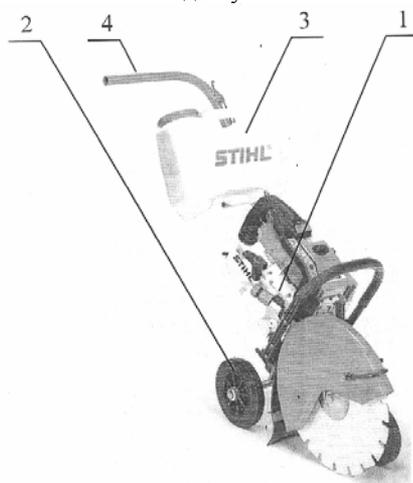


Рис. 4.60. Установка бензореза на направляющую тележку:

1 – бензорез; 2 – направляющая тележка;
3 – бак для воды; 4 – рукоятка управления

4.2.6. Машины для ремонта трещин

При устранении трещин, возникающих в покрытиях дорог, используют специальные машины и оборудование. В соответствии с технологией проведения ремонтных работ это оборудование позволяет очищать трещины от грязи, продувать их сжатым воздухом, просушивать, грунтовать стенки и заполнять их мастикой. Окончательной операцией является посыпка обработанной поверхности песком или высевками щебня. По типу ходового оборудования эти машины разделяют на ручные, перемещаемые на тележке, прицепные и самоходные.

Для разделки трещин применяют ручной механизированный инструмент: пневмоломы, пневмомолотки, перфораторы и электромолотки.

Одним из перспективных является способ резки асфальтобетонного покрытия с помощью струи горячих газов. Газоструйный термоинструмент установлен на машине ДЭ-10, предназначенной для разделки и очистки трещин в асфальтобетонных покрытиях. Машина ДЭ-10 представляет собой передвижную управляемую вручную тележку с расположенными на ней термоинструментом и топливным баком. Сжатый воздух подается в рабочий орган и топливный бак от автономного компрессора, а электрический ток для зажигания горючей смеси в камере для сгорания горелки – от автомобильного аккумулятора. Асфальтобетонное покрытие разрезается газовой струей температурой 1000°C, разделка трещин производится струей температурой 500°C, расчистка их без оплавления кромок – струей температурой 150°C.

Для заделки трещин дорожных покрытий в качестве автогудронатора используют машину ЭД-10А. Она выполнена на шасси автомобиля ГАЗ-53А и состоит из следующих основных узлов и систем (рис. 4.61): цистерны для битума, двух бункеров для песка, механизма поворота бункера, системы розлива битума, пневмо-, топливо- и гидросистем, специальной кабины, левого и правого боковых, а также заднего ящиков, электрооборудования.

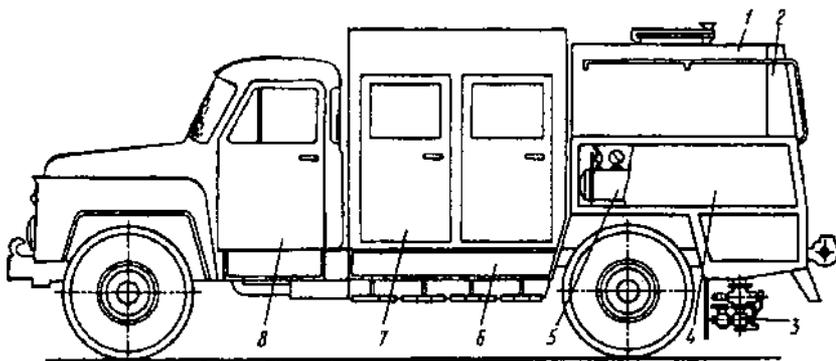


Рис. 4.61. Машина ЭД-10А для заделки трещин и ремонта швов:
 1 – цистерна; 2 – задняя емкость; 3 – система розлива битума; 4 – боковые емкости; 5 – топливная система; 6 – бункер для песка; 7 – кабина; 8 – базовое шасси

Цистерна для битума сварная, установлена на раме шасси и закреплена стремлянками. Корпус ее термоизолирован слоем стекловолокна, удерживаемого съемной облицовкой. На верху цистерны расположен задвижной люк с фильтром, через который ее наполняют битумом, а также осматривают, очищают и ремонтируют внутреннюю поверхность. Цистерна оборудована поплавковым указателем уровня и термометром. Внутри нее проходит жаровая труба для разогрева битума. В левом (по ходу движения) отверстии жаровой трубы устанавливают горелку, правое – закрыто крышкой, которую снимают при очистке трубы от нагара. Перед правым выходом жаровой трубы к ней приварена вытяжная труба (для выхода продуктов сгорания). С левой и правой стороны под специальной кабиной на петлях установлены бункеры для песка, используемого при заделке трещин асфальтобетонного покрытия. Загрузка бункера песком происходит при его повороте на петлях винтовыми механизмами. Система розлива битума состоит из распределителя, механизма управления им, битумного насоса, промывочного бака, трехходовых битумных кранов промывочного бака, механизма управления промывочными кранами, двух сливных кранов, двух ручных распределителей с кранами и трехходового крана ручных распределителей.

Распределитель квадратного сечения состоит из корпуса, 15 форсунок, штанги с пальцами, трех направляющих пальцев, рычагов. Внутри корпус разделен горизонтальными перегородками, позволяющими битуму циркулировать по распределителю. Битумный насос – шестеренного типа, имеет привод от гидродвигателя. Система розлива битума обеспечивает следующие операции: автогудронирование, циркуляцию битума через распределитель, ручной розлив, малую циркуляцию битума, промывку системы после автогудронирования и после ручного розлива, слив битума из системы.

Пневмосистема состоит из компрессорной установки, пневмолинии с запорным вентилем подачи сжатого воздуха в топливный бак, системы подогрева битума, пневмолинии подачи сжатого воздуха для продувки ручных распределителей, рукава с воздушным накопником и запорным вентилем для очистки трещин. Компрессорная станция установлена в отделении специальной кабины и состоит из компрессора 0-38Б с ресивером клиноременной передачи, подшипниковой стойки с гидромотором привода компрессора. Давление в системе – 0,4 МПа. Топливная система подогрева битума состоит из топливного бака, горелки, установленной в жаровой трубе цистерны; переносной горелки, топливопроводов и регулирующих вентилей. Топливо (керосин) из бака подается к форсункам горелок по топливопроводам путем наддува бака сжатым воздухом. Привод гидронасоса осуществляется от коробки отбора мощности, установленной на фланце коробки передач двигателя базового шасси. В зависимости от положения гидрозолотника рабочая жидкость от гидронасоса поступает к гидромоторам приводов битумного насоса или компрессора.

Специальная кабина состоит из двух отделений: в переднем размещается бригада обслуживания, а в заднем – гидробак с гидроарматурой и компрессорная установка.

Дополнительным технологическим оборудованием этой машины, используемым при заделке трещин, является тележка для песка, предназначенная для его транспортирования и распределения по залитым битумом трещинам. Тележка состоит из рамы, бункера, поворотного угольника, высевающего барабана с колесом привода, транспортных колес и механизма регулирования высева. При пере-

мещении тележки вручную вращающийся барабан, который жестко связан с одним из передних колес, обеспечивает высеивание песка из бункера. Норма высеивания регулируется путем поворота заслонки бункера с помощью маховика, жестко связанного с винтом, и изменения тем самым ширины щели между барабаном и кромкой передней стенки бункера.

Для упрощения технологии заделки трещин и повышения качества этих работ применяют мастики с твердым наполнителем, которые отличаются повышенной механической прочностью и тепловой устойчивостью, что позволяет в 2...2,5 раза увеличить срок службы покрытий после обработки. Применение мастик с твердым наполнителем не требует использования присыпного материала, что позволяет освободиться от бункера для песка и снизить общую металлоемкость машины.

Машина ЭД-10А неудовлетворительно работает с этими мастиками вследствие образования шлака на жаровых трубах и пригорания мастики при разогреве. Кроме того, при проведении этой технологической операции необходимо иметь более высокую температуру разогреваемого материала, чаще его подогревать и перемешивать. Поэтому для заливки трещин мастиками с твердым наполнителем используют машину ЭД-70. Ее рабочее оборудование смонтировано на шасси автомобиля ГАЗ-53А и состоит из цистерны с мешалкой, дополнительной кабины для перевозки бригады, силовой передачи, системы подогрева. Цистерна установлена с помощью стремянок на раме автомобиля со специальной кабиной. В передней ее части расположена заливная горловина с крышкой и сетчатым фильтром. Корпус цистерны – сварной из нескольких слоев: в наружном уложена теплоизоляция из стекловолокна; в среднем проходят горячие газы, образующиеся в результате сгорания топлива (керосина) в горелках; внутренний – служит для циркуляции теплоносителя. За внутренним слоем расположена емкость для мастики. В заднем днище цистерны установлен битумный насос. Система подогрева состоит из топливного бачка, двух стационарных горелок, двух ресиверов, рукавов для продувки щелей сжатым воздухом, трубопроводов и компрессора. Силовая передача обеспечивает механический привод мешалки, битумного насоса и компрессора.

Для заполнения швов в цементобетонных покрытиях резинобитумным вяжущим материалом применяют также машину ДС-67, оборудованную на базе автомобиля УАЗ-452Д. Она выполняет следующие операции: доставку с базы разогретой до рабочей температуры мастики к месту проведения работ и поддержание ее в нагретом состоянии в период работы; продувку швов сжатым воздухом; грунтовку стенок и дна шва битумом, разжиженным бензином; заполнение шва мастикой. Рабочее оборудование ее состоит из емкостей для мастики, грунтовочной смеси (битума) и промывочного раствора (керосина), системы подогрева мастики, рабочего органа; силовой передачи, пневмо- и электросистем, системы управления.

Машина оснащена двумя системами подогрева мастики – с помощью выхлопных газов автомобиля, а также жидкотопливной горелки. Первую систему применяют в транспортном режиме, вторую – в рабочем. Подогревается мастика в емкости (во время работы) горячими газами через жаровые трубы, а разогревается в рабочем органе теплоносителем (маслом), нагреваемым горелкой.

Заливщик швов МБ-16 предназначен для заливки деформационных швов в цементобетонных облицовках оросительных каналов и может быть использован для герметизации швов и трещин в дорожных покрытиях. Рабочее оборудование машины смонтировано на шасси автомобиля ГАЗ-53А и состоит из генератора, компрессора, трансформатора, промывочного устройства, устройства для грунтовки швов, битумного котла с мешалкой и насоса. Отличительной особенностью заливщика является электропривод исполнительных органов – компрессора, мешалки котла, битумного насоса и насоса для подачи промывочного раствора.

Для заполнения деформационных швов цементобетонных покрытий дорог тиоколовыми герметиками холодного затвердевания на основе полисульфидных смол применяют заливщик швов ДС-128 на тракторном шасси Т-16М. Рабочее оборудование его состоит из устройства для очистки швов и четырех автомобильных бачков-заливщиков. На шасси машины смонтированы также два бака с компонентами (мастикой и отвердителем), компрессор с ресивером и приводом, катушка со шлангом для подачи сжатого воздуха к швоочистителю.

На современном этапе после фрезерования и очистки щеткой, устанавливаемой вместо режущего диска на нарезчик швов (рис. 4.62), важное значение имеет подготовка трещины к последующей заливке.



Рис. 4.62. Установка щетки для очистки трещин на нарезчик швов:
1 – ремонтируемая трещина

Качества герметизации трещин в асфальтобетонных покрытиях невозможно добиться без выполнения технологических операций их просушки и прогрева. Для выполнения данных технологических операций выпускаются газогенераторные установки, принцип действия которых основан на подаче под большим давлением горячего сжатого воздуха в полость трещины. Для этого сжатый воздух, нагнетаемый компрессором производительностью 2,5...5,0 м/мин и давлением 3,5...12,0 атм, смешивается с природным газом и в виде газо-воздушной смеси поступает в камеру сгорания, где поджигает-

ся. Расход газа при этом составляет 3...6 кг/ч. Нагретый до температуры 200...1300°C воздух через сопло, управляемое оператором (рис. 4.63), со скоростью 400...600 м/с подается в зону обрабатываемой трещины. Высокоскоростной поток сжатого воздуха кроме прогрева эффективно очищает полость самой трещины, а также вырывает отдельные разрушенные частицы покрытия из зоны, прилегающей к ней, что значительно эффективнее просушки и прогрева трещины горелками с открытым пламенем, приводящими к интенсивному старению и выгоранию вяжущего и, как следствие, ускоренному разрушению асфальтобетонного покрытия в зоне трещины.



Рис. 4.63. Сопло для просушки и прогрева ремонтируемых трещин:

1 – ремонтируемая трещина

Обычно заливка трещины герметиком осуществляется сверху вниз, так как форсунку заливщика невозможно опустить до ее дна. При этом, если предварительно не произведен прогрев стенок трещины, происходит быстрое охлаждение герметика в ее полости, что приводит к образованию пробки, препятствующей проникновению

герметика на требуемую глубину. В дальнейшем процессе эксплуатации дорожного покрытия такая трещина может появиться вновь.

Описанное выше оборудование занимает важное место в реализации технологического процесса ремонта трещин, однако все оно относится к оборудованию для проведения подготовительных работ, основными же являются различные модели заливщиков швов. Современные заливщики в общем виде (рис. 4.64) представляют собой обогреваемую емкость, установленную на раме прицепного транспортного средства. Обогрев емкости может осуществляться посредством масляного теплоносителя, газовой горелкой или горелкой, работающей на дизельном топливе. Герметизирующий материал загружается в емкость, где нагревается до рабочей температуры, а затем с помощью насоса по термостойким шлангам посредством форсунки подается в подготовленную трещину. Система подачи герметика имеет возможность осуществления его циркуляции через форсунку обратно в емкость. Для более равномерного нагрева, предотвращения перегрева в местах контакта с жаровыми трубами и возможной деструкции герметика емкость может быть оборудована смесителем с вертикальным или горизонтальным валом. Равномерность нагрева герметика имеет очень важное значение, так как, например для битумно-полимерной мастики, нагрев до 200°С может привести к ее термическому разрушению. Привод смесителя, а также насоса подачи герметика осуществляется посредством гидромоторов, рабочая жидкость в которые из бака по гидролиниям подается насосом, приводимым от автономной силовой установки (бензинового или дизельного двигателя внутреннего сгорания). Насос может подавать герметик к нескольким форсункам, управляемым операторами (рис. 4.65).

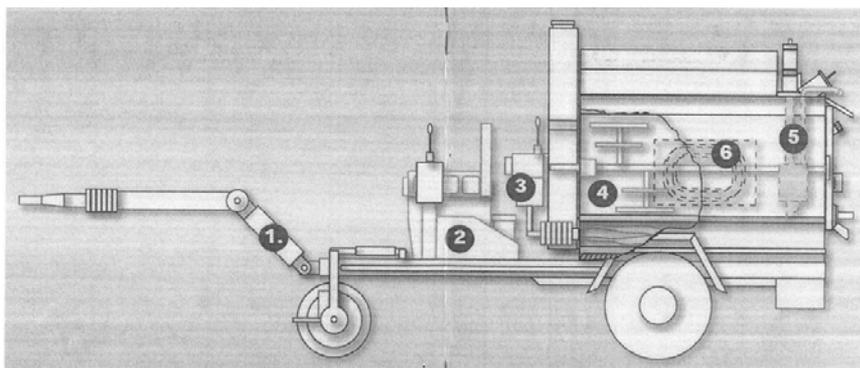


Рис. 4.64. Конструктивная схема заливщика швов:
 1 – регулируемое по высоте дышло; 2 – силовая установка; 3 – система управления газовой горелкой; 4 – емкость для герметика со смесителем; 5 – насос подачи герметика в форсунку; 6 – шланги подачи герметика



Рис. 4.65. Форсунка для заливки швов

После заливки трещина может покрываться слоем щебня мелких фракций (5...10 мм) для создания защитного шероховатого слоя износа, а также предотвращения выпотевания битума. Для выполнения поверхностной обработки трещин существуют ручные щебнераспределители (рис. 4.66), конструкция которых представляет собой бункер, имеющий нижнюю часть конической формы с заслонкой для регулирования толщины слоя распределяемого материала. Для движения в процессе работы бункер установлен на колеса. Управление заслонкой и перемещение бункера осуществляется вручную.



Рис. 4.66. Ручной щебнераспределитель:

4.3. Машины для поверхностной обработки

Для выполнения технологического процесса поверхностной обработки автомобильных дорог в зависимости от ее вида при раздельном способе распределения вяжущего и щебня применяются различные комплексы дорожной техники, основными машинами в которых являются автогудронатор и щебнераспределитель.

Автогудронатор предназначен для распределения вяжущих материалов (битум, битумная эмульсия) по поверхности дорожного покрытия, обеспечивая при этом заданные в технологическом процессе параметры дозировки и температуры вяжущего.

Для выполнения поставленных задач конструкция автогудронатора в общем виде включает в себя термоизолированную цистерну с системой обогрева горячими газами, образующимися при сгорании топлива в горелках и проходящими по жаровым трубам и распределительной системе для вяжущего, которое посредством насоса подается в форсунки рампы розлива.

Парк автогудронаторов, эксплуатируемых дорожными организациями Республики Беларусь, включает в себя, в основном, следующие модели: ДС–39 на шасси автомобиля ЗИЛ–431412 (ЗИЛ–130), ДС–142 на шасси КамАЗ–53213, выпущенные в 1980–1990 годы. В рамках технического перевооружения, связанного с внедрением технологий ремонта автодорог с применением битумных эмульсий, дорожными организациями Республики Беларусь начали эксплуатироваться автогудронаторы АРБ–7 на шасси МАЗ–5337 производства Фанипольского опытно-механического завода, а также в незначительном количестве автогудронаторы производства ведущих европейских фирм: «SECMAIR», «BREINING» и др.

Основные преимущества автогудронаторов АРБ–7 над эксплуатируемыми ранее заключаются в достижении более высокой равномерности распределения и более точном соблюдении нормы розлива вяжущего по поверхности покрытия ремонтируемой автодороги, регламентируемых требованиями технологического процесса, что является основным критерием при использовании битумной эмульсии.

- Автогудронатор модели АРБ–7 на шасси автомобиля МАЗ–5337 (рис. 4.67) имеет следующие основные технические характеристики:
- мощность двигателя, кВт (л. с.).....132 (180)
 - грузоподъемность, кг.....9850
 - полная масса, кг.....16000
 - вместимость цистерны, л.....7000
 - рабочая скорость движения, км/ч.....6,0–20,0
 - ширина распределения вяжущего, м.....4,0
 - интервал изменения ширины распределения, м.....0,19
 - регулирование ширины распределения – кратное шагу форсунок;
 - норма розлива вяжущего, л/м².....0,5–3,0
 - система подогрева вяжущего в цистерне – стационарной горелкой, использующей дизельное топливо, через жаровую трубу;
 - привод рабочих органов – от двигателя шасси через коробку отбора мощности приводится насос гидросистемы, подающей гидравлическую жидкость в гидромотор привода насоса подачи вяжущего;
 - средний ресурс до капитального ремонта, км.....350000



Рис. 4.67. Автогудронатор АРБ–7 на шасси МАЗ–5337 производства Фанипольского опытно-механического завода

В настоящее время Фанипольский опытно-механический завод внедрил в производство новую модель автогудронатора – АРБ–8 (рис. 4.68), базирующуюся на шасси автомобиля МАЗ–53366–040 вместимостью цистерны 8000 л, позволяющей распределять вязущие дорожно-строительные материалы шириной розлива до 4,3 м и нормой от 0,1 до 5,0 л/м². Применение в конструкции данного автогудронатора импортных комплектующих изделий позволило достигнуть высокой надежности работы и соответствующего современным требованиям качества распределения вязущих дорожно-строительных материалов.



Рис. 4.68. Автогудронатор АРБ–8 на шасси МАЗ–5336–040 производства Фанипольского опытно-механического завода

Щебнераспределитель, работающий в комплексе с автогудронатором, предназначен для равномерного распределения минерального материала, обеспечивая при этом заданные в технологическом процессе параметры дозировки.

