

А.Я. Доценко

КОММУНАЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ



А.И. Доценко

КОММУНАЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство»*

**Москва
Архитектура-С
2005**

УДК 629
ББК 38.6-5
Д 71

Рецензенты:

кафедра строительных и подъемно-транспортных машин Московского государственного строительного университета, зав. кафедрой – д-р техн. наук, профессор Е.М. Кудрявцев; генеральный директор ЗАО «Доркомтехника», канд. техн. наук. Н.А. Зенитов

Д 71 Доценко А.И. Коммунальные машины и оборудование: Учеб. пособие для вузов. — М.: Архитектура-С, 2005. — 344 с.: ил.

ISBN 5-9647-0065-9

В книге приведены классификация, назначение, устройство, принцип работы машин, применяемых в коммунальном хозяйстве города; даются методики расчета их основных параметров и технико-экономические характеристики.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство».

ISBN 5-9647-0065-9

ББК 38.6-5

© А.И. Доценко, 2005
© Архитектура-С, 2005

Предисловие

В учебном пособии представлены сведения по машинам и оборудованию, применяемым в коммунальном хозяйстве городов. Машины сгруппированы в книге по производственному назначению. По каждой группе рассматриваются наиболее характерные типы машин, дающие представление о состоянии и направлении развития механизации данного вида работ. Для этих машин рассмотрены их назначение, области рационального применения, классификация, устройство, рабочие процессы, принципиальные и кинематические схемы, даются методики расчета основных конструктивных, эксплуатационных и технико-экономических параметров.

Для лучшего усвоения излагаемого материала в конце каждой главы имеются контрольные вопросы, а в конце книги предметный указатель.

Автор выражает благодарность за полезные замечания и пожелания рецензентам книги: коллективу кафедры строительных и подъемно-транспортных машин Московского государственного строительного университета (зав. кафедрой — доктор технических наук, профессор Кудрявцев Е.М.) и Генеральному директору ЗАО «Доркомтехника», кандидату технических наук Зенитову Н.А.

Благоустройство современных городов осуществляется на основе широкой механизации работ по озеленению и санитарной очистке городских территорий, а также по содержанию городских дорог, площадей и внутриквартальных территорий, что позволяет сократить использование тяжелого ручного труда.

Выбор машин для выполнения перечисленных работ обусловлен специфическими особенностями жилищно-коммунального хозяйства, а именно: территориальная разобщенность объектов, подлежащих обслуживанию, значительные объемы работ и их трудоемкость, необходимость оперативного, а в ряде случаев аварийного характера выполнения работ.

В настоящем учебном пособии рассмотрены следующие типы машин и оборудования, используемые в коммунальном и городском хозяйстве:

- машины и оборудование для озеленения городских территорий в холодное и теплое время года;

- машины и оборудование для сбора и транспортирования бытовых отходов;

- технологические комплексы для захоронения, уничтожения и переработки бытовых отходов;

- машины и оборудование для выполнения аварийных и ремонтных работ;

- вспомогательные машины (погрузочно-разгрузочные, землеройно-транспортные и др.).

Повышение технологических характеристик названных выше машин происходит по следующим основным направлениям:

- создание машин и оборудования с улучшенными технико-экономическими параметрами, с повышенной производительностью, высокой надежностью и качества;

- применение при создании новых машин и оборудования блочно-модульного принципа проектирования с использованием унифицированных узлов и агрегатов;

- повышение универсальности машин, степени их гидрофикации, а также перевод на специальные шасси (в том числе и малогабаритные) и расширение номенклатуры сменных рабочих органов

- дальнейшее внедрение комплексной механизации и автоматизации производственных процессов;

- создание автоматизированных и роботизированных машин и технологических комплексов на базе электронной и микропроцессорной техники;

- внедрение дистанционных систем управления;

- снижение трудоемкости технического обслуживания и ремонта машин;

- создание комфортных условий для обслуживающего персонала путем повышения безопасности и улучшения эргономических показателей.