Для выполнения данного технологического процесса наиболее эффективно использование щебнераспределителей, агрегируемых

с автомобилями-самосвалами в качестве навесного оборудования. Дорожными организациями Республики Беларусь эксплуатируются следующие модели щебнераспределителей такой конструкции: WS-3.5 немецкой фирмы «BREINING»; ЩРД-3.5 типа BREINING производства ГП «Дорвектор» (г. Молодечно); ЩРДС-1400, собранные из узлов и агрегатов фирмы «SECMAIR» (Франция) и ЩРД-1400 со 100% применением отечественных комплектующих, выпускаемые также ГП «Дорвектор».

Щебнераспределитель ЩРДС-1400 (ЩРД-1400), изображенный на рис. 4.69, устанавливается на самосвал МАЗ-5551 вместо заднего борта кузова и подключается к электро-, пневмо- и гидросистеме автомобиля. Управление работой щебнераспределителя производится с площадки оператором. Ширина распределения щебня может изменяться от 160 до 3180 мм с помощью шиберных заслонок, управляемых пневмоцилиндрами.



Рис. 4.69. Щебнераспределитель ЩРДС-1400 (ЩРД-1400) производства ГП «Дорвектор» (г. Молодечно)

Щебнераспределитель ЩРД-3.5, изображенный на рис. 4.70–4.72, отличается от ЩРДС-1400 тем, что его агрегатирование с автомобилем осуществляется посредством прицепного устройства,

соединяющего щебнераспределитель с ободами задних колес самосвала; время агрегатирования составляет 1–3 мин. Данное конструктивное решение позволяет использовать щебнераспределитель более универсально: с автомобилями МАЗ–5551, КамАЗ–55111 и т.д., а также сократить простои техники при загрузке. Привод рабочих органов щебнераспределителя (левого и правого шнековых питателей, распределительного вала) осуществляется от опорных обрешиненных колес посредством цепной передачи. Ширина распределения щебня может изменяться от 250 до 3500 мм шиберными заслонками, управляемыми двумя операторами с площадки управления.



Рис. 4.70. Щебнераспределитель ЩРД–3.5 производства ГП «Дорвектор» (г. Молодечно)

Автомобиль при выполнении технологического процесса поверхностной обработки с применением указанных щебнераспределителей движется задним ходом со скоростью 3–5 км/ч (45 м/мин). Данные щебнераспределители могут распределять щебень фракций 1 – 5, 5 – 10, 10 – 15, 15 – 20 мм. Производительность данного ком-

336

плекса составляет 8750–12250 м² в смену или 2500–3500 метров поверхностной обработки.

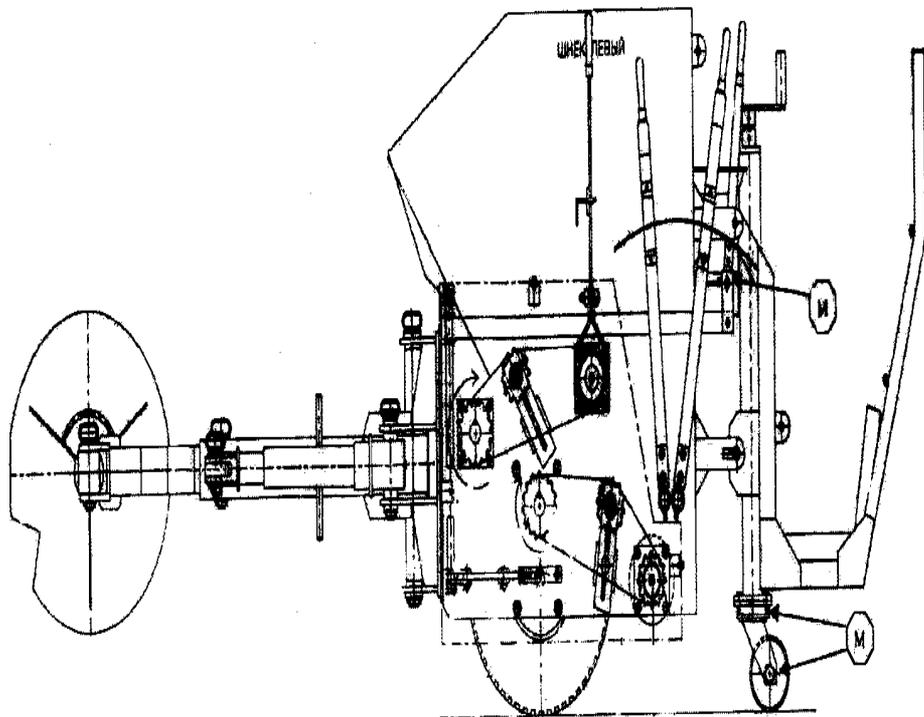


Рис. 4.71. Щебнераспределитель ЩРД-3,5 (вид слева)

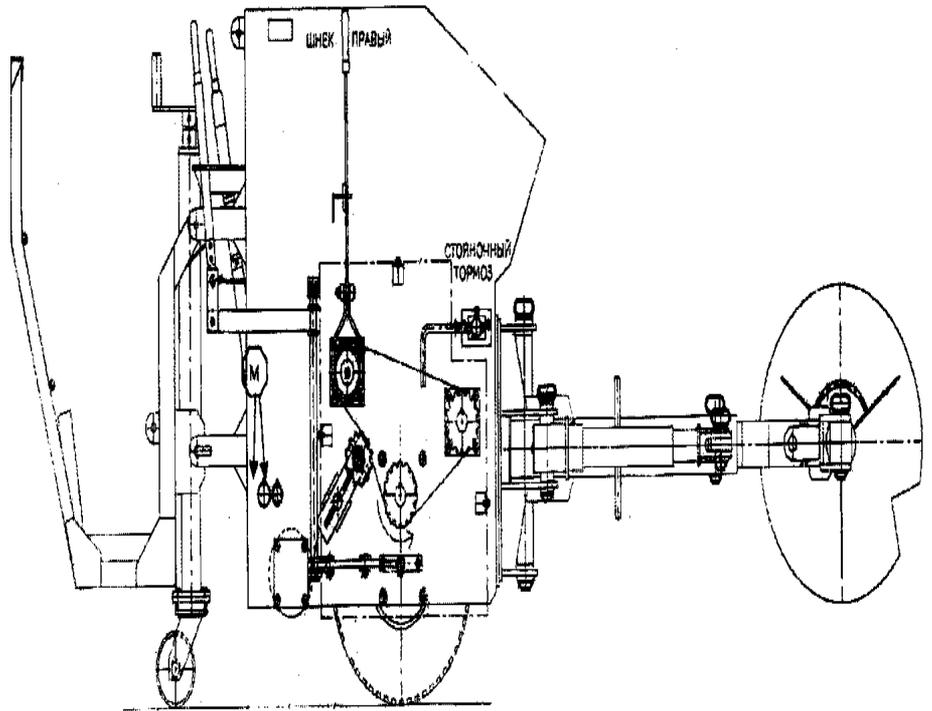


Рис. 4.72. Щебнераспределитель ЩРД-3,5 (вид справа)

Применение комплекса машин, состоящего из автогудронатора АРБ–7 и щебнераспределителя ЩРД–3.5, агрегируемого с самосвалом МАЗ–5551, позволяет выполнять технологический процесс поверхностной обработки автодорог с применением битумной эмульсии в соответствии с требованиями действующих в Республике Беларусь и России нормативных документов [9, 10], регламентирующих требования к качеству данного вида работ. С учетом того, что стоимость автогудронатора АРБ–7, смонтированного на шасси МАЗ–5337, составляет около 23600 долларов США, а стоимость щебнераспределителя ЩРД–3.5 составляет около 5500 долларов США, что значительно ниже стоимости аналогов, данный комплекс можно считать оптимальным по соотношению цена / качество выполняемых работ.

Уплотнение свежееуложенного слоя поверхностной обработки производится непосредственно за проходом щебнераспределителя 5–6 проходами самоходного или прицепного катка на пневмоколесном ходу с нагрузкой на колесо не менее 1,5 т и давлением в шинах 0,7–0,8 МПа [9, 10].

В качестве альтернативы щебнераспределителям, навесным на са-мосвалы, в технологическом процессе поверхностной обработки с отдельным распределением материалов могут применяться самоходные щебнераспределители. Так, фирмой «BOMAG» (Германия) выпускается самоходный щебнераспределитель BS 450 V, изображенный на рис. 4.73, представляющий собой бункер для щебня объемом 2 м³, смонтированный на раме тележки, оснащенной двигателем мощностью 27,5 кВт, приводящим в действие все узлы (рабочие органы с возможностью вибрационного распределения материалов, механизм передвижения) машины. Ширина распределения материалов изменяется от 2500 до 4500 мм при рабочей скорости 6 км/ч. Аналогичная машина марки Т–224, изображенная на рис. 4.74, агрегируемая с трактором МТЗ–80/82, выпускалась Мамонтовским опытно-экспериментальным заводом (Московская область); данный щебнераспределитель имеет бункер для щебня грузоподъемностью 5000 кг, в котором установлены шнековый питатель и распределительный вал, приводимые от гидросистемы трактора. Ширина полосы укладки постоянна и составляет 3500 мм; скорость выполнения технологического процесса

распределения щебня 1,55–5,6 км/ч. Загрузка щебня в щебнераспределители производится самосвалами на объекте производства работ.

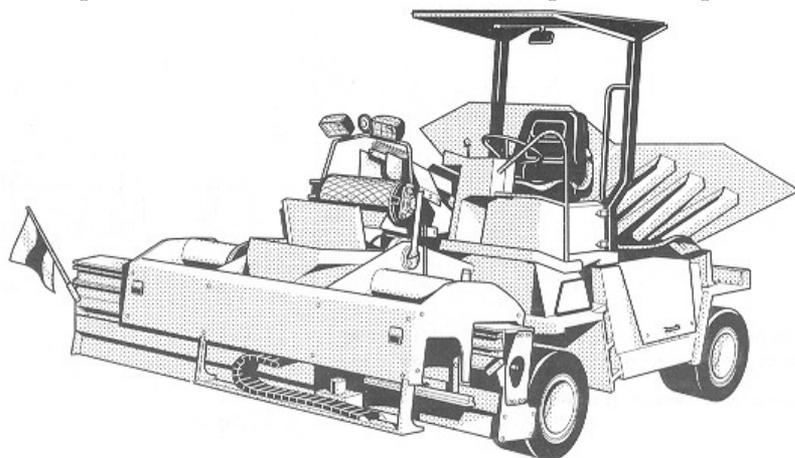


Рис. 4.73. Щебнераспределитель BS 450 V фирмы «BOMAG» (Германия)



Рис. 4.74. Щебнераспределитель Т-224 производства Мамонтовского опытно-экспериментального завода (Московская область)

Совместить работу автогудронатора и щебнераспределителя в одной машине, тем самым реализовав идею синхронного распределения материалов, предлагает ряд европейских фирм: «SECMAIR»,

«SCHAEFER», «SAVALCO» и др.; в России аналогичные машины выпускаются ОАО «Дороги России» (г. Вышний Волочек Тверской области) и ФГУП «Росдортех» (г. Саратов).

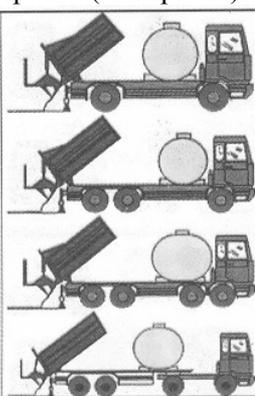
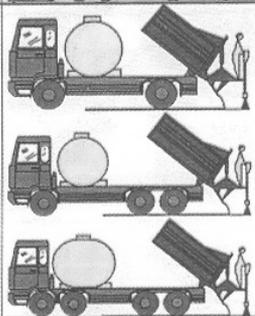
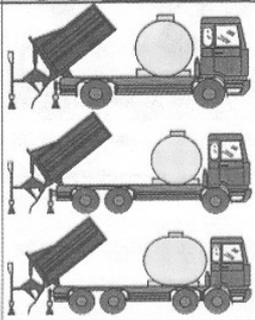
<p>Поверхностная обработка « Hot and Chips »</p>		<p>■ Чипсилер 19</p> <p>■ Чипсилер 26</p> <p>■ Чипсилер 32</p> <p>■ Чипсилер 40</p>
<p>« sealing cracks » Ремонт трещин</p> 		<p>■ Стоппер 19</p> <p>■ Стоппер 26</p> <p>■ Стоппер 32</p>
<p>Два типа использования Двойная гребенка</p> 		<p>■ Би-мажор 19</p> <p>■ Би-мажор 26</p> <p>■ Би-мажор 32</p>

Рис. 4.75. Техника фирмы «SECMAIR» для производства поверхностной обработки

Наиболее широкую гамму данной техники, изображенную на рис. 4.75, предлагает французская фирма «SECMAIR». Конструктивно данные машины выполнены по одной схеме и по своему назначению делятся на следующие группы:

- машины типа «Чипсилер» для производства поверхностной обработки;

- машины типа «Стоппер» для ремонта мелких трещин устройством поверхностной обработки;

- машины типа «Би–мажор» для производства поверхностных обработок при движении передним и задним ходом и для устройства многослойных поверхностных обработок с двойным распределением вяжущего.

Рабочее оборудование данных машин монтируется на шасси грузового автомобиля или на прицепе или полуприцепе. В зависимости от грузоподъемности базового шасси, а следовательно, и полной массы каждая группа машин фирмы «SECMAIR» делится на модели, которые обозначаются индексом, указывающим полную массу машины в тоннах.

Рабочее оборудование машин состоит из теплоизолированного бака для вяжущего, оснащенного системой подогрева, кузова для щебня, системы распределения вяжущего и щебня, площадки оператора с пультом управления рабочими органами машины и процессом производства поверхностной обработки.

Кузов для щебня разделен поперечными перегородками, позволяющими расходовать щебень частями. Система распределения вяжущего состоит из плоскоструйных форсунок, расположенных на одной поперечной балке (рампе) в виде гребенки на расстоянии 100 мм друг от друга, тем самым обеспечивая общую ширину распределения вяжущего 4 м. В машинах типа «Би–мажор» имеются две поперечные балки для распределения вяжущего. Каждая форсунка имеет возможность автономного включения и выключения, что обеспечивает гибкое регулирование ширины распределения битума или битумной эмульсии. Система распределения щебня (щебнераспределитель) позволяет распределять фракции от 2 до 20 мм на ширину до 3,5 м с шагом изменения ширины 0,25 м, достигаемой путем закрытия заслонок. Таким образом, имеется возможность

гибко регулировать ширину распределения вяжущего и щебня в процессе работы машины. Для обеспечения рабочих органов и системы управления машины электроэнергией и сжатым воздухом она имеет автономную силовую установку, а тягач используется только для передвижения. Сменная производительность машины при устройстве одиночной поверхностной обработки составляет от 7000 м² до 15000 м² в зависимости от организации работ и, в первую очередь, от обеспечения машины вяжущим и щебнем.

Машина типа «Чипсилер» и технологический процесс, выполняемый данной машиной, представлены на рис. 4.76 и 4.77.



Рис. 4.76. Машина типа «Чипсилер» французской фирмы «SECMAIR» для производства поверхностной обработки



Рис. 4.77. Технологический процесс производства поверхностной обработки, выполняемый машиной типа «Чипсилер»

Производство машин «Чипсилер» моделей 19, 26 и 40 освоено федеральным государственным унитарным предприятием «Росдортех» (г. Саратов). Данные машины изготавливаются с максимальным применением отечественных комплектующих изделий и базируются на шасси автомобилей МАЗ, КамАЗ и полуприцепах российского производства. Машины «Чипсилер» производства «Росдортех» и «SECMAIR» имеют одинаковые технические характеристики, приведенные в табл. 4.21.

Таблица 4.21

Технические характеристики машин «Чипсилер» для производства поверхностной обработки автомобильных дорог

№ п/п	Параметры	Ед. изм.	Чипсилер 19	Чипсилер 26	Чипсилер 40
1	Объем кузова для щебня	м ³	4,0	6,0	12,0
2	Объем емкости для вяжущего	л	2500	3500	5800
3	Полная масса	т	19,0	26,0	40,0

4	Максимальная ширина распределения материалов	м	2,5	3,1	3,75
5	Интервал изменения ширины распределения материалов	м	0,25	0,25	0,25
6	Рабочая скорость движения	км/ч	3,0...6,0	3,0...6,0	4,0...6,0
7	Площадь обработки за один цикл загрузки щебнем фракции 10–15 мм	м ²	333	500	1600

Технические решения, заложенные в машинах фирмы «SECMAIR», несколько иначе реализованы в битумощебнераспределителе РД–701 производства ОАО «Дороги России» (г. Вышний Волочек Тверской области), изображенном на рис. 4.78. Рабочее оборудование данной машины агрегируется с трактором Т–150 К производства Харьковского тракторного завода и включает в себя бункер для щебня объемом 6 м³ со щебнераспределителем, теплоизолированную емкость с системой подогрева для вяжущего объемом 6000 л, систему распределения вяжущего и прикатывающие катки, осуществляющие предварительное уплотнение поверхностной обработки. Привод шнекового питателя и вала щебнераспределителя, а также насоса подачи вяжущего – гидравлический, от гидросистемы трактора. Для изменения ширины распределения щебня в бункере установлены четырнадцать шиберных заслонок, управление которыми осуществляет оператор с рабочей площадки. Бункер опирается на три металлических прикатывающих катка, которые оснащены скребками и системой орошения для очистки от налипающего материала. В транспортном положении бункер опирается на два колеса, которые поднимаются и опускаются гидроцилиндрами. Ширина распределения материалов при производстве поверхностной обработки составляет 3500 мм с шагом изменения 250 мм; рабочая скорость – 3,33–8,0 км/ч; эксплуатационная производительность – 1250 м²/ч или 4375 метров поверхностной обработки; стоимость без трактора – 22000 долларов США.

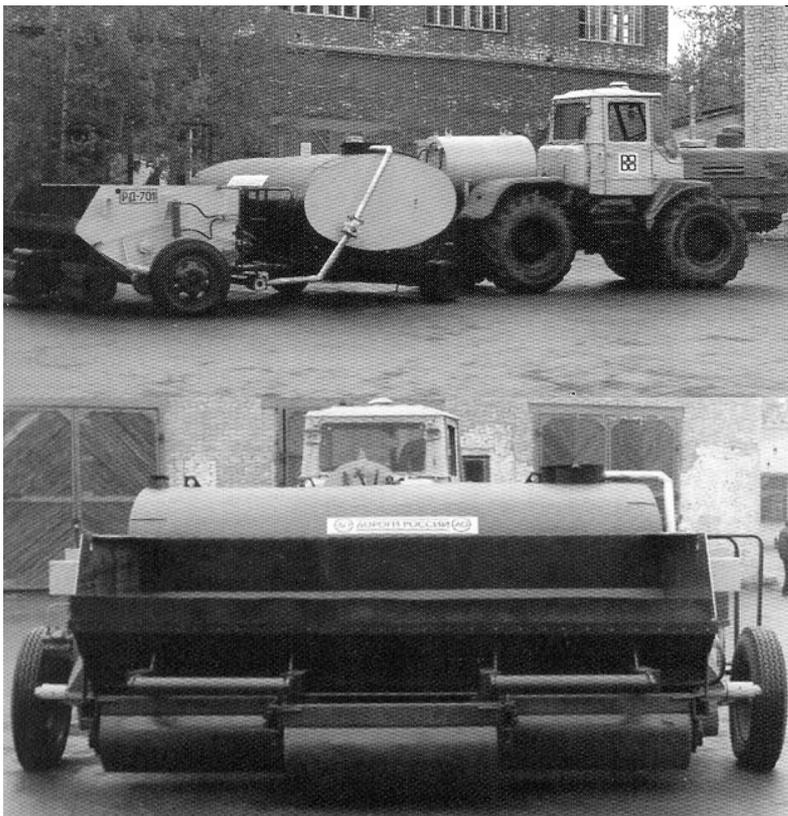


Рис. 4.78. Битумощебнераспределитель РД–701 производства ОАО «Дороги России» (г. Вышний Волочек Тверской области)

Наиболее сложную технику для поверхностной обработки – ремонтные поезда – выпускают фирмы «SAVALCO» (Швеция) и «SCHAEFER» (Германия). Данная техника представляет собой автопоезд, на тягаче которого смонтирована емкость для вяжущего с системой распределения, и прицепную часть, металлоконструкция которой образует бункер для щебня, в котором установлен щебне-распределитель. Для механизированной загрузки щебня в бункер на объектах производства работ он оборудован ленточным элеватором, подающим материал через приемный бункер, загружаемый самосвалами. Модификации данных машин могут быть оборудованы системой автоматического дозирования и распределения материала.

лов, выполняющей технологический процесс поверхностной обработки по заранее составленной технологической карте, введенной в компьютер.

Шведская фирма «SAVALCO» выпускает ремонтный поезд модели HH110T COMBI TELESpray 480. Данная машина базируется на шасси трехосного грузового автомобиля, на раме которого установлена теплоизолированная емкость для вяжущего объемом 11000 лит-ров оборудованная системой подогрева, а также насос и коммуникации подачи вяжущего в распределительное устройство. С базовой машиной агрегируется прицепная часть, представляющая собой бункер для щебня объемом 10 м³; на прицепной части смонтированы устройства для распределения щебня и вяжущего, позволяющие распределять материалы на ширину до 4,8 м с шагом 0,3 м. Система распределения материалов может телескопически изменять ширину с помощью гидроцилиндров от 2,5 м в транспортном положении до 4,8 м в рабочем. Для механизированной загрузки щебнем на объекте производства работ прицепная часть оборудована ленточным элеватором, загружающим бункер через приемный лоток, в который материал выгружается автомобилями-самосвалами. Данное решение позволяет загружать 10 м³ щебня за 12–15 минут, что значительно снижает простои техники и повышает производительность ремонтного поезда, которая составляет до 28800 м² в смену или до 6000 метров поверхностной обработки при максимальной ширине распределения материалов.

Привод ленточного элеватора, вала щебнераспределителя, питателя и насоса подачи вяжущего осуществляется гидромоторами; шибберных заслонок щебнераспределителя и кранов управления подачей вяжущего в секции форсунок – пневмоцилиндрами. Привод насоса гидросистемы и компрессора пневмосистемы осуществляется от автономной силовой установки, смонтированной на прицепной части. Управление ремонтным поездом осуществляется водителем тягача.

Ремонтный поезд фирмы «SAVALCO» и технологический процесс, выполняемый им, изображены на рис. 4.79 и 4.80.



Рис. 4.79. Ремонтный поезд фирмы «SAVALCO» модели H110T COMBI TELESPRAY 480

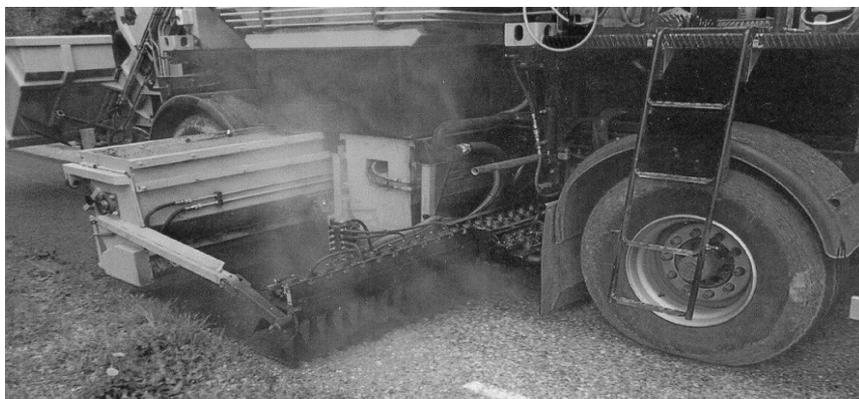


Рис. 4.80. Технологический процесс производства поверхностной обработки, выполняемый ремонтным поездом фирмы «SAVALCO» модели H110T COMBI TELESPRAY 480

Фирмой «SCHAEFER» (Германия) выпускается несколько моделей ремонтных поездов для производства поверхностной обработки. Модель RZA-4000 включает в себя емкость для вяжущего объемом 8000 литров, оборудованную теплоизоляцией и системой подогрева, которая смонтирована на шасси грузового автомобиля, и прицепную часть, имеющую бункер для щебня объемом $5,5 \text{ м}^3$, для загрузки которого смонтирован ленточный элеватор производительностью

346

1 т/мин. Щебнераспределительное устройство имеет рабочую ширину распределения материала 2,4 м, который подается распределительным валом через заслонки. Привод вала – гидравлический, от гидромотора. Ширина заслонки – 400 мм, количество заслонок – 6. Управление заслонками осуществляется пневмоцилиндрами. В бункере установлены шнековые питатели для равномерного распределения материала, приводимые в действие гидромоторами. Щебнераспределительное устройство оснащено прикатывающими валками для равномерного распределения по поверхности автодороги и предварительной укатки материала. Опускание и прижим валков осуществляется пневмоцилиндрами. Устройство распределения вяжущего обеспечивает рабочую ширину розлива 2,4 м и разделено на восемь групп форсунок, имеющих возможность независимого включения и выключения, что позволяет изменять ширину розлива с шагом 400 мм. Вяжущее подается в форсунки под давлением в 6 атм посредством центробежного насоса, установленного на емкости. На шасси автомобиля установлена силовая установка – дизель HATZ 1D81C, приводящий в действие генератор и масляный насос гидросистемы. Питание сжатым воздухом узлов машины осуществляется от пневмосистемы тягача. Производительность ремонтного поезда RZA-4000 фирмы «SCHAEFER» достигает 14400 м² в смену или 6000 метров поверхностной обработки.

Для агрегатирования с данным ремонтным поездом необходим грузовой автомобиль, обеспечивающий устойчивую скорость движения при выполнении технологического процесса поверхностной обработки в пределах 40...60 м/мин (2,4...3,6 км/ч). Гомельским облдорстроем, эксплуатирующим данный ремонтный поезд, было разработано техническое задание Минскому автомобильному заводу, в соответствии с которым изготовлен автомобиль МАЗ-63038 с двигателем ЯМЗ-238М2 мощностью 176 кВт (240 л.с.), коробкой передач МАЗ-54325, обеспечивающий все требования технологического процесса при работе с RZA-4000. Стоимость ремонтного поезда RZA-4000 фирмы «SCHAEFER» без стоимости автомобиля-тягача составляет около 165000 долларов США на условиях поставки СІР – Беларусь.

Ремонтный поезд RZA-4000 фирмы «SCHAEFER» и технологический процесс, выполняемый им, изображены на рис. 4.81 и 4.82.



Рис. 4.81. Ремонтный поезд RZA-4000 фирмы «SCHAEFER» (Германия)



Рис. 4.82. Технологический процесс производства поверхностной обработки, выполняемый ремонтным поездом RZA-4000 фирмы «SCHAEFER»

Фирмой «SCHAEFER» выпускаются также ремонтные поезда моделей RZA-5500, RZA-8000 и RZA-14000, имеющие большую вместимость емкости для вяжущего и бункера для щебня, а также различную ширину распределения материалов. Ремонтный поезд

RZA–14000 отличается от остальных тем, что все его оборудование смонтировано на полуприцепе большой грузоподъемности, агрегируемым с седельным тягачом.

Сравнительный анализ производства поверхностной обработки автомобильных дорог с применением битумной эмульсии и кубовидного щебня фракции 10...15 мм показывает, что наибольшая эффективность достигается при использовании ремонтного поезда RZA–4000 фирмы «SCHAEFER», стоимость работ которого составляет около 680 долларов США за 1000 м².

4.4. Машины и оборудование для капитального ремонта покрытий автомобильных дорог с применением технологии рециклинга

Восстановление покрытий автомобильных дорог производится с целью возвращения и улучшения их первоначальных свойств (прочности, ровности, несущей способности) и требует достижения определенных, заданных проектным решением, технических параметров, таких как толщина верхнего и нижнего слоя, степень уплотнения, ширина, продольный и поперечный уклон и т.д.

Для производства данных работ существует традиционная технология укладки и уплотнения горячей асфальтобетонной смеси, основным недостатком которой являются значительная материало- и энергоемкость, транспортные расходы и, как следствие, – высокая стоимость; в то же время объективная необходимость ограничения расходов на производство дорожно-строительных работ, а также рост сознания людей в вопросах охраны окружающей среды являются причиной возрастания роли новых прогрессивных технологий капитальных ремонтов, одной из которых является рециклинг или регенерация.

Технология рециклинга может быть представлена двумя основными направлениями: горячий рециклинг и холодный рециклинг, которые в свою очередь подразделяются на различные методы, представленные на схеме, изображенной на рис. 4.83 [2, 4].

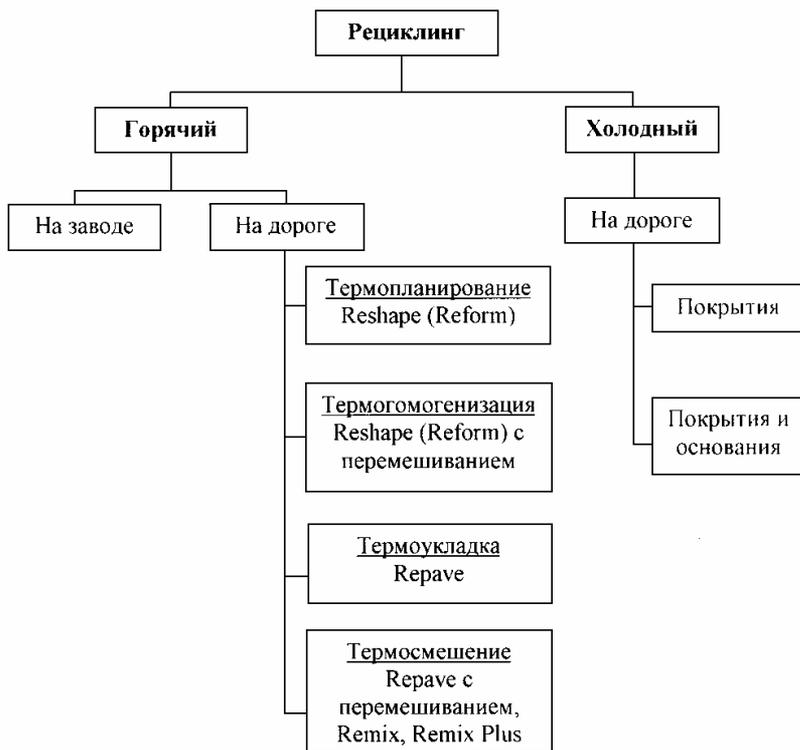


Рис. 4.83. Классификационная схема основных направлений рециклинга

4.4.1. Машины и оборудование для капитального ремонта покрытий автомобильных дорог с применением технологии горячего рециклинга

При производстве данной технологии восстановление свойств покрытия производится с использованием различных методов разогрева, что позволяет называть ее горячим рециклингом и определяет область применения – капитальный ремонт асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

По месту производства различают два метода горячего рециклинга: рециклинг на заводе и рециклинг на дороге.

Технологический процесс рециклинга на заводе (рис. 4.84) включает в себя следующие операции [2]:

- снятие старого покрытия холодным или горячим фрезерованием;
- доставка автотранспортом сфрезерованного материала (гранулята) на передвижной или стационарный асфальтобетонный завод;
- приготовление новой асфальтобетонной смеси из материала старого покрытия (гранулята) с добавлением минеральных материалов и битума в соответствии с требованиями рецептуры;
- доставка полученной асфальтобетонной смеси автотранспортом на ремонтируемый участок;
- укладка горячей асфальтобетонной смеси;
- уплотнение.



Рис. 4.84. Схема технологического процесса горячего рециклинга на заводе

Основным достоинством технологии горячего рециклинга является повторное использование материалов покрытия автомобильной дороги, что позволяет снизить стоимость ее ремонта, а также сохранение толщины покрытия (так как укладка новых слоев производится вместо сфрезерованных старых), что важно при ограничении габарита по высоте (под путепроводами, проводами троллейбусных линий и т.д.), на мостах и путепроводах (так как не происходит

увеличения нагрузки на пролетные строения из-за увеличения толщины и, как следствие, – массы покрытия).

Недостатками данной технологии являются значительные транспортные расходы, возрастающие пропорционально увеличению расстояния от асфальтобетонного завода до объекта производства работ (рис. 4.85), энергозатраты на производство горячей асфальтобетонной смеси и разогрев минерального материала.

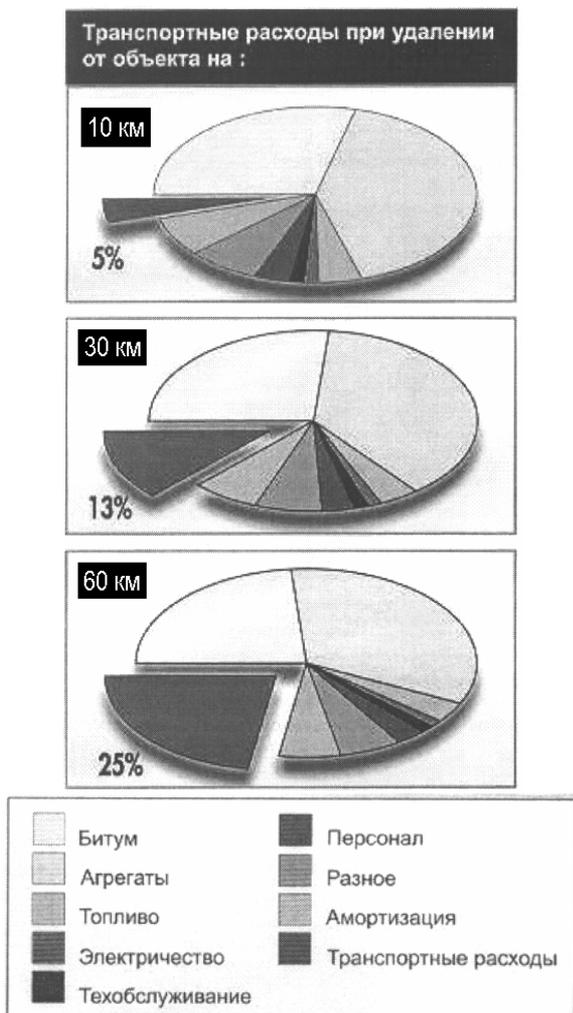


Рис. 4.85. Увеличение доли транспортных расходов в стоимости производства работ в зависимости от увеличения расстояния перевозки материалов

Технологический процесс рециклинга на дороге производится специальной машиной – ремиксером, за один рабочий ход которой материал старого покрытия разогревается, перерабатывается с добавлением или без добавления нового материала, распределяется и уплотняется. Данный технологический процесс может быть реализован в следующих методах:

- термопланирование – Reshape (Reform);
- термогомогенизация – Reshape (Reform) с перемешиванием;
- термоукладка – Repave;
- термосмещение – Repave с перемешиванием, Remix, Remix Plus.

Термопланирование заключается в выравнивании покрытия при нагреве без добавления новой смеси (рис. 4.86) и применяется при восстановлении ровности и поперечного профиля покрытия, если просвет под трехметровой рейкой не превышает 20 мм [2].

Reshape (Reform)

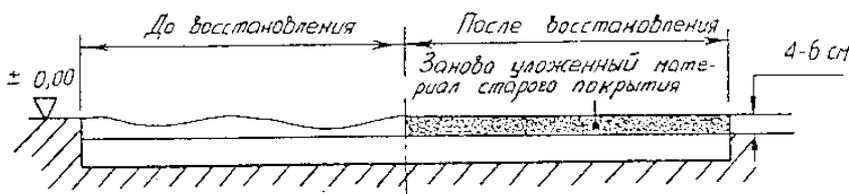


Рис. 4.86. Поперечное сечение старого и восстановленного методом термопланирования асфальтобетонного покрытия

Термопланирование включает в себя следующие технологические операции (рис. 4.87) [4]:

- разогрев старого покрытия инфракрасными горелками;
- снятие и разравнивание смеси рабочими органами ремиксера;
- уплотнение.

Термогомогенизация отличается от термопланирования тем, что кроме перечисленных выше основных операций производится перемешивание старой разрыхленной асфальтобетонной смеси (рис. 4.88). При этом повышается однородность асфальтобетона и улучшается уплотняемость.

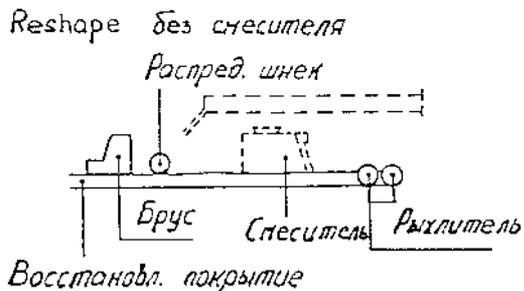


Рис. 4.87. Рециклинг покрытия автомобильной дороги методом термопланирования

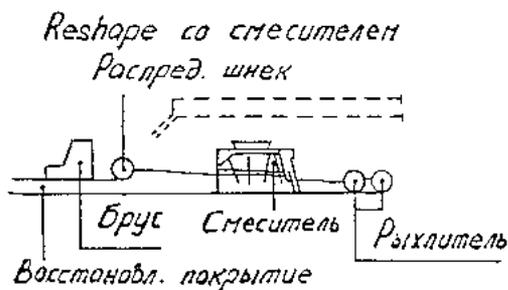


Рис. 4.88. Рециклинг покрытия автомобильной дороги методом термогомогенизации

Термоукладка заключается в нагревании существующего покрытия, разрыхлении и разравнивании, после чего производится укладка новой смеси и уплотнение (рис. 4.89).

Рераве

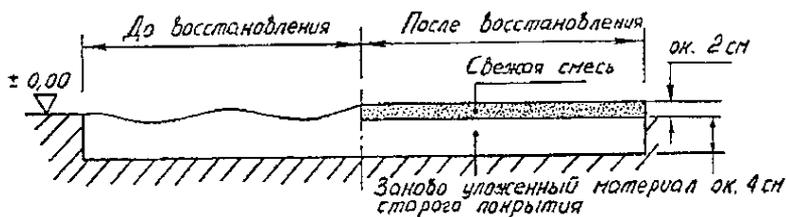


Рис. 4.89. Поперечное сечение старого и восстановленного методом термоукладки асфальтобетонного покрытия

Термоукладка включает в себя следующие технологические операции (рис. 4.90) [4]:

- разогрев существующего покрытия инфракрасными горелками;
- снятие и разравнивание смеси рабочими органами ремиксера;
- приготовление и доставка автотранспортом горячей асфальтобетонной смеси для устройства слоя износа;
- прием в бункер ремиксера горячей асфальтобетонной смеси и ее распределение;
- предварительное уплотнение горячего переформированного слоя и слоя износа уплотняющим брусом ремиксера;
- окончательное уплотнение.

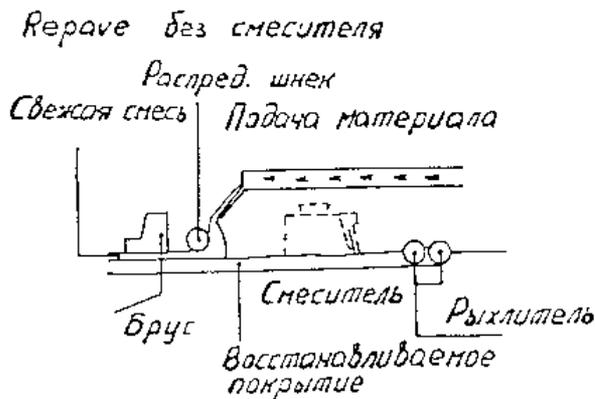
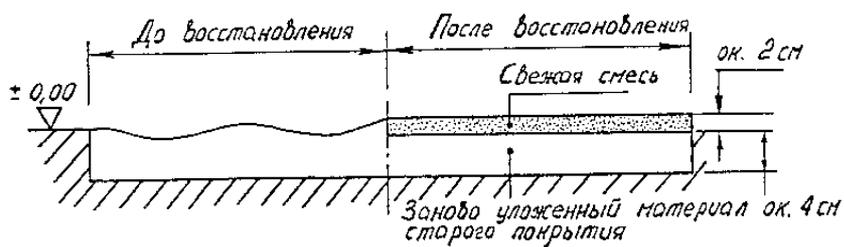


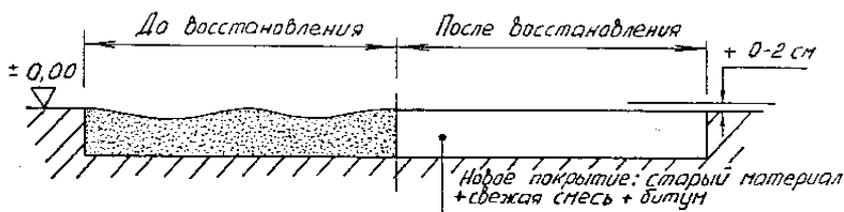
Рис. 4.90. Рециклинг покрытия автомобильной дороги методом термоукладки

Термосмещение отличается от термоукладки тем, что рабочими органами ремиксера производится перемешивание старой разрыхленной асфальтобетонной смеси и одновременная укладка как с перемешиванием, так и без перемешивания добавляемых горячей асфальтобетонной смеси или минерального материала. Данный метод может быть представлен в виде трех вариантов: Repave с перемешиванием, Remix и Remix Plus (рис. 4.91).