Материал, изложенный в учебном пособии, может быть полезен не только студентам вузов, но и специалистам, занимающимся усовершенствованием и эксплуатацией коммунальных машин и оборудования.

Глава 1.

КОММУНАЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

1.1. Классификация и общие требования к машинам и оборудованию

Механизация — одно из важнейших направлений реформы жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), проводимой в настоящее время в нашей стране. Основная цель механизации работ в ЖКХ — повышение производительности труда и освобождение человека от выполнения тяжелых, трудоемких и утомительных операций, а также снижение себестоимости выполняемых работ.

Механизация работ осуществляется с помощью машин и механизмов.

Машина — устройство, совершающее полезную работу с преобразованием одного вида энергии в другой. Машина состоит из нескольких механизмов, объединенных общим корпусом, рамой или станиной и предназначенных для выполнения определенной работы. **Механизм** — это совокупность подвижно соединенных звеньев, совершающих под действием приложенных сил определенные движения.

На машине устанавливается, или навешивается, рабочее оборудование, с помощью которого выполняются технологические операции. Машины, на которых монтируется рабочее оборудование, называются базовыми. Некоторые виды рабочего оборудования могут функционировать и самостоятельно, без базовых машин.

Высшей формой механизации является **автоматизация**, при которой функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются автоматике и микропроцессорной технике. Цель автоматизации в коммунальном хозяйстве заключается в еще большем повышении эффективности труда и улучшении качества выполняемых работ. Автоматизация работ осуществляется с помощью автоматов, роботов и манипуляторов.

Автомат — это устройство (или совокупность устройств), выполняющее по заданной программе все операции в процессах получения, преобразования, передачи или использования энергии, материалов, информации.

Робот — это машина с антропоморфными (человекоподобными) действиями, предназначенная для автоматизации ручного физически тяжелого, вредного и монотонного труда, а также для выполнения работ в недоступных, труднодоступных или небезопасных для людей местах.

Манипулятор — это механизм, осуществляющий под управлением оператора действия, аналогичные действиям руки человека.

Для выполнения определенных видов работ машины объединяются в комплекты и комплексы.

Комплект машин — это совокупность взаимосвязанных машин, выполняющих определенную работу, составляющую, как правило, достаточно самостоятельную часть технологического процесса. Например, комплекты машин: 1. снегоочиститель — распределитель антигололедных материалов; 2. подметально-уборочная машина — поливочно-моечная машина.

Комплекс машин — это совокупность взаимосвязанных машин, выполняющих заданный технологический процесс. В состав комплекса могут входить несколько различных комплектов машин. Например, комплекс машин для зимнего содержания городских территорий может состоять из двух комплектов: 1. снегоочиститель — распределитель антигололедных материалов; 2. снегопогрузчик — автосамосвалы.

На заводах по сжиганию и переработке твердых бытовых отходов оборудование объединяется в так называемые технологические комплексы.

Технологический комплекс — это комплекс, сочетающий технологическое оборудование и автоматы, объединенные поточно-транспортной и складской системой и системой контроля и управления.

Классификацию коммунальных машин и оборудования наиболее удобно проводить по видам работ, выполняемых коммунальными службами. Исходя из чего имеем следующие основные группы:

- машины и оборудование для содержания городских территорий в холодное время года;
- машины и оборудование для содержания городских территорий в теплое время года;
- машины и оборудование для озеленения городских территорий;
- машины и оборудование для сбора и транспортировки бытовых отходов;
- технологические комплексы для захоронения и переработки бытовых отходов;
- машины для выполнения аварийных и ремонтных работ.

Каждая группа машин подразделяется на подгруппы (например, среди машин и оборудования для содержания городских территорий в холодное время года могут находиться снегоочистители, специализированные погрузчики, распределители антигололедных материалов, снегоплавильные станции и т. д.).

Внутри каждой подгруппы машины делятся на типы, отличающиеся друг от друга конструкцией отдельных узлов или всей машины в целом (например, снегоочистители по типу рабочего органа делят на плужные, плужно-роторные, шнекороторные, фрезерные и фрезерно-роторные). Внутри каждого типа машины разделяются на типоразмеры (модели), отличающиеся друг от друга техническими характеристиками (производительностью, размерами рабочего органа, массой, габаритами, мощностью и т. д.), но близкие по конструкции.