Repave



Remix



Remix Plus

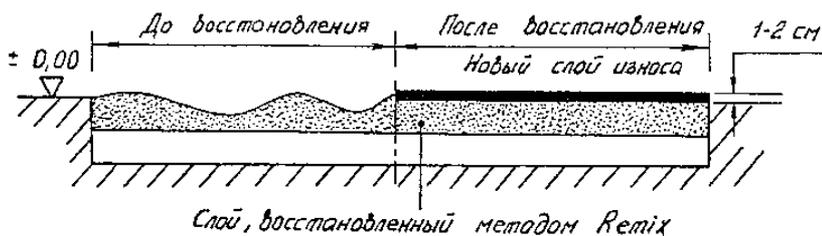


Рис. 4.91. Поперечное сечение старого и восстановленного методом термосмешения асфальтобетонного покрытия

Термосмешение в виде варианта Repave с перемешиванием включает в себя следующие технологические операции (рис. 4.92) [4]:

- разогрев существующего покрытия инфракрасными горелками;
- снятие, перемешивание и разравнивание смеси рабочими органами ремиксера;
- приготовление и доставка автотранспортом горячей асфальтобетонной смеси для устройства слоя износа;
- прием в бункер ремиксера горячей асфальтобетонной смеси и ее распределение;
- предварительное уплотнение горячего переформированного слоя и слоя износа уплотняющим брусом ремиксера;
- окончательное уплотнение.

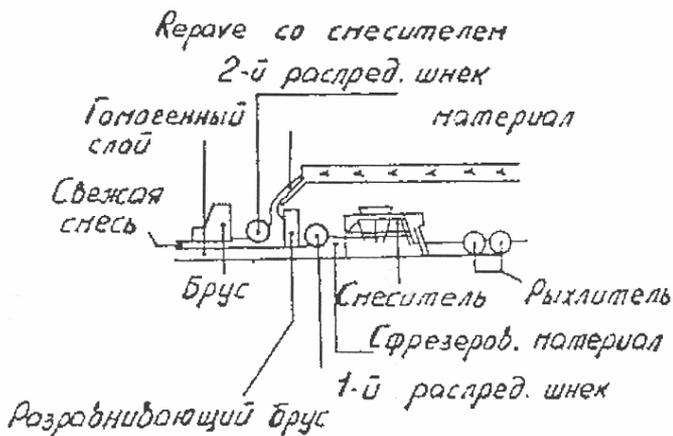


Рис. 4.92. Рециклинг покрытия автомобильной дороги методом термосмешения Рераве с перемешиванием

Технология термосмешения в варианте Remix включает в себя следующие операции (рис. 4.93) [4]:

- разогрев существующего покрытия инфракрасными горелками;
- доставка автотранспортом горячей асфальтобетонной смеси;
- прием в бункер ремиксера горячей асфальтобетонной смеси;
- снятие и перемешивание материала старого покрытия с горячей асфальтобетонной смесью, распределяемой по его поверхности либо подаваемой непосредственно в смеситель (с добавлением или без добавления битума);
- разравнивание и предварительное уплотнение получаемой смеси рабочими органами ремиксера;
- окончательное уплотнение.

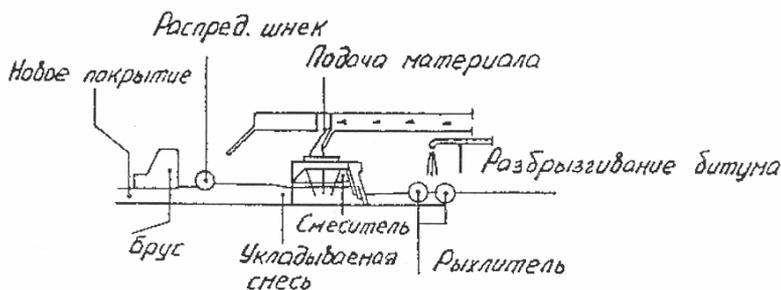


Рис. 4.93. Рециклинг покрытия автомобильной дороги методом термосмешения Remix

Метод Remix Plus является развитием метода Remix и позволяет не только восстанавливать покрытие, но и одновременно укладывать слой износа из свежей асфальтобетонной смеси. Комплексом машин при этом выполняются следующие технологические операции (рис. 4.94) [4]:

- разогрев ремонтируемого покрытия инфракрасными горелками первой разогревательной машины;
- доставка автотранспортом горячего (до 140°С) минерального материала определенного гранулометрического состава;
- распределение горячего минерального материала щебнераспределителем;
- разогрев покрытия с распределенным минеральным материалом второй разогревательной машиной;
- приготовление и доставка автотранспортом горячей асфальтобетонной смеси для устройства слоя износа;
- прием в бункер ремиксера горячей асфальтобетонной смеси;
- снятие слоя ремонтируемого покрытия, перемешивание его с предварительно распределенным минеральным материалом с добавлением или без добавления битума и разравнивание получаемой смеси рабочими органами ремиксера;
- подача из бункера и распределение горячей асфальтобетонной смеси для устройства слоя износа;
- предварительное уплотнение горячего переформированного слоя и слоя износа уплотняющим брусом ремиксера;
- окончательное уплотнение.

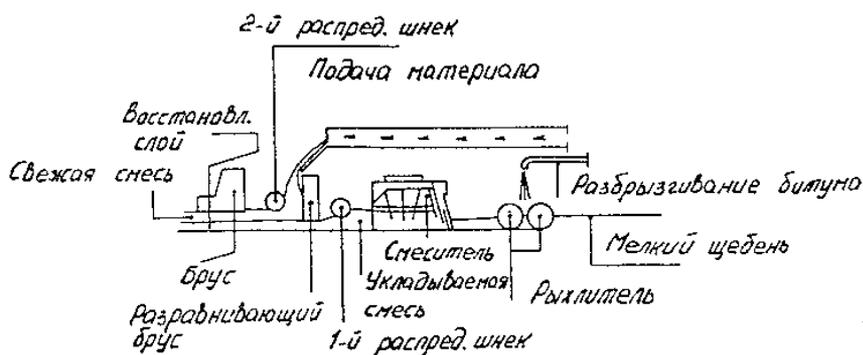


Рис. 4.94. Рециклинг покрытия автомобильной дороги методом термосмешения Remix Plus

Для выполнения перечисленных выше технологических операций горячего рециклинга конструкция ремиксера включает в себя следующие рабочие органы (рис. 4.95) [2]: нагреватель для репластификации асфальтобетонных покрытий; приемный бункер с механизмом подачи горячей асфальтобетонной смеси; емкость для вяжущего с системой распределения; рыхлитель для фрезерования и подачи материала в смеситель; укладочный орган, предварительно уплотняющий получаемую смесь; система контроля и управления.

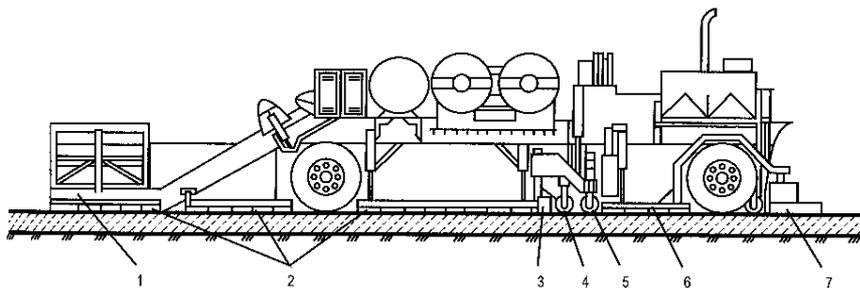


Рис. 4.95. Конструктивная схема ремиксера для выполнения технологии горячего рециклинга:

- 1 – приемный бункер для новой смеси; 2, 6 – газовые горелки; 3 – рыхлитель; 4 – шнековый распределитель; 5 – профилирующий орган; 7 – укладочный орган

Энергозатраты на разогрев асфальтобетонного покрытия зависят от его состояния: температуры, содержания воды, влажности по-

верхности, а также скорости и направления ветра [4]. Для обеспечения эффективного разогрева покрытия с учетом вышеперечисленных факторов нагреватели представляют собой систему газовых горелок инфракрасного излучения, установленных на специальном шасси или непосредственно перед рыхлителем ремиксера, и оснащенную устройствами, позволяющими:

- регулировать мощность излучения путем изменения давления газа, подаваемого к горелкам;
- изменять температуру покрытия, а также отводить водяной пар при разогреве влажного асфальтобетона регулированием высоты блоков горелок;
- разделять разогреваемую площадь на отдельные участки для предотвращения влияния ветра.

Для разрыхления и снятия разогретого слоя покрытия ремиксер оборудован одним или несколькими (для бесступенчатой регулировки ширины фрезерования) фрезерными барабанами, на которых по винтовой линии установлены резцы, что позволяет одновременно с разрыхлением производить перемешивание смеси, добываясь ее однородности. Вращение фрезерного барабана осуществляется с помощью гидропривода, который также изменяет глубину фрезерования. Система управления рыхлителем позволяет обходить люки, колодцы и островки безопасности.

Подача вяжущего (битума) на рыхлитель осуществляется во время перемешивания посредством системы форсунок из обогреваемой емкости. Дозировка вяжущего обеспечивается системой управления.

За рыхлителем, снимающим и перемешивающим материал старого покрытия, расположен планирующий отвал, который может выполнять несколько функций. При использовании методов Reshape (Reform) и Rerave он служит для планирования разрыхленного материала, а при использовании метода Remix играет роль щита шнека, собирающего остатки материала в смеситель принудительного действия.

Принудительное перемешивание материала старого покрытия, нового материала и вяжущего (битума) осуществляется в смесителе, имеющем вращающиеся в противоположные стороны валы, лопасти которых могут изменять свое положение относительно друг друга для оптимизации процесса перемешивания. Для добавления

вяжущего (битума) в перемешиваемую смесь смеситель оборудован системой форсунок.

Свежая асфальтобетонная смесь для устройства слоя износа при использовании методов Repave и Remix Plus загружается в приемный бункер ремиксера, откуда посредством ленточных и цепных транспортеров через бункер дозатора, оборудованный шиббером для дозирования, подается в смеситель. Скорость движения транспортеров, определяющая скорость подачи смеси, регулируется системой управления в зависимости от скорости движения ремиксера.

Далее укладываемая смесь в виде валика выходит из смесителя и распределительным шнеком равномерно распределяется по поверхности переработанного и разровненного покрытия, которое при этом дополнительно прогревается с помощью инфракрасных излучателей для обеспечения максимального сцепления, достигаемого только при укладке горячего материала на горячее основание.

Точность укладки обеспечивается укладочным брусом, позволяющим формировать заданный поперечный профиль укладываемого слоя, а также гибко регулировать ширину укладки, согласуя ее с шириной захвата рыхлителя. Наличие системы подогрева и вибробруса в конструкции укладочного органа позволяет достигать высокого качества укладки и степени предварительного уплотнения. Управление положением укладочного бруса для обеспечения заданного поперечного профиля может осуществляться как вручную, так и автоматикой нивелирования.

Система контроля и управления обеспечивает согласование операций технологического процесса горячего рециклинга (частоту вращения фрезерного барабана, дозировку битума и свежей асфальтобетонной смеси) со скоростью движения ремиксера, управление укладочным брусом, а также функции контроля работы и диагностики систем, узлов и агрегатов машины.

При использовании методов Repave с перемешиванием и Remix Plus перед укладочным брусом устанавливается дополнительный брус, разравнивающий по высоте разрыхленный материал или его смесь с новой асфальтобетонной смесью, подаваемой системой транспортеров из приемного бункера и распределяемой по ширине

полосы вторым распределительным шнеком, после чего укладочным брусом оба слоя формируются и предварительно уплотняются.

Окончательное уплотнение осуществляется по традиционной технологии гладковальцовыми виброкатками и пневмоколесными катками статического действия.

Для капитального ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с применением технологии горячего рециклинга европейскими фирмами «Wirtgen» (Германия) и «KALOTTIKONE LTD» (Финляндия) выпускаются ремиксеры соответственно моделей 4500 и Road Mix KM 2000 RS и KM 3000 RS. Для разогрева ремонтируемого асфальтобетонного покрытия фирмой «Wirtgen» выпускается разогреватель модели HM 4500, а фирмой «KALOTTIKONE LTD» – разогреватель модели Ecoheater.

Ремиксер Wirtgen 4500 (рис. 4.96) имеет следующие технические характеристики:

- рабочую ширину ремонтируемого покрытия – 3000...4500 мм;
- максимальную глубину фрезерования – 60 мм;
- мощность двигателя – 182 кВт (247 л.с.);
- привод механизма передвижения, рабочих органов – гидравлический;
- рабочую массу – 48820 кг;
- тепловую мощность разогревателей – 2210 кВт.



Рис. 4.96. Ремиксер Wirtgen 4500 (Германия) для выполнения технологического процесса горячего рециклинга

Разогреватель Wirtgen HM 4500 (рис. 4.97) для нагрева ремонтируемого покрытия использует систему газовых горелок инфракрасного излучения тепловой мощностью до 2710 кВт, что позволяет разогревать покрытие с шириной полосы до 4680 мм и площадью до 39,31 м². Цистерна с газом объемом 6000 л установлена на специальном шасси, имеющем механизмы передвижения и управления положением блоков газовых горелок. Рабочая масса разогревателя – 19960 кг.

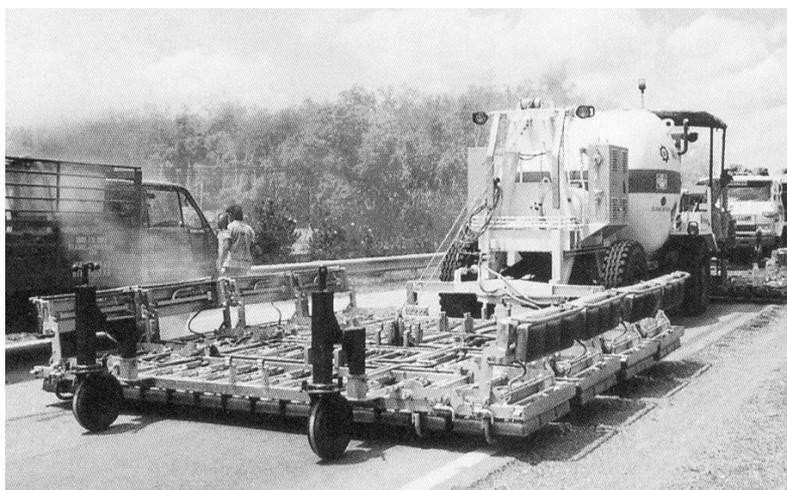


Рис. 4.97. Разогреватель Wirtgen HM 4500 (Германия) для разогрева ремонтируемого асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог

Финской фирмой «KALOTTIKONE LTD» выпускаются ремиксеры Road Mix моделей KM 2000 RS и KM 3000 RS (рис. 4.98), конструктивно идентичные; их основные технические характеристики представлены в табл. 4.22.



Рис. 4.98. Ремиксеры Road Mix моделей KM 2000 RS и KM 3000 RS фирмы «KALOTTIKONE LTD» (Финляндия) для выполнения технологического процесса горячего рециклинга

Т а б л и ц а 4.22

Основные технические характеристики ремиксеров Road Mix фирмы «KALOTTIKONE LTD» (Финляндия)

№	Параметр	KM 2000 RS	KM 3000 RS
1	Мощность двигателя, кВт	600	800
2	Привод механизма передвижения, рабочих органов	Гидравлический	
3	Рабочая ширина ремонтируемого покрытия, мм	2850...4600	2850...4500
4	Максимальная глубина фрезерования, мм	80	280
5	Объем емкости для вяжущего, м ³	14,0	14,8
6	Производительность смесителя непрерывного действия, т/ч	150	400
7	Рабочая скорость, м/мин	0...10	0...16
8	Транспортная скорость, км/ч	5	5
9	Скорость буксировки, км/ч	50	50
10	Ориентировочная производительность процесса горячего рециклинга, м ² /ч	600...1200	
11	Рабочая масса, кг	70000	83000

Ремиксер Road Mix KM 3000 RS может также осуществлять капитальный ремонт покрытий автомобильных дорог с применением технологии холодного рециклинга, выполняя фрезерование не только покрытия, но и основания, что обеспечивается возможностью рыхлителя фрезеровать полотно автомобильной дороги на глубину до 280 мм. Применение ряда конструктивных решений позволяет оперативно осуществлять транспортировку ремиксеров Road Mix KM 2000 RS и KM 3000 RS (рис. 4.99), значительно повышая их

мобильность по сравнению с аналогичной техникой других производителей.

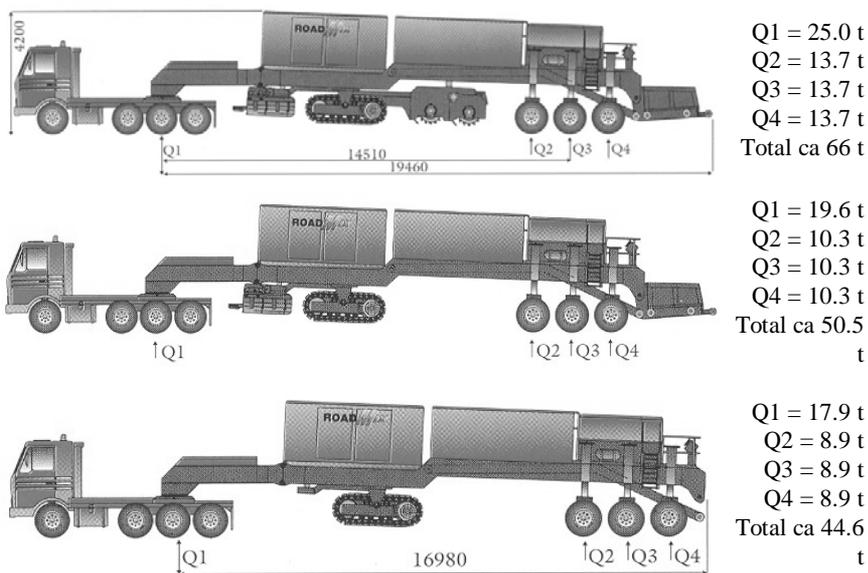


Рис. 4.99. Транспортировка ремиксеров Road Mix KM 2000 RS и KM 3000 RS фирмы «KALOTTIKONE LTD» (Финляндия)

Для капитального ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с применением технологии горячего рециклинга в комплекс машин ремиксера Road Mix фирмы «KALOTTIKONE LTD» (Финляндия) входят также самоходные разогреватели Ecoheater.

Новую технологию разогрева ремонтируемого покрытия при производстве технологического процесса горячего рециклинга разработала фирма «MARTECH» (Канада), которая выпускает для ее реализации комплект машин марки AR 2000 [22].

Существенное отличие данной технологии состоит в том, что разогрев асфальтобетонного покрытия производится не горелками инфракрасного излучения, а нагретым до 600°C воздухом, который обтекает поверхность покрытия, нагнетается в поры асфальтобетона

под давлением, создаваемым компрессором, и откачивается вакуумированием.

Подогрев воздуха может производиться сжиганием газа или дизельного топлива. Разогревающее устройство в виде герметического кожуха плотно прижимается к поверхности покрытия. В пространство между покрытием и разогревателем с одной стороны нагнетается горячий воздух, а с другой он откачивается вакуумным насосом. Для повышения эффекта прогревания слоя асфальтобетона в покрытии могут просверливаться отверстия. Откаченный горячий воздух снова поступает в компрессор и таким образом многократно циркулирует.

Данная технология разогрева способствует многократному снижению потерь тепловой энергии при разогреве асфальтобетонного покрытия по сравнению с применением горелок инфракрасного излучения, полностью исключает выгорание битума и пережог смеси, а также выделение выбросов газа, дыма и пыли в атмосферу. Ширина обрабатываемой полосы может изменяться в диапазоне 3,3–4,0 м, глубина разогрева 0–50 мм, скорость движения комплекта оборудования 5–7 м/мин.

4.4.2. Особенности расчета электрических разогревателей битума

Особенности расчета заключаются в необходимости учета того, что температура их нагревательной поверхности ограничивается сравнительно низкими пределами порядка 200–300°C. При значительной мощности нагревателей это может привести к экономической нецелесообразности их изготовления из дорогостоящих материалов с высоким электрическим сопротивлением.

Потребная мощность (в кВт) электрического нагревателя определяется исходя из производительности установки, конечной температуры нагрева и ожидаемых потерь. При этом можно воспользоваться формулой

$$N = \frac{Q_{\Sigma}}{860 \eta},$$

где Q_{Σ} – ожидаемое часовое потребление тепла в ккал;

η – коэффициент потерь; принимают равным 0,85–0,95 (большая величина для закрытых резервуаров).

При ориентировочных расчетах для определения мощности электронагревателя (в кВт) можно пользоваться формулой

$$N = 32,5 \frac{\Omega_{60}}{100} \Pi,$$

где Π – потребная производительность оборудования в т/ч.

Для уменьшения мощности нагревателя необходимо принимать меры по отделению излишней воды от битума при его загрузке в котел. Для быстрого разогрева обезвоженного битума до рабочей температуры 160°C мощность электронагревателей (в кВт) подсчитывают по упрощенной формуле

$$N = \Pi (71000 - 441t_{60}),$$

где t_{60} – начальная температура битума в °С.

У электронагревателей со стальными поверхностями нагрева мощность снижается с повышением температуры. При этом за расчетную следует принимать мощность, развиваемую электронагревателем при расчетной температуре, определяемой по формуле

$$t_p = \frac{t_{6p} + t_{60}}{2} + \Delta t,$$

где t_{6p} – конечная температура разогреваемого материала;

Δt – (20...25)°С при разогреве битума до 100°C;

Δt – (10...15)°С при разогреве битума свыше 100°C.

При других температурах битума мощность электронагревателя (в кВт)

$$N_t = \frac{N_p}{K_t},$$

где N_p – мощность в кВт нагревателя при расчетной температуре в °С;

K_t – коэффициент, определяемый по формуле $K_t = 1 + \alpha (t - t_p)$;
 t – температура в °С, для которой определяется мощность;
 t_p – расчетная температура в °С;
 α – температурный коэффициент (для железа можно принять кратным 0,0060...0,0065).

Силу тока (в А) в нагревателе на воздухе определяют по формуле

$$J = \frac{N_t}{U} 1000,$$

где U – напряжение в В, при электроразогреве битума принимают $U = 50 \dots 60$ В.

По силе тока выбирают сечение проводника и определяют его длину.

4.4.3. Машины и оборудование для капитального ремонта покрытий автомобильных дорог с применением технологии холодного рециклинга

Технология холодного рециклинга позволяет добиться повторно-максимального использования материалов существующего покрытия при капитальном ремонте автомобильных дорог.

Использование данной технологии исключает необходимость приготовления и транспортировки новой асфальтобетонной смеси, а также предварительного разогрева покрытия автомобильной дороги (позволяя называть данную технологию холодной), что значительно снижает ее энергоемкость, уменьшает воздействие на окружающую среду.

При ремонте покрытий автомобильных дорог возможно использование двух вариантов холодного рециклинга (рис. 4.100) [4]: рециклинг укрепленного слоя дорожной одежды (покрытия) и рециклинг укрепленного и неукрепленного слоев дорожной одежды (покрытия и основания).

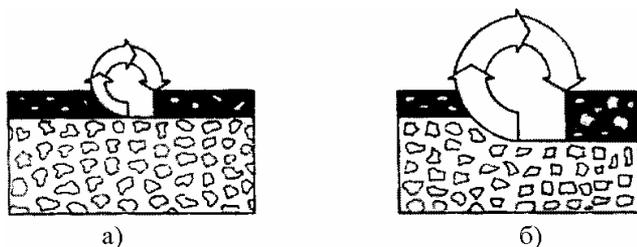


Рис. 4.100. Варианты холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог:
 а) рециклинг укрепленного слоя дорожной одежды (покрытия);
 б) рециклинг укрепленного и неукрепленного слоев дорожной одежды (покрытия и основания)

Выбор возможного варианта применения технологии холодного рециклинга осуществляется на основе расчета конструкции дорожной одежды под перспективную нагрузку.

Холодный рециклинг может использоваться на дорогах с разными типами покрытий: гравийных, щебеночных неукрепленных, щебеночных укрепленных, асфальтобетонных; при этом ремонтируемая дорожная одежда сфрезеровывается, измельчается, перемешивается с водой для достижения оптимальной влажности, обеспечивающей эффективное уплотнение, и вяжущим с использованием до 100% существующего материала для устройства новой дорожной одежды и укладывается за один рабочий ход рециклера.

Данный вид покрытий, устраиваемых по способу смешения на месте, был широко распространен в 50-е годы XX века, когда смешение осуществляли с помощью автогрейдеров, дисковых борон, прицепных или самоходных грунтосмесителей.

Применение в настоящее время новых типов органических и неорганических вяжущих, прогрессивных машин и механизмов, позволяющих добиться их точного дозирования и оптимального перемешивания с гранулятом, получаемым при фрезеровании ремонтируемого покрытия, подняло данную технологию на качественно новый уровень.

Высокие прочностные свойства, стойкость к трещинообразованию, упругость достигаются при использовании комплексного вяжущего – цемента, распределяемого по ремонтируемому покрытию, или цементно-водной суспензии и битумной эмульсии, вводимой в гранулят.

Смеси, полученные с применением технологии холодного рециклинга, могут использоваться как покрытие на дорогах с невысокой интенсивностью движения и осевыми нагрузками, а также в качестве основания. На дорогах с высокой интенсивностью движения целесообразно поверх полученного слоя укладывать слои асфальтобетона или выполнять поверхностную обработку.

В зависимости от области применения (покрытие или основание) основные физико-механические характеристики холодных регенерированных асфальтобетонных смесей в соответствии с требованиями действующих нормативных документов должны соответствовать приведенным в табл. 4.23, что достигается соответствующими подбором вяжущих и минеральных материалов, их количеством, а также режимами работы рециклера.

Т а б л и ц а 4.23

Основные физико-механические характеристики холодных регенерированных асфальтобетонных смесей

№	Наименование показателя	Конструктивный слой	
		Покрытие	Основание
1	Предел прочности при сжатии, МПа, не менее, при температуре: плюс 20°С плюс 50°С	1,6	1,4
		0,8	0,5
2	Коэффициент водостойкости, не менее	0,75	0,60
3	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении, не менее	0,65	0,50
4	Водонасыщение, % по объему	2,0–6,0	2,0–10,0
5	Набухание, % по объему, не более	1,2	2,0

Принцип работы дорожной фрезы для переработки грунтовых и гравийных покрытий автомобильных дорог, являющейся в 50-х годах XX века прообразом современных рециклеров, заключается в следующем: фрезерный рабочий орган, вращающийся с большой окружной скоростью, срезает тонкую стружку материала покрытия автомобильной дороги и отбрасывает ее к задней стенке кожуха

фрезы, измельчая материал в гранулят. После измельчения при последнем проходе фрезы в гранулят вводится вяжущее (битум) с образованием смеси, укладываемой по ширине полосы ремонтируемой автодороги и являющейся в зависимости от нагрузки покрытием или основанием. Толщина стружки, срезаемой фрезой, зависит от окружной скорости рабочего органа и скорости его подачи, изменение этих параметров влияет на изменение мощности, потребляемой для работы фрезы. На рис. 4.101 изображена конструктивная схема дорожной прицепной фрезы, агрегируемой с трактором и имеющей собственный двигатель для привода фрезерного барабана [15].

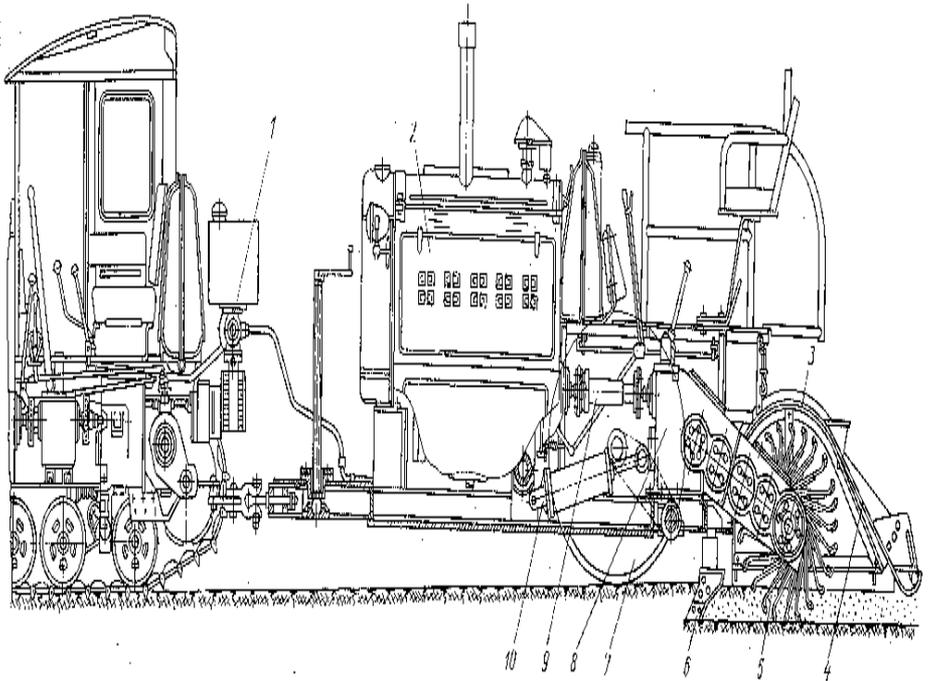


Рис. 4.101. Конструктивная схема дорожной прицепной фрезы:

1 – насос гидросистемы; 2 – двигатель; 3 – кожух фрезы; 4 – откидная крышка; 5 – фрезерный барабан;
6 – двухотвальный плужок; 7 – опорные колеса; 8 – редуктор; 9 – карданный вал; 10 – гидроцилиндр

Рабочим органом фрезы является фрезерный барабан 5 с набором лопаток, расположенных в шахматном порядке. Барабан разделен на две симметричные половины приводным редуктором 8, соединенным с двигателем карданным валом 9. Для рыхления промежутка между половинами барабана служит двухотвальный плужок 6, который поднимает нетронутую полоску материала покрытия и отводит ее в стороны под лопатки барабана. Фреза опирается на два колеса 7, смонтированных на раме посредством кривошипов. Кривошипы поворачиваются относительно рамы посредством гидроцилиндра 10 и таким образом поднимают раму и выводят лопатки барабана из фрезеруемого покрытия. При помощи этого же гидроцилиндра рама с барабаном опускается, обеспечивая регулировку глубины фрезерования и толщины фрезеруемого слоя покрытия автодороги.

Измельчение материала фрезой тем интенсивнее, чем медленнее движется буксирующий ее трактор. Это объясняется тем, что при постоянной частоте вращения фрезерного барабана на единицу длины обрабатываемой полосы приходится тем больше ударов лопаток, чем медленнее барабан подается вперед, и при уменьшении этой подачи каждая лопатка срезает стружку меньшей толщины.

В процессе фрезерования откидная крышка 4 кожуха 3 фрезы может откидываться назад и вверх. В этом случае срезаемый материал отбрасывается назад из-под кожуха и свободно падает в 10...15 метрах за фрезой. Такой способ применяется при работе на влажных материалах и способствует их просушиванию. При отсутствии такой необходимости крышка опущена, и отбрасываемые лопатками барабана частицы материала разбиваются о нее; одновременно кромка крышки выравнивает поверхность разрыхленного материала.

Дорожная навесная фреза Д-530 (рис. 4.102) [15, 17], монтируемая на трактор Т-100, отличается от прицепной отсутствием ходового устройства и тем, что фрезерный барабан приводится не от отдельного двигателя, а от вала отбора мощности трактора. Передняя балка рамы фрезы является одновременно распределительной трубой для подачи вяжущего или воды в зону фрезерования. Фреза

оборудована насосом для подачи вяжущего в гранулят из двигающегося рядом битумовоза или автогудронатора.

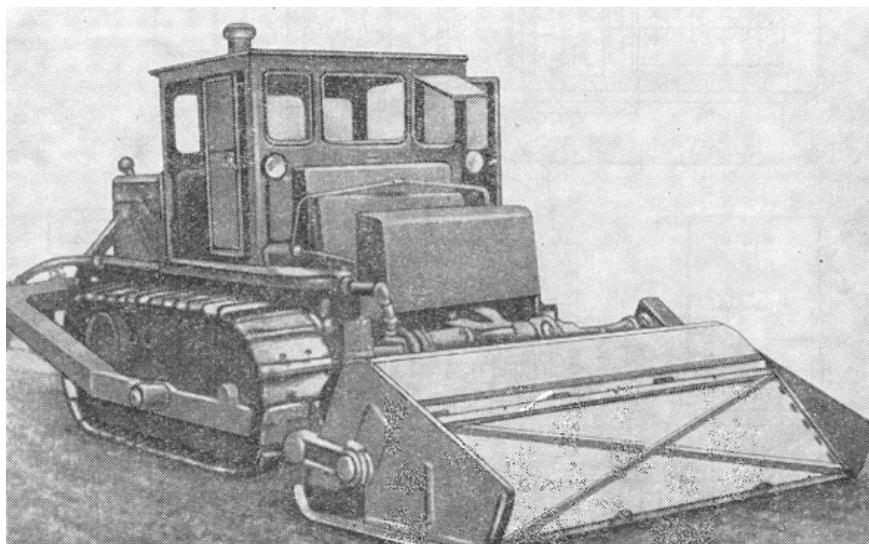


Рис. 4.102. Дорожная навесная фреза Д-530, монтируемая на трактор Т-100

На рис. 4.103 изображена кинематическая схема фрезы Д-530, монтируемой на трактор Т-100.

Более близким прообразом современного рециклера является однопроходный грунтосмеситель Д-391Б [15, 17, 18], позволяющий выполнять технологический процесс холодного рециклинга грунтовых и гравийных покрытий автомобильных дорог, а также подготовку и стабилизацию грунтов для строительства оснований. Рабочие органы такой машины включают рыхлительный барабан с жесткими лопатками, фрезу-измельчитель с гибкими лопатками, мешалку и уплотнитель.

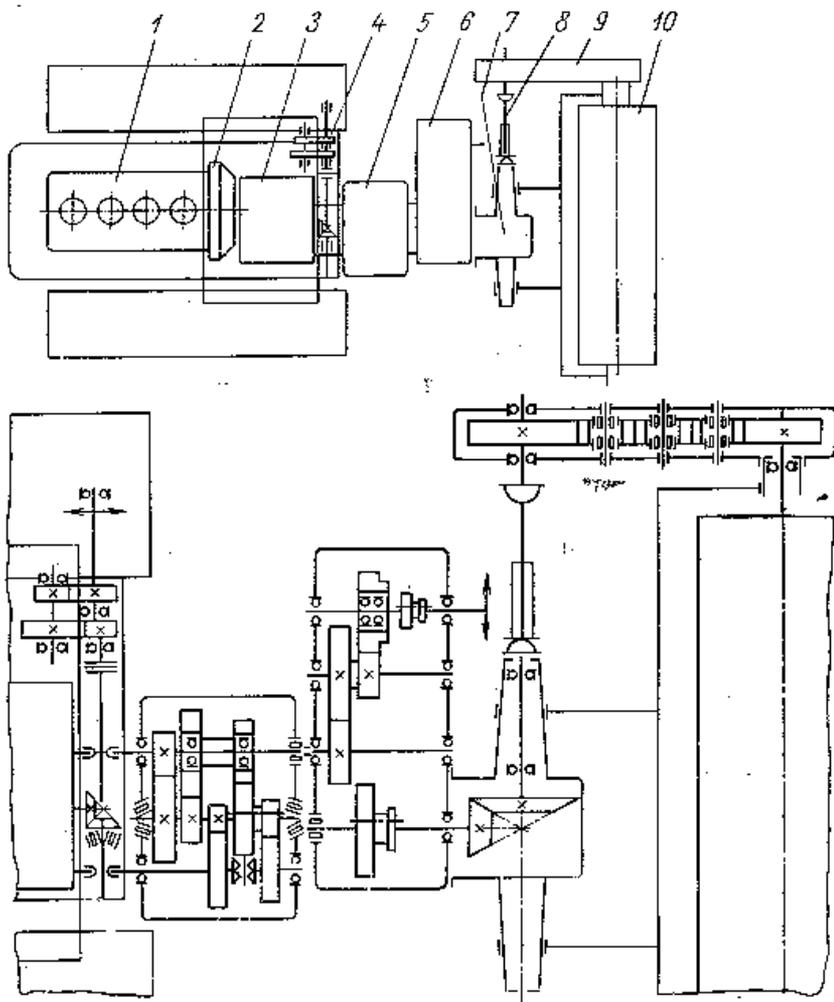


Рис. 4.103. Кинематическая схема фрезы Д-530, монтируемой на тракторе Т-100:

1 – двигатель; 2 – муфта сцепления; 3 – коробка перемены передач; 4 – привод ходовой части; 5 – ходоуменьшитель; 6 – главный редуктор; 7 – конический редуктор; 8 – карданный вал; 9 – боковой редуктор; 10 – фрезерный барабан

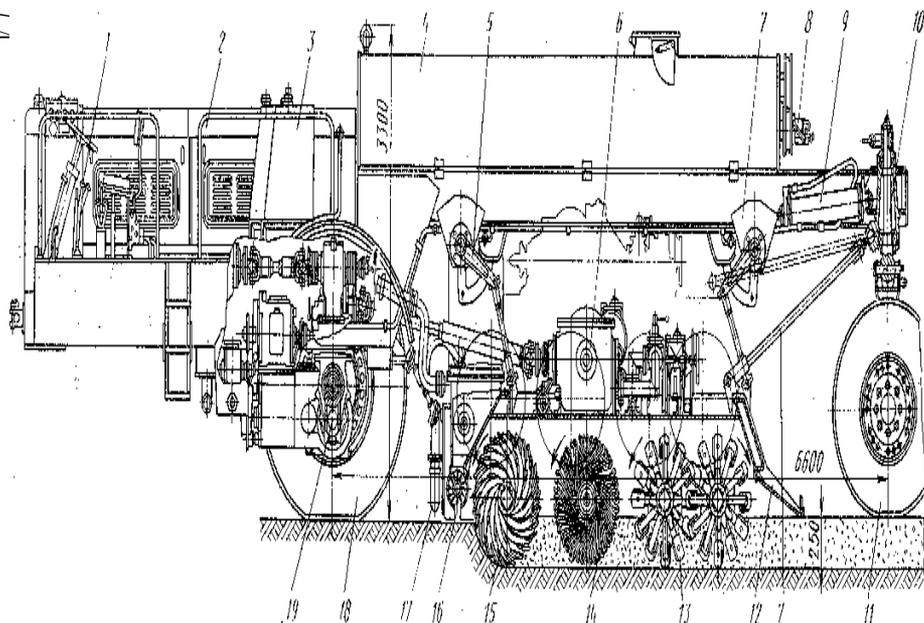


Рис. 4.104. Конструктивная схема однопроходного грунтосмесителя ДС-391Б.

1 – пульт управления; 2 – двигатель; 3 – топливный бак; 4 – цистерна для вяжущего (битума); 5 – механизм подъема передней части рамы рабочих органов; 6 – привод рабочих органов; 7 – механизм подъема задней части рамы рабочих органов; 8 – форсунка для подогрева цистерны с вяжущим; 9 – гидроцилиндр поворотного устройства; 10 – поворотное устройство; 11 – задние ведомые поворотные колеса; 12 – задняя планирующая стенка кожуха; 13 – барабан мешалки; 14 – фрезерный барабан измельчителя; 15 – барабан рыхлителя; 16 – распределительное устройство цемента; 17 – распределительное устройство вяжущего (битума) или воды; 18 – передние ведущие колеса; 19 – трансмиссия ходовой части

Конструкция однопроходного грунтосмесителя (рис. 4.104) состоит из рамы рабочих органов с вращающимися в смесительной камере четырьмя барабанами: мешалки, фрезы-измельчителя и рыхлителя, которая опирается на две оси с шинами низкого давления, при этом задняя ось благодаря сплошной установке колес выполняет функцию катка. Гидравлическая подвеска рамы допускает раздельный подъем и опускание ее передней и задней балок, что дает возможность вводить в работу либо рыхлитель с измельчителем, либо мешалку, перед которыми установлены распределительные устройства для вяжущего и цемента. Грунтосмеситель оборудован теплоизолированной обогреваемой цистерной для органических вяжущих материалов (битума), бункером для неорганических сыпучих вяжущих материалов (цемента) и емкостью для воды, которые посредством распределительных устройств подаются в смесительную камеру и перемешиваются рабочими органами с материалом ремонтируемого покрытия автомобильной дороги. В задней части смесительной камеры смонтирована поворотная стенка, планирующая поверхность разрыхленного материала. Подача вяжущих может осуществляться также непосредственно из автоцементовозов или автогудронаторов, резервуары которых подключаются к распределительным системам грунтосмесителя.

Привод рабочих органов грунтосмесителя: рыхлителя, фрезы-измельчителя и мешалки осуществляется посредством механической передачи, в которой мощность отбирается от двигателя и передается через раздаточную коробку, карданную передачу и цилиндрические боковые редукторы. Другой поток мощности, отбираемой от двигателя раздаточной коробкой, посредством коробки передач, редуктора ведущего моста и ступичных планетарных редукторов колес приводит грунтосмеситель в движение. Мощность двигателя расходуется также на привод битумных насосов, насосов гидросистемы и компрессора. Кинематическая схема грунтосмесителя Д-391Б изображена на рис. 4.105.

Необходимая для работы фрезы мощность двигателя может быть рассчитана по методу А.Д.Далина [18], согласно которому данная мощность является суммой мощностей, затрачиваемых на резание материала, его отбрасывание, перемещение фрезы, вращение фрезы

и преодоление сил трения, а также мощности, затрачиваемой на работу лопастной мешалки.

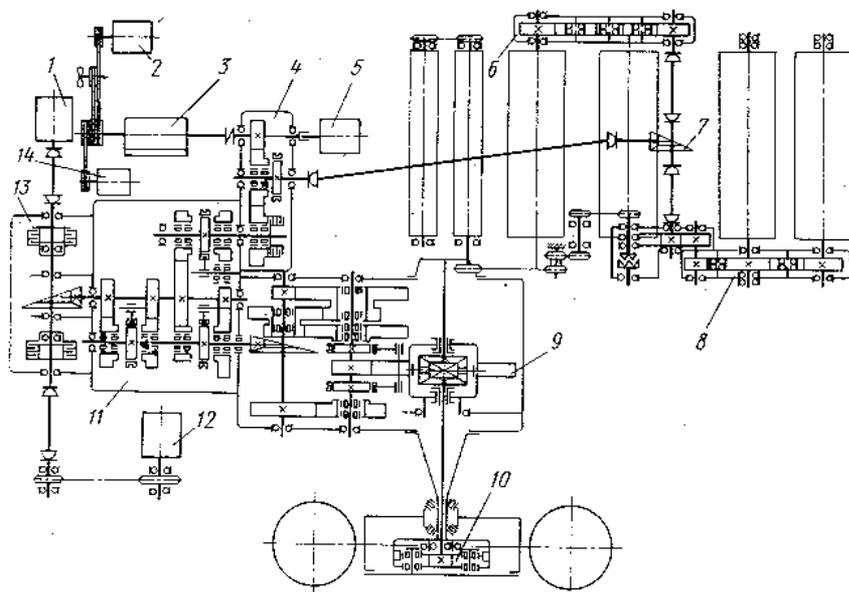


Рис. 4.105. Кинематическая схема грунтосмесителя Д-391Б:

1 – насос подачи битума в цистерну; 2 – гидронасос рулевого управления; 3 – двигатель; 4 – раздаточная коробка; 5 – насос гидросистемы; 6 – боковой редуктор привода барабана рыхлителя; 7 – конический редуктор; 8 – боковой редуктор привода барабанов, фрезы-измельчителя и мешалки; 9 – ведущий мост с главной передачей; 10 – ступичный редуктор ведущего колеса; 11 – коробка передач; 12 – насос подачи битума в систему распределения; 13 – конический редуктор привода битумных насосов; 14 – компрессор

Основная часть мощности расходуется на резание материала:

$$N_1 = k_0 b h v_{\text{тр}} \text{ (Вт)},$$

где k_0 – сопротивление материала резанию, Н/см²;

b – ширина разрыхляемой полосы, см;

h – глубина резания, см;

$v_{\text{тр}}$ – скорость поступательного движения фрезы, м/с.

Мощность, расходуемая на отбрасывание материала, может быть определена по формуле

$$N_2 = \frac{mv_{\text{рез}}}{20} k_{\text{от}} \text{ (Вт)},$$

где m – масса материала, отбрасываемого за одну секунду, кг · с/см;

$v_{\text{рез}}$ – скорость резания, см/с;

$k_{\text{от}}$ – коэффициент отбрасывания, принимаемый равным 0,75 для узких лопаток и 1,0 для широких.

Мощность, расходуемая на перемещение фрезы, может быть рассчитана по следующей формуле:

$$N_3 = \frac{0,7(N_1 + N_2) \cdot v_{\text{тр}}}{v_{\text{окр}}} \cdot k_1 \text{ (кВт)},$$

где k_1 – коэффициент, равный 0,15–0,20;

$v_{\text{окр}}$ – окружная скорость, см/с.

Мощность, затрачиваемая на работу лопастной мешалки, может быть определена по формуле И.П.Керова [18], полученной на основе опытных данных:

$$N_4 = 0,035G \text{ (кВт)},$$

где G – масса материала, находящаяся между лопастями барабанов мешалки, кг.

На вращение ротора, привод навесного оборудования (насосов, компрессора и т.д.) и преодоление сил трения расходуется примерно 8–12% от общей мощности [18]. Следовательно, суммарная мощность может быть рассчитана по следующей формуле:

$$N = \frac{0,8}{\eta} (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \text{ (кВт)},$$

где η – коэффициент полезного действия передач, равный 0,90–0,95.

Производительность фрезы (грунтосмесителя) на различных операциях технологического процесса холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог (рыхление, измельчение, перемешивание) определяется по формуле [15]

$$\Pi = \frac{v B h T k_B \cdot 1000}{m(T + t)} \quad (\text{м}^3/\text{ч}),$$

где v – скорость движения, км/ч;

B – ширина полосы, обрабатываемой за один проход, м;

h – толщина обрабатываемого слоя, м;

T – продолжительность рабочего хода машины, мин;

k_B – коэффициент использования рабочего времени, включая время технологического простоя, например ожидания распределения цемента ($k_B = 0,65\text{--}0,75$);

m – число проходов по одной полосе;

t – время поворота на обратный ход, мин.

Для однопроходного грунтосмесителя $m = 1$ и $t = 0$, следовательно, производительность

$$\Pi = 1000 v B h k_B \quad (\text{м}^3/\text{ч}).$$

Параметры современных рециклеров также могут быть определены по приведенной выше методике.

Основные технические характеристики машин для холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог, разработанных в 50-е годы XX века, представлены в табл. 4.24.

Т а б л и ц а 4.24

Основные технические характеристики машин для холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог, разработанных в 50-е годы XX века

№	Параметр	Д-530	Д-391Б
---	----------	-------	--------

1	2	3	4
1	Мощность двигателя, кВт	80	220
2	Ширина обрабатываемой полосы, мм	2500	2400

Окончание табл. 4.24

1	2	3	4
3	Максимальная глубина фрезерования, мм	200	250
4	Норма розлива вяжущего, л/м ²	н.д.	10–50
5	Норма распределения цемента, кг/м ²	-	15–60
6	Скорость передвижения, км/ч: рабочая транспортная	0,10–0,87 10	0,10–0,70 18,5
7	Производительность, м ³ /ч	325	315
8	Рабочая масса, кг	18100	21000
9	Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	7775 3040 3060	11060 3080 3430

Развитие технологий в 80–90-х годах XX века, позволившее создать надежные гидравлические приводы, рабочие органы фрезерных барабанов, системы управления, а также применение новых типов органических и неорганических вяжущих материалов позволили ряду фирм разработать конструкции машин для холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог на новом техническом уровне. Так, фирмой «BOMAG» (Германия) в настоящее время выпускаются рециклеры моделей МРН 100 в вариантах МРН 100 R для холодного рециклинга покрытий и МРН 100 S для стабилизации грунта оснований автомобильных дорог, МРН 120 для стабилизации грунта оснований и МРН 120 R для холодного рециклинга покрытий автодорог, а также их модернизированный вариант МРН 121; фирмой «BITELLI» (Италия) выпускаются две модели рециклеров с рабочей шириной фрезерования до 2000 мм и максимальной глубиной до 540 мм; фирмой «Wirtgen Group» (Германия) выпускаются три модели холодных рециклеров под маркой Wirtgen–2100 DCR, WR 4500 и WR 2500/WR 2500 K и одна под маркой HAMM–

RACO 250; аналогичные машины выпускаются также в США фирмой «CATERPILLAR» и рядом других фирм.

Рециклер МРН 100 немецкой фирмы «BOMAG» (рис. 4.106) представляет собой специальное шасси, на котором смонтирована силовая установка, приводящая в действие насосы гидросистемы, и кабина управления. Рабочий орган машины – фрезерный барабан – расположен на отдельной раме, смонтированной консольно за задней осью машины. Привод фрезерного барабана, механизма передвижения и рулевого управления, подъем и опускание барабана – гидравлический. В вариантах для рециклинга МРН 100 R кожух фрезерного барабана оборудован системой распределения вяжущего (битумной эмульсии) и воды, а также насосами для их подачи из движущихся вместе с машиной битумовоза (автогудронатора) и цистерны. Кроме того, данный вариант отличается от варианта МРН 100 S количеством резов фрезерного барабана и его конструкцией.

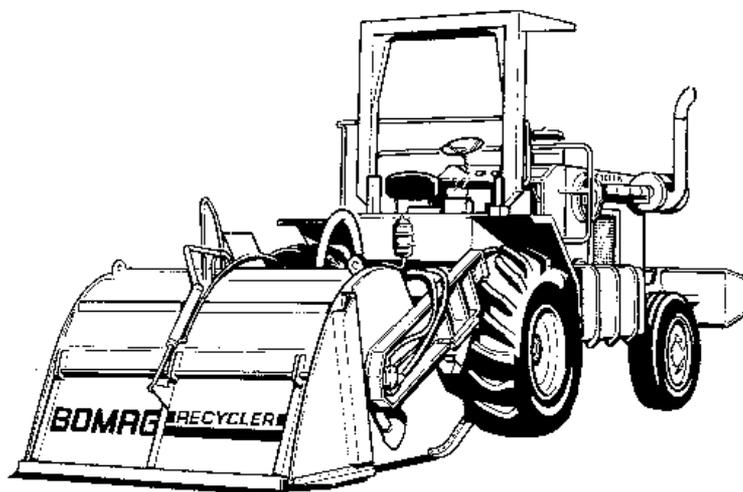


Рис. 4.106. Рециклер МРН 100 фирмы «BOMAG» (Германия)

Недостатком конструкции рециклера МРН 100 является нестабильность глубины фрезерования, определяемая консольной установкой фрезерного барабана.

Более эффективной в работе является конструкция, у которой фрезерный барабан расположен в центре колесной базы рециклера. По такой схеме изготовлены рециклеры МРН 120, МРН 121 фирмы «BOMAG», RACO 250 фирмы «HAMM», рециклеры фирмы «BITELLI», «CATERPILLAR» и «Wirtgen». При этом рециклеры фирм «BOMAG» (рис. 4.107), «HAMM» (рис. 4.108), «BITELLI» (рис. 4.109) и «CATERPILLAR» (рис. 4.110) конструктивно идентичны.



Рис. 4.107. Рециклер МРН 120 фирмы «BOMAG» (Германия)



Рис. 4.108. Рециклер RACO 250 фирмы «НАММ»
(Wirtgen Group) (Германия)



Рис. 4.109. Рециклер фирмы «BITELLI» (Италия)



Рис. 4.110. Рециклер фирмы «CATERPILLAR» (США)

Конструкция данных рециклеров представляет собой мощную раму хребтового типа, в передней части которой установлены силовая установка (двигатель, приводящий насосы гидросистемы) и кабина с пультом управления. В центральной части рама имеет шарнирное сочленение, обеспечивающее возможность поворота. Крайними точками рама опирается на передний и задний мосты с колесами, имеющими шины низкого давления, причем колеса заднего моста имеют возможность поворота для увеличения маневренности машины. В центре колесной базы в кожухе, образующем камеру дробления, установлен фрезерный барабан. Объем камеры дробления можно изменять в процессе работы, поднимая или опуская кожух фрезерного барабана. Кожух оборудован управляемой заслонкой в задней части, системами подачи вяжущего (битумной эмульсии) и воды в зону фрезерования посредством насосов из движущихся вместе с рециклером битумовоза (автогудронатора) и цистерны. Привод ходовых колес, насосов, фрезерного барабана, его подъем и опускание, а также подъем и опускание его кожуха, управление заслонкой кожуха и поворотом задних колес осуществляется гидравлической системой рециклера, имеющей общий кон-

тур. В зависимости от выполняемого технологического процесса (рециклинг покрытий или стабилизация грунта оснований автомобильных дорог) рабочий орган машины – фрезерный барабан – может иметь различную конструкцию, количество и форму резцов.

Технология работы рециклеров рассмотренной конструкции заключается в вырезании поврежденного покрытия фрезерным барабаном, который при движении машины непрерывно измельчает материал ремонтируемого покрытия, перемешивает его с вяжущим (битумной эмульсией), водой, дозируемых оператором или автоматической системой управления, и, при необходимости, цементом; осуществляет распределение получаемой эмульсионно-минеральной смеси по ширине полосы и предварительное формирование ее профиля с помощью управляемой заслонки кожуха за один рабочий ход. Фракционный состав получаемого в процессе фрезерования гранулята старого и, как следствие, механические свойства нового покрытия зависят от частоты вращения фрезерного барабана, объема камеры дробления, положения заслонки, скорости движения рециклера. Окончательное формирование профиля автодороги выполняется автогрейдером, после чего производится уплотнение комбинированным катком вибрационного действия и открытие движения транспорта. Технологический комплекс техники, выполняющей холодный рециклинг автомобильных дорог, изображен на рис. 4.111.

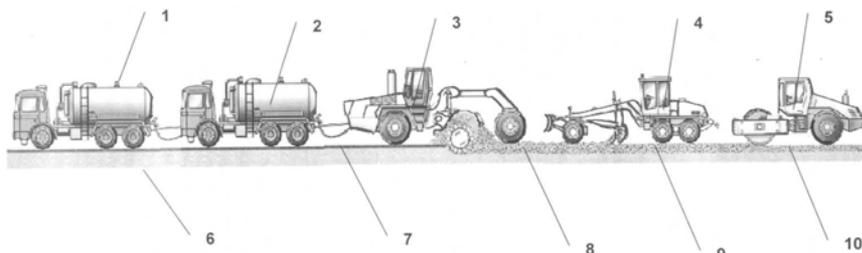


Рис. 4.111. Технологический комплекс техники, выполняющей холодный рециклинг автомобильных дорог

1 – автоцистерна с водой; 2 – битумовоз с битумной эмульсией; 3 – рециклер;

4 – автогрейдер; 5 – виброкоток; 6 – песчано-гравийное основание; 7 – старое асфальтобетонное покрытие; 8 – рециклированный слой; 9 – спрофилированный новый слой; 10 – уплотненный новый слой

Конструкция рециклеров фирмы «Wirtgen» отличается от рассмотренной выше применением другой компоновочной схемы, а также гусеничного механизма передвижения у моделей 2100 DCR и WR 4500. Рециклеры 2100 DCR и WR 4500 представляют собой пространственную раму, установленную на четырех гусеничных тележках, на которой смонтированы силовая установка, пульт управления, рабочий орган с системами подачи, дозирования и распределения вяжущего (битумной эмульсии) и воды. Различие моделей 2100 DCR и WR 4500 заключается в конструкции рабочего органа: модель 2100 DCR оборудована одним фрезерным барабаном, имеющим механический привод (ременную передачу), позволяющим обрабатывать полосу шириной 2000 мм, а модель WR 4500 – тремя фрезерными барабанами с гидравлическим приводом для бесступенчатой регулировки ширины фрезерования в пределах 3000–4500 мм и, как следствие, – более мощной силовой установкой. Кроме того, рециклер WR 4500 имеет в передней части рамы приемный бункер, загружаемый автомобилями-самосвалами, из которого минеральные материалы могут дозированно подаваться в зону фрезерования при необходимости повышения прочностных свойств ремонтируемого покрытия. При использовании рециклера 2100 DCR минеральные материалы требуется предварительно распределять по ширине ремонтируемой полосы с помощью другой дорожной техники. Привод механизма передвижения, управление глубиной фрезерования и шириной обрабатываемой полосы, механизмом формирования профиля восстанавливаемого покрытия (который обеспечивает точное профилирование, что позволяет не использовать автогрейдер после прохода рециклера), насосами подачи вяжущего и воды осуществляется гидравлической системой машины, насосы которой приводятся в действие силовой установкой.

Применение в конструкции рециклеров 2100 DCR и WR 4500 гусеничного механизма передвижения позволяет более точно выдерживать заданные в технологическом процессе параметры фрезерования и профилирования ремонтируемого покрытия, чем в случае

применения пневмоколесного механизма передвижения, за счет лучшей устойчивости при движении, но не позволяет осуществлять технологический процесс стабилизации грунта и рециклинга грунтовых оснований автомобильных дорог из-за более высокого удельного давления на поверхность покрытия; кроме того, машины такой конструкции имеют невысокую мобильность.

На рис. 4.112, 4.113 изображены рециклеры 2100 DCR и WR 4500 фирмы «Wirtgen» (Германия).

Конструкция рециклера WR 2500 (рис. 4.114) и его модификации WR 2500 К (рис. 4.115), имеющей бункер для дозирования минеральных материалов в зону фрезерования, включает в себя все прогрессивные технические решения, примененные в конструкциях рассмотренных выше машин, для достижения максимальной многофункциональности и эффективного выполнения технологического процесса холодного рециклинга автомобильных дорог.



Рис. 4.112. Рециклер 2100 DCR фирмы «Wirtgen» (Германия)

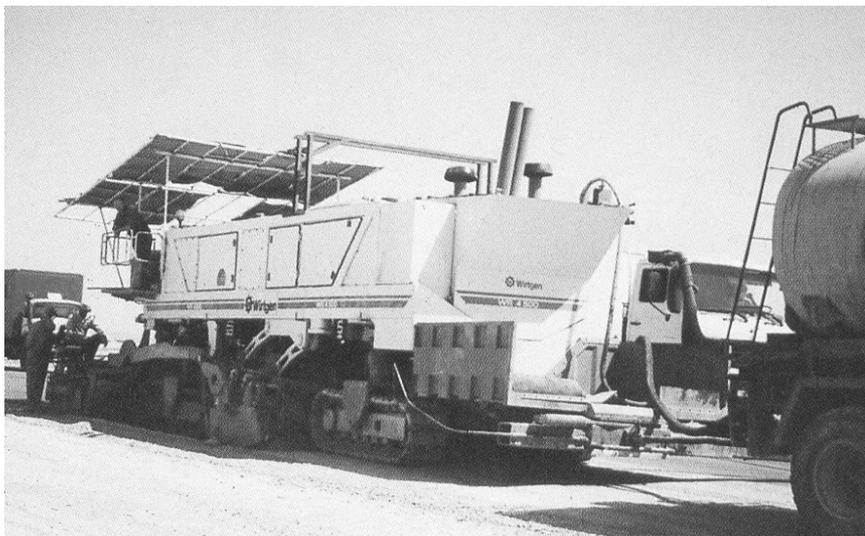


Рис. 4.113. Рециклер WR 4500 фирмы «Wirtgen» (Германия)



Рис. 4.114. Рециклер WR 2500 фирмы «Wirtgen» (Германия)



Рис. 4.115. Рециклер WR 2500 К фирмы «Wirtgen» (Германия)

Шасси машины представляет собой пространственную раму, силовые элементы которой образуют бак для воды, являющийся, таким образом, несущим элементом металлоконструкции, на которой смонтированы силовая установка, кабина управления и рабочий орган. Крайними точками рама опирается на четыре управляемых колеса низкого давления, каждое из которых соединено с рамой посредством гидравлического цилиндра, что позволяет оперативно изменять дорожный просвет рециклера и обеспечивает высокую проходимость даже на слабонесущих грунтах. Привод ходовых колес – гидравлический, причем каждое колесо имеет независимый контур. Фрезерный барабан, расположенный в центре колесной базы, приводится в действие посредством ременной передачи, мощность на которую передается непосредственно от двигателя через коробку передач и планетарный редуктор, что обеспечивает высокий коэффициент полезного действия, простоту конструкции и возможность изменения частоты вращения, которую контролирует автоматический регулятор. Кожух фрезерного барабана имеет возможность изменения объема камеры дробления, что позволяет достигать оптимального измельчения материала покрытия и его пере-

мешивания с вяжущим, а также он оборудован двумя управляемыми заслонками в передней и задней части, что обеспечивает возможность фрезерования как при движении рециклера вперед, так и назад. Дозированное распределение вяжущего (битумной эмульсии или вспененного битума) и воды в камеру дробления осуществляется тремя независимыми системами (рис. 4.116, 4.117) с помощью насосов посредством форсунок, управляемых системой управления машины.

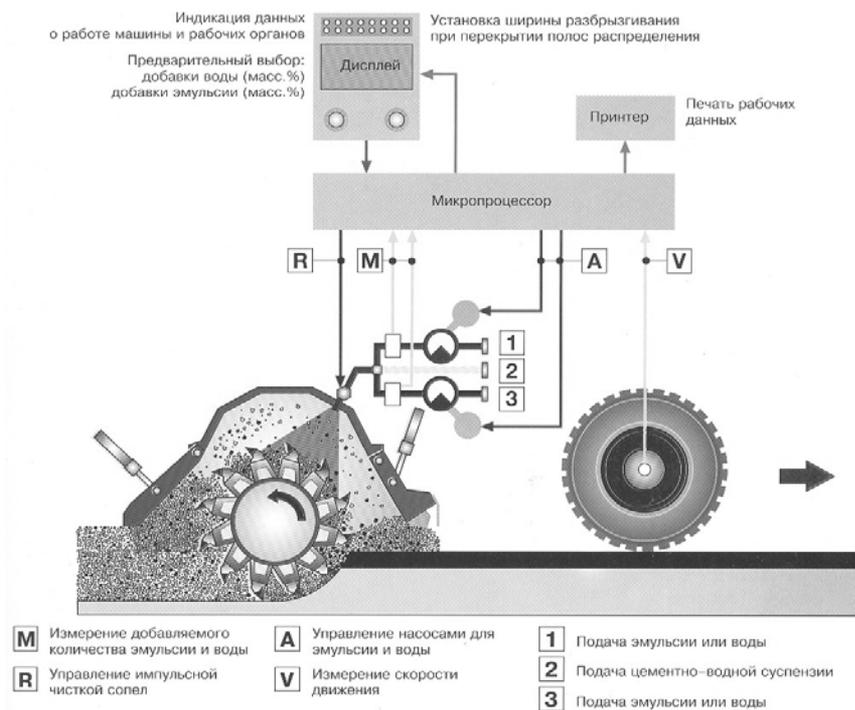


Рис. 4.116. Система дозирования и распределения битумной эмульсии и воды в камеру дробления при производстве технологического процесса холодного рециклинга рециклером WR 2500 фирмы «Wirtgen»

усилено подачей сжатого воздуха, вязкость битума значительно снижается, что также улучшает обволакивание материала.

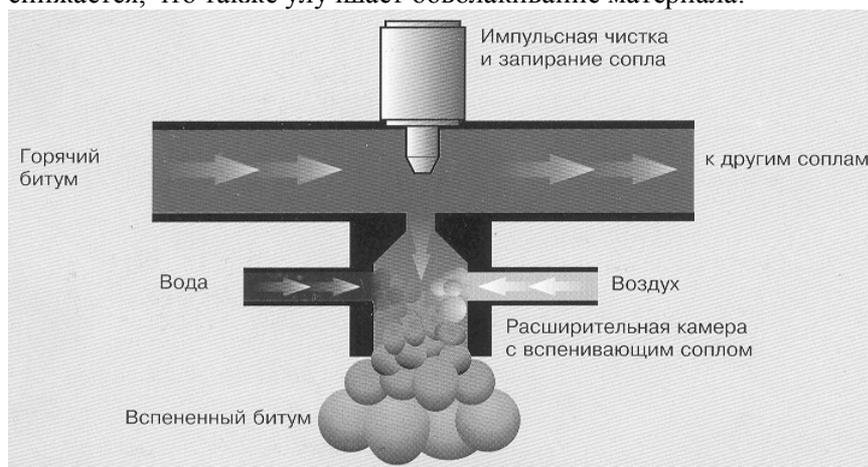


Рис. 4.118. Система приготовления и подачи вспененного битума рециклера WR 2500 фирмы «Wirtgen»

Модификация рециклера WR 2500 К имеет встроенный бункер для минерального вяжущего, из которого цемент или минеральный порошок с помощью дозатора подаются в зону фрезерования, перемешиваясь с гранулятом ремонтируемого покрытия. Регулирование глубины фрезерования, положения заслонок кожуха фрезерного барабана, установка кабины управления, привод механизма передвижения и насосов подачи вяжущего и воды осуществляется гидравлической системой, насосы которой приводятся в действие от двигателя рециклера.

Рассмотренные конструктивные особенности рециклера WR 2500 фирмы «Wirtgen» (Германия) позволяют выполнять с его применением следующие технологические процессы холодного рециклинга автомобильных дорог:

1) гомогенизацию материала (рис. 4.119), позволяющую добиться однородности насыпи, испарения излишков влаги, что способствует лучшей уплотняемости и, как следствие, более высокого качества подготовки основания;

Гомогенизация смеси грунтов без добавки вяжущего

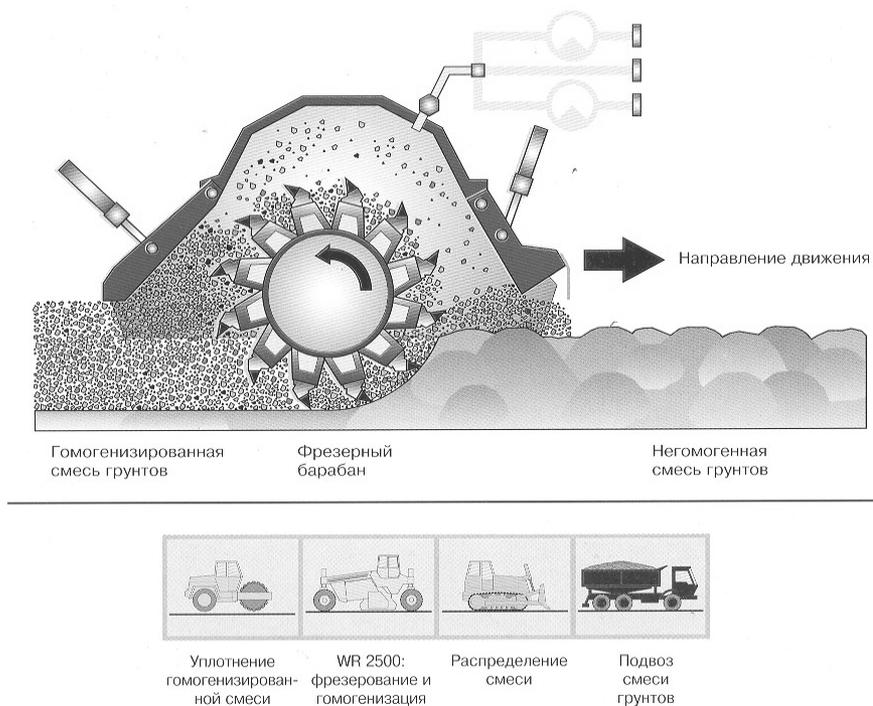


Рис. 4.119. Технологический процесс гомогенизации при подготовке основания автомобильных дорог

2) стабилизацию грунтов известью (рис. 4.120), долгосрочно повышающую несущую способность, водо- и морозостойкость основания строящихся автомобильных дорог;

Примешивание извести

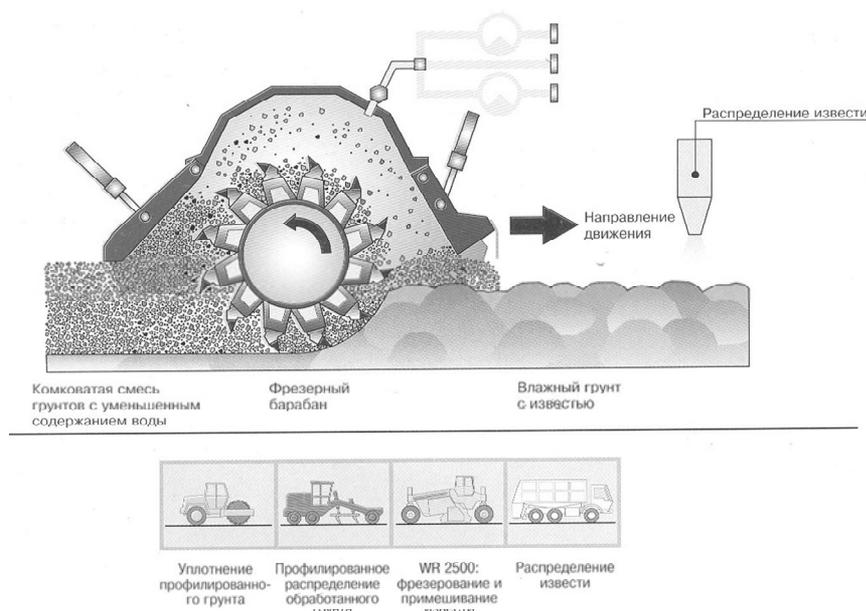


Рис. 4.120. Технологический процесс стабилизации грунтов известью при подготовке основания автомобильных дорог

3) стабилизацию грунтов и смесей строительных материалов цементом (рис. 4.121, 4.122), что позволяет на длительный срок обеспечить высокую несущую способность, водо- и морозостойкость основания при строительстве автомобильных дорог всех типов, а также верхних слоев покрытия при строительстве дорог с невысокой интенсивностью движения и осевыми нагрузками;

Вариант: Предварительное распределение воды и цемента

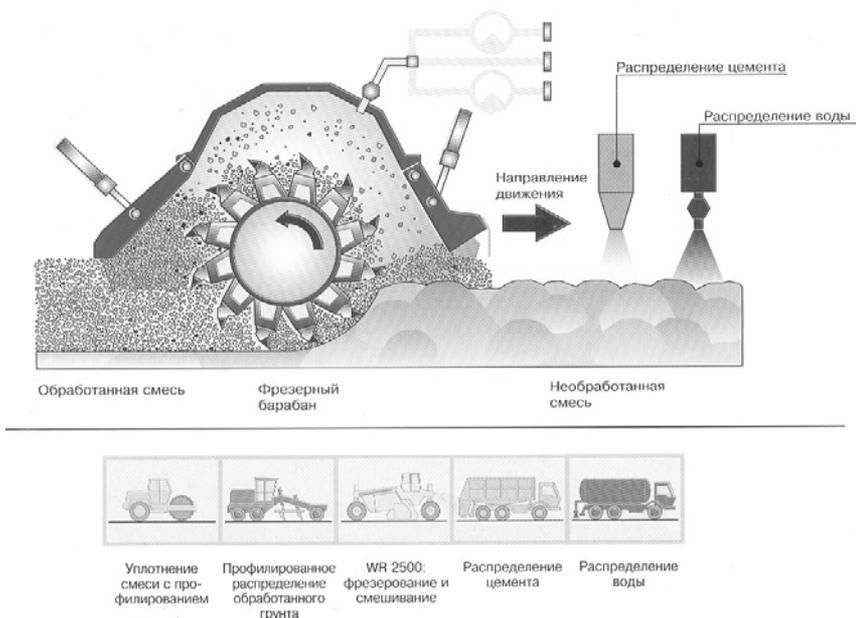


Рис. 4.121. Технологический процесс стабилизации грунтов и смесей строительных материалов предварительным распределением воды и цемента

Вариант: Предварительное распределение цемента и дозированное разбрызгивание воды

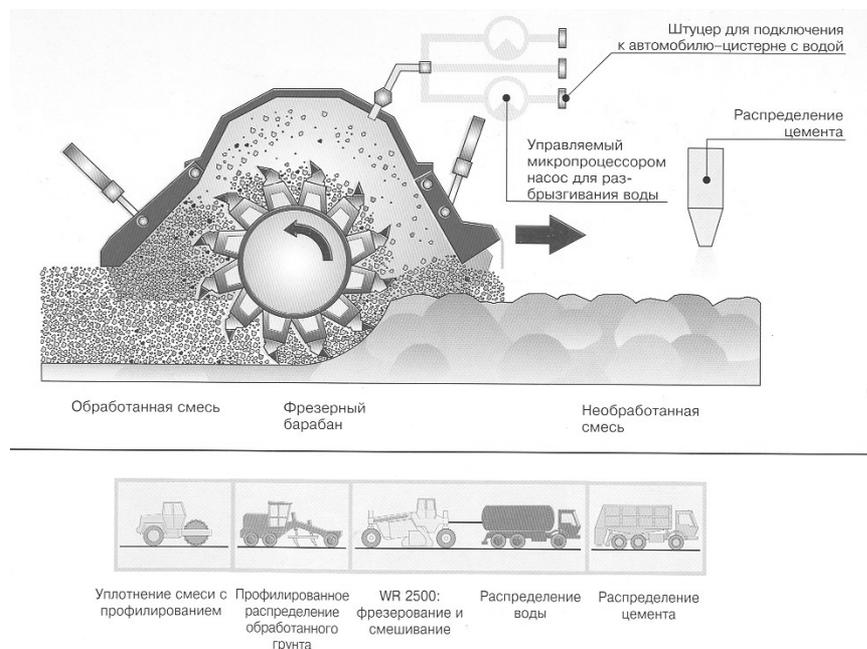


Рис. 4.122. Технологический процесс стабилизации грунтов и смесей строительных материалов предварительным распределением цемента и дозированным распределением воды

4) гранулирование материала изношенных асфальтобетонных покрытий без добавления (рис. 4.123) или с добавлением (рис. 4.124) воды для использования в качестве свободного от внутренних напряжений стабильного основания, на которое затем могут укладываться новые слои дорожной одежды;

Вариант: Гранулирование без добавок

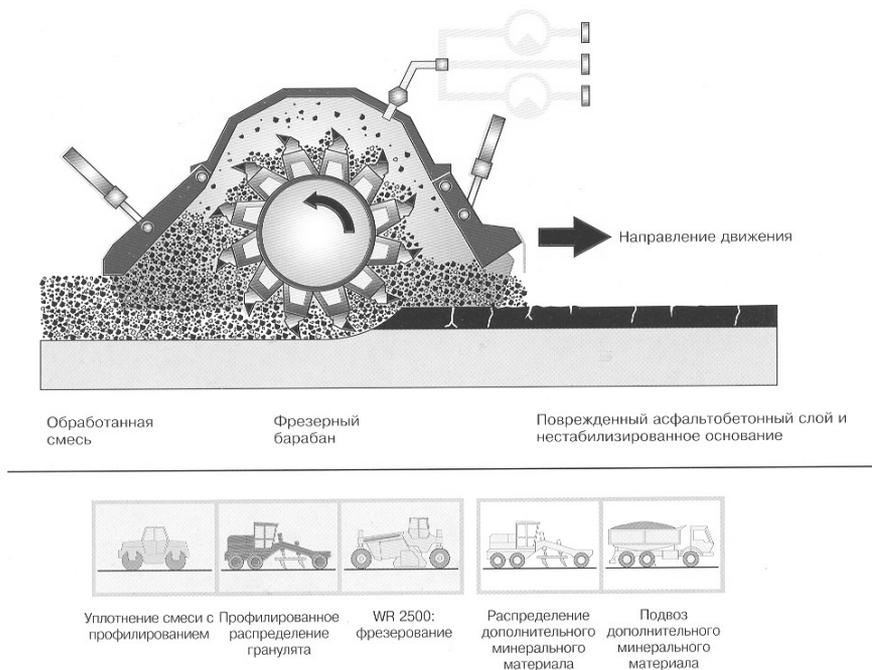


Рис. 4.123. Технологический процесс гранулирования изношенных асфальтобетонных покрытий без добавления воды

Вариант: Дозированное разбрызгивание воды

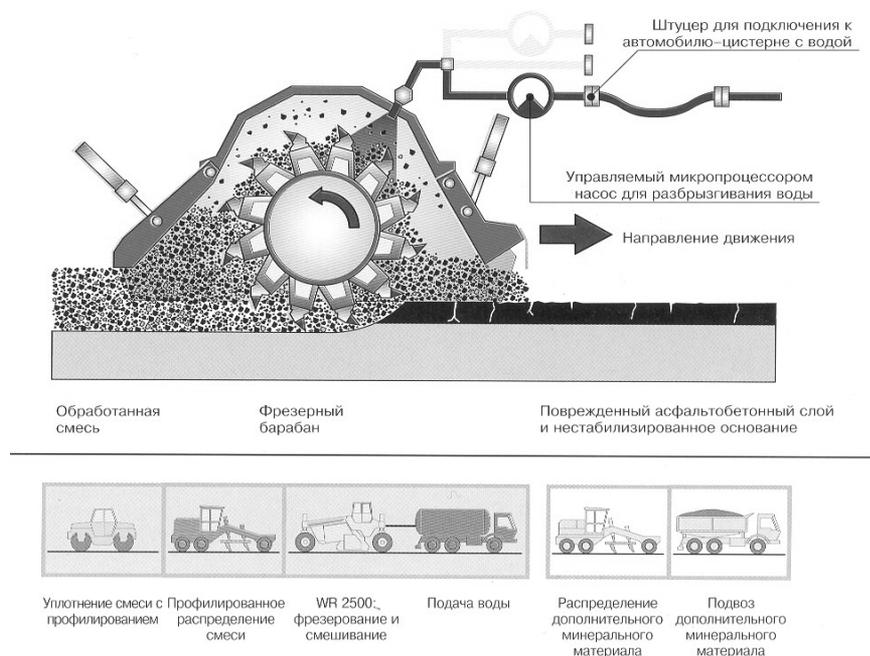


Рис. 4.124. Технологический процесс гранулирования изношенных асфальтобетонных покрытий с дозированным добавлением воды

5) капитальный ремонт асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с применением битумных эмульсий без добавления цемента (рис. 4.125), с добавлением цемента (рис. 4.126) и с применением комплексного вяжущего: цемента и битумной эмульсии (рис. 4.127), что позволяет получать прогрессивное повышение прочностных свойств ремонтируемого покрытия;

Дозированная добавка эмульсии и воды

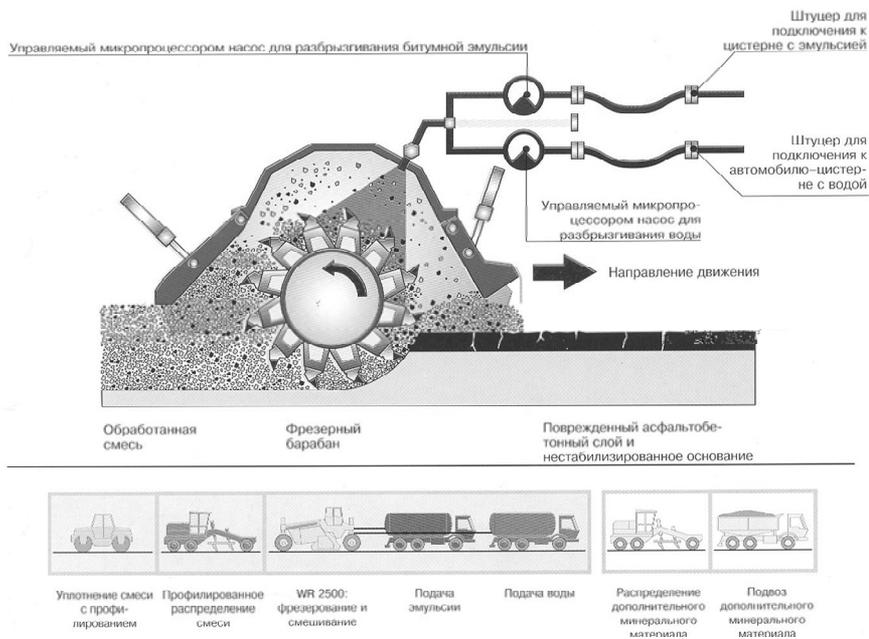


Рис. 4.125. Технологический процесс капитального ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с применением технологии холодного рециклинга без добавления цемента

Вариант: Добавка цемента и воды

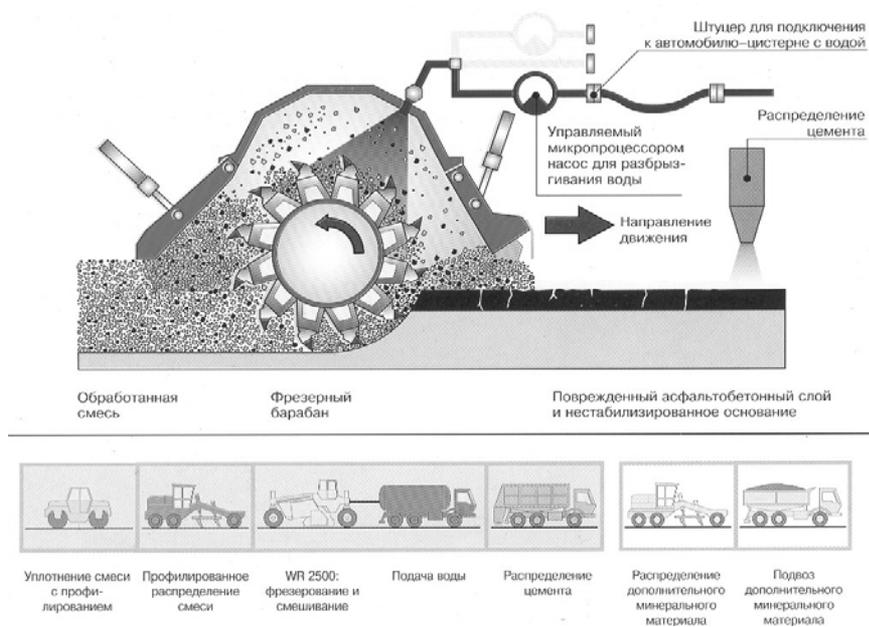


Рис. 4.126. Технологический процесс капитального ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с применением технологии холодного рециклинга с добавлением цемента

Вариант: Предварительное распределение цемента, дозированное разбрызгивание эмульсии и воды

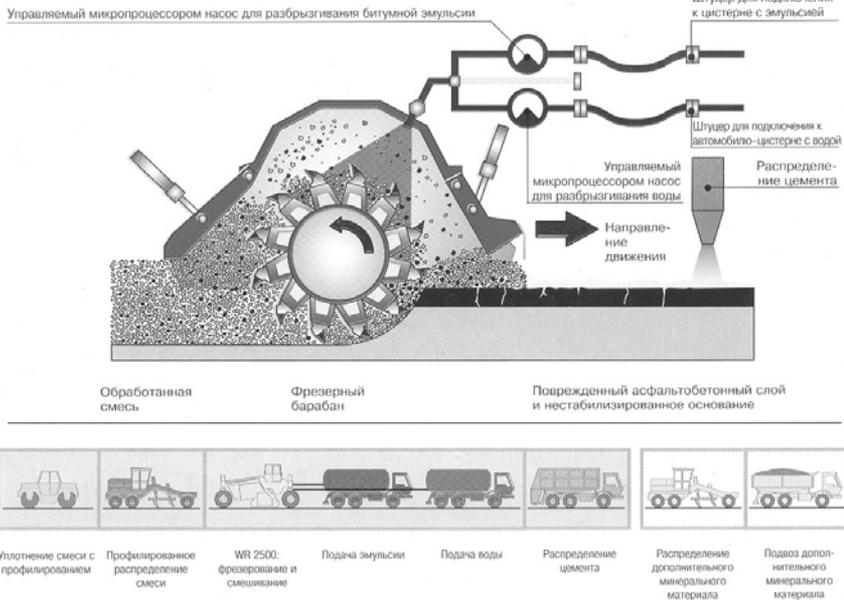


Рис. 4.127. Технологический процесс капитального ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с применением технологии холодного рециклинга с использованием комплексного вяжущего: цемента и битумной эмульсии

б) капитальный ремонт покрытий автомобильных дорог с применением в качестве вяжущего вспененного битума (рис. 4.128), что позволяет снижать стоимость производства работ, получать однородные слои материалов, быстро открывать движение после ремонта;

**Вариант: Дозированное распределение вспененного битума и воды
ресайклером WR 2500**

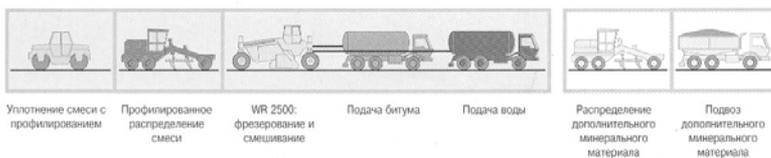
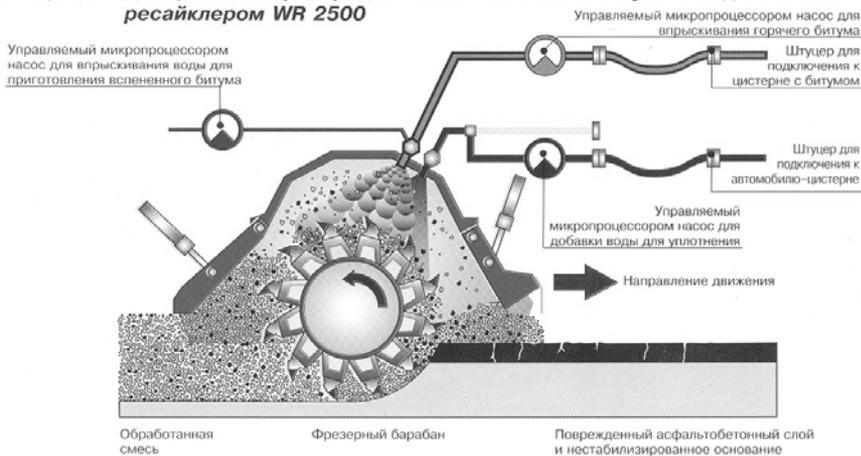


Рис. 4.128. Технологический процесс капитального ремонта покрытий автомобильных дорог с применением в качестве вяжущего вспененного битума

Для подачи в зону фрезерования и дозирования в измельчаемый материал цемента при производстве технологического процесса холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог фирмой «Wirtgen» выпускается мобильная установка WM 400, агрегируемая с рециклерами и приготавливающая цементно-водную суспензию. Применение данной установки позволяет получать более однородные смеси материалов, так как жидкие вяжущие лучше перемешиваются со смесью, чем твердые, обеспечивать точное дозирова-

ние, непрерывность работы, независимость от погодных условий, отсутствие пылеобразования и улучшение экологической обстановки на объектах производства работ. Конструкция установки представляет собой контейнер с баками для воды общей вместимостью 11000 литров и бункером для цемента объемом 25 м³, которые по командам системы управления дозируются и перемешиваются в смесителе производительностью 1000 л/мин с получением цементно-водной суспензии, подаваемой в систему распределения рециклера. Установка смонтирована на шасси, обеспечивающем ее движение в сцепке с рециклером при производстве технологического процесса холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог (рис. 4.129).

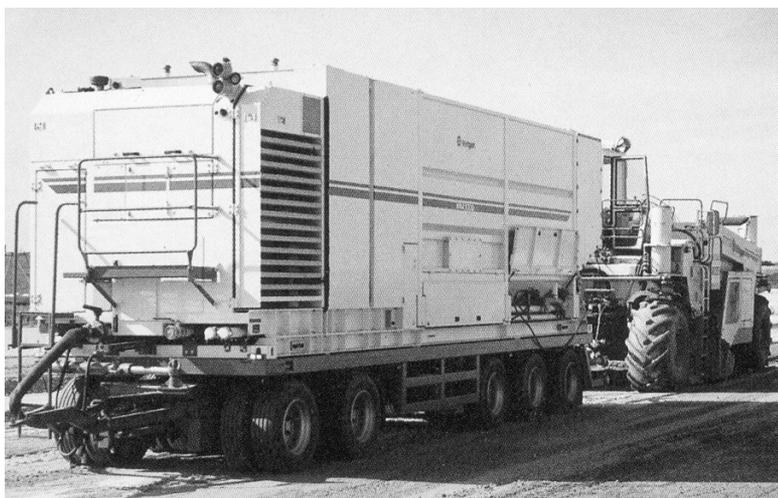




Рис. 4.129. Установка WM 400 фирмы «Wirtgen» (Германия), агрегируемая с рециклером при производстве технологического процесса холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог

Основные технические характеристики рециклеров рассмотренных выше конструкций, выпускаемых в настоящее время европейскими предприятиями, представлены в табл. 4.25.

Таблица 4.25

Основные технические характеристики рециклеров, выпускаемых в настоящее время
ведущими европейскими производителями дорожной техники

№	Параметр	BOMAG		HAMM	Wirtgen		
		MPH 100 S/ MPH 100 R	MPH 120	RACO 250	2100 DCR	WR 4500	WR 2500/ WR 2500 K
1	2	3	4	5	6	7	8
Характеристики рабочего органа							
1	Ширина фрезеруемой полосы, мм	2100/2005	2100	2350	2000	3000...4500	2438
2	Глубина фрезерования, мм	0...356/ 0...305	0...400	0...420	0...250	0...500	0...500
3	Число зубьев фрезерного барабана, шт.	70/160	214	124...242	н.д.	н.д.	248
4	Диаметр окружности резания, мм	1218/1118	1170	1350	н.д.	н.д.	1480
5	Частота вращения фрезерного барабана, об/мин	0...135	120...220	0...155	н.д.	н.д.	н.д.
6	Тип привода	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Ременная передача	Гидравлический	Ременная передача
Характеристики силовой установки							
7	Марка	Detroit Diesel 6V 92T	Deutz BF 10L 513	Deutz TBD V8 Turbo	н.д.	н.д.	Mercedes-Benz OM 444 LA
8	Охлаждение	жидкостное	воздушное	жидкостное	н.д.	н.д.	жидкостное
9	Число цилиндров	6	10	8	н.д.	н.д.	12
10	Мощность, кВт (л.с.)	345 (469)	263 (358)	339 (461)	448 (610)	550 (750)	448 (610)

11	Частота вращения, об/мин	2100	2300	2000	н.д.	н.д.	2100
----	--------------------------	------	------	------	------	------	------

1	2	3	4	5	6	7	8
Характеристики механизма передвижения							
12	Тип привода	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический
13	Тип механизма передвижения	колесный	колесный	колесный	гусеничный	гусеничный	колесный
14	Формула привода	4 x 2	4 x 2 (4 x 4)	4 x 2 (4 x 4)	4 x 4	4 x 4	4 x 4
15	Скорость движения, км/ч: на I передаче на II передаче на III передаче на IV передаче	0 – 3,7 0 – 21,9	0 – 2 0 – 6 0 – 12	0 – 3,0 0 – 6,2 0 – 8,5 0 – 17,8	н.д. н.д. н.д. н.д.	н.д. н.д. н.д. н.д.	0 – 0,9 0 – 2,4 0 – 4,8 0 – 12,0
16	Максимальный преодолеваемый подъем, %: при движении при фрезеровании	н.д. н.д.	40 37	н.д. н.д.	н.д. н.д.	н.д. н.д.	57 н.д.
17	Минимальный радиус поворота, м: по внешнему следу по внутреннему следу	н.д. 6,4	6,3 3,5	6,2 3,2	н.д. н.д.	н.д. н.д.	9,68 5,82
18	Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	8535 2795 3555	9050 2850 3420	8900 2990 3400	н.д. н.д. н.д.	н.д. н.д. н.д.	8280/9780 3000 4100
19	Рабочая масса, кг	14664	19945	19300	43600	80000	33000/ 40000

Л и т е р а т у р а

1. Автомобильные дороги в государстве. Роль, состояние, пути улучшения: Сборник докладов // Материалы Второго республиканского совещания дорожников Беларуси. – Гродно, 2000.
2. Автомобильные дороги Беларуси: Энциклопедия / Коллектив авторов; Под общ. ред. А.В.Минина. – М.: БелЭн, 2002. – 672 с.
3. Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом по территории Республики Беларусь. – Мн.: Тэхналогія, 2000. – 232 с.
4. Новые технологии и машины при строительстве, содержании и ремонте автомобильных дорог / Г.Л.Антипенко, Е.В.Кашевская, К.К.Костенко и др.; Под ред. А.Н.Максименко. – Мн.: Выш. школа, 1998.
5. С м и р н о в Н. В. Композиционные резинобитумные материалы для транспортного строительства на основе химически модифицированных битумов // Перспективы развития транспортной инфраструктуры: Тезисы докладов международной конференции в рамках Второго Всероссийского дня работников дорожного хозяйства. – Санкт-Петербург, 2001.
6. Дорожные эмульсии / Коллектив авторов; Под общ. ред. И.Н. Петухова // Энциклопедия. В 3 т. – Мн., 1998.
7. ТУ РБ 14559998.124-97. Эмульсия битумная катионная. – Мн., 1997.
8. Д у д к о А. А., К л у ш а н ц е в Б. В. Передвижные дробильно-сортировочные установки. – М.: Транспорт, 1975. – 144 с.
9. В а с и л ь е в А. П., Ш а м б а р П. Поверхностная обработка с синхронным распределением материалов. – М.: Трансдорнаука, 1999. – 80 с.
10. РД 0219.1.07-98. Устройство шероховатых и защитных слоев износа на усовершенствованных покрытиях автомобильных дорог.
11. М а р т ы н о в В. Д., С е р г е е в В. П. Строительные машины. – М.: Высш. школа, 1970. – 304 с.
12. А н д р е е в Е. Е., Т и х о н о в О. Н. Машины для дробления дорожных и строительных материалов // Дорожная техника. – 2002.

13. Черкасский В. А. Шуляков А. Д. Опыт производства высококачественного щебня с помощью дробилок вибрационного типа // Строительные материалы. – 2001. – № 5. – С.43 – 44.

14. Машины для строительства дорог / Ф.П.Катаев, К.Ф.Абросимов, А.А.Бромберг, Ю.А.Бромберг. – М.: Машиностроение, 1971. – 624 с.

15. Соловьев Н. Битумные эмульсии: технология приготовления, оборудование, мониторинг цен // Дорожная техника и технологии. – 2001. – № 5. – С. 92 – 95.

16. Соловьев Н. Битумные эмульсии: технология приготовления, оборудование, мониторинг цен // Дорожная техника и технологии. – 2001. – № 5. – С. 92 – 95.

17. Машины для строительства дорог / Ф.П.Катаев, К.Ф.Абросимов, А.А.Бромберг, Ю.А.Бромберг. – М.: Машиностроение, 1971. – 624 с.

18. Машины для постройки и содержания автомобильных дорог / А.А.Васильев, Н.В.Мартынов. – М.: Машиностроение, 1973. – 256 с.

19. Дорожные машины / Н.Я.Хархута, М.И.Капустин, В.П.Семенов, И.М.Эвентов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 472 с.

20. РД 0219.1.09-99. Дорожные технологии на основе катионных битумных эмульсий.

21. Технологический регламент на устройство слоев из холодного регенерированного асфальтобетона смешением на месте с применением рециклера BOMAG MPH 120 / РУП «БелдорНИИ». – Мн., 2001.

22. Технологическая карта на устройство слоев дорожных одежд из холодных регенерированных органоминеральных смесей смешением на месте с применением ресайклера BOMAG MPH 120 / РУП «БелдорНИИ». – Мн., 2001.

23. Реконструкция автомобильных дорог / А.П.Васильев, Ю.М.Яковлев, М.С.Коганзон и др. – М.: МАДИ (ТУ), 1998. – 125 с.

Содержание

В в е д е н и е	3
1. ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ И РЕМОНТА ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ.	3
1.1. Особенности летнего содержания дорог и аэродромов.	3
1.2. Особенности зимнего содержания дорог и аэродромов.	5
1.3. Особенности ремонта автомобильных дорог и аэродромов.	7
1.3.1 Современные вяжущие и минеральные материалы для ремонта.	7
1.3.2 Особенности производства текущего ремонта и поверхностных обработок.	21
2. МАШИНЫ ДЛЯ ЛЕТНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ.	28
2.1. Подметально-уборочные машины.	28
2.1.1 Классификация и конструкции подметально- уборочных машин.	28
2.1.2 Основы расчета подметально-уборочных машин.	42
2.1.3 Система транспортировки смета.	48
2.1.4 Определение производительности подметально- уборочных машин.	69
2.2. Поливомоечные машины.	71
	407

2.2.1	Классификация и конструкции поливочных машин и мойки обстановки пути.	71
2.2.2	Основы расчета.	78
2.3.	Машины и оборудование для нанесения горизонтальной и вертикальной разметки и окраски обстановки пути.	88
2.3.1	Классификация и устройство машин.	96
2.3.2	Основы расчета машин и оборудования.	110
2.4.	Машины и оборудование для ухода за обочиной.	120
3.	МАШИНЫ ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ.	140
3.1.	Конструкции плужно-щеточных снегоочистителей.	140
3.2.	Основы расчета плужно-щеточных снегоочистителей.	145
3.3.	Конструкции роторных снегоочистителей.	147
3.4.	Основы расчета роторных снегоочистителей.	152
3.5.	Конструкции скалывателей уплотненного снега.	160
3.6.	Основы расчета скалывателей.	163

3.7. Конструкции снегопогрузчиков.	169
3.8. Основы расчета снегопогрузчиков.	175
3.9. Конструкции и основы расчета машин для распределения противогололедных материалов.	183
3.10. Особенности конструкции машин для зимнего содержания аэродромов.	196
4. МАШИНЫ ДЛЯ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭТИХ РАБОТ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ.	202
4.1. Машины и оборудование для производства современных материалов для ремонта.	202
4.1.1 Машины и оборудование для получения кубовидного щебня.	206
4.1.2 Оборудование для мойки щебня.	226
4.1.3 Оборудование для производства битумных эмульсий.	233
4.2. Машины для текущего ремонта.	241
4.2.1 Машины и оборудование для ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог укладкой мелкозернистого асфальтобетона.	241
4.2.2 Машины и оборудование для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог укладкой литого асфальтобетона.	253
4.2.3 Машины и оборудование для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог укладкой эмульсионно-минеральных смесей.	262
4.2.4 Оборудование для горячего рециклинга при производстве ямочного ремонта.	292
4.2.5 Средства малой механизации.	294
4.2.6 Машины для ремонта трещин.	320
4.3. Машины для поверхностной обработки.	330
4.4. Машины и оборудование для капитального ремонта	348

покрытий автомобильных дорог с применением технологии рециклинга.	
. . .	
4.4.1 Машины и оборудование для капитального ремонта . покрытий автомобильных дорог с применением технологии горячего рециклинга.	349
.	
4.4.2 Особенности расчета электрических разогревателей . битума.	365
. . .	
4.4.3 Машины и оборудование для капитального ремонта . покрытий автомобильных дорог с применением технологии холодного рециклинга.	367
Л и т е р а т у р а.	405
.	

Учебное издание

ВАВИЛОВ Антон Владимирович
ЩЕМЕЛЕВ Анатолий Мефодьевич
БОЧКАРЕВ Дмитрий Игоревич и др.

МАШИНЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ И РЕМОНТУ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

Учебное пособие

Редактор Т.Н.Микулик. Корректор М.П.Антонова
Компьютерная верстка Н.А.Школьниковой

Подписано в печать 2003.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 300. Заказ 460.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.

Лицензия ЛВ №155 от 30.01.2003. 220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65..