По режиму работы различают машины циклического (периодического) и непрерывного действия. **Машины циклического действия** (подме-

тально-уборочные, поливомоечные, снегоочистители, мусоровозы и др.) производят все операции в определенном порядке, повторяя их через некоторые промежутки времени. **Машины непрерывного действия** (многоковшовые погрузчики, пневмотранспорт твердых бытовых отходов и др.) производят все операции (загрузка, транспортировка, выгрузка и др.) непрерывно. Достоинствами машин циклического действия является их универсальность и приспособленность к работе в различных условиях, а машин непрерывного действия — большая производительность, они лучше подходят для автоматизации работ.

По степени подвижности машины и оборудование могут быть передвижными, переносными и стационарными, причем первые, в зависимости от способа агрегатирования, могут быть самоходными, полуприцепными и прицепными.

Каждую самоходную машину можно представить как систему, состоящую из шести основных элементов:

рама — служит базой для установки всех узлов и агрегатов машины;

силовое оборудование — является источником или преобразователем энергии в механическую работу;

трансмиссия — передает движение от двигателя к ходовому оборудованию, рабочему органу и другим исполнительным механизмам;

ходовое оборудование — служит для передвижения машины в рабочем и транспортном режимах, передает на опорную поверхность нагрузки от силы тяжести и внешних воздействий со стороны обрабатываемой среды, обеспечивает устойчивость машины;

рабочее оборудование — осуществляет технологические операции и взаимодействует с внешней (обрабатываемой) средой;

система управления — обеспечивает управление и регулирование режима работы силовой установки, рабочего органа и других устройств, осуществляет запуск и остановку силового оборудования, соединяет и разъединяет силовое оборудование с трансмиссией.

По виду силового оборудования выделяют машины с использованием двигателей: внутреннего сгорания, электрических, гидравлических, пневматических и комбинированных (например, дизель-электрических, дизель-гидравлических, электропневматических и т.п.).

По типу ходового оборудования различают машины на гусеничном и колесном ходу.

По системам управления различают машины с ручным и автоматическим управлением, а по способу передачи энергии к исполнительному механизму — механические, гидравлические, пневматические и электрические. Существуют также машины с комбинированным управлением.

По степени универсальности машины разделяют на универсальные, оснащенные различными видами сменного рабочего оборудования и приспособлений для выполнения разнообразных технологических операций, и специальные, имеющие один вид рабочего оборудования и предназначенные для выполнения одного специального вида работ.

Последние в определенных условиях работы обеспечивают более высокие технико-экономические показатели.

Силовое оборудование, трансмиссия и система управления, обеспечивающие приведение в действие механизмов машины и рабочих органов, называют **приводом**.

По количеству используемых в машине двигателей различают однокотормотный (групповой) и многокотормотный (индивидуальный) приводы. В первом случае все механизмы или отдельные их группы приводятся в действие от одной силовой установки, во втором — для каждого механизма имеется своя индивидуальная силовая установка.

Прицепная и полуприцепная машины не имеют элементов силового оборудования для самостоятельного передвижения. Их перемещают с помощью тягача, к которому машину прицепляют (прицепная) или на который ее передняя часть опирается (полуприцепная).

Стационарная машина не имеет элементов ходового оборудования; от одного рабочего места к другому ее перевозят транспортные машины.

Машины, применяемые в коммунальном хозяйстве, должны обеспечивать необходимую производительность, перемещаться по дорогам с покрытием в любую погоду и в любое время года, иметь возможность работать в стесненных условиях, определяемых конструкцией зданий и внутриквартальных территорий, а также быть экологически безопасными. Все требования, предъявляемые к этим машинам, можно подразделить на конструктивные, технологические, эксплуатационные, экономические, патентно-правовые и социальные.

Конструктивные требования заключаются в том, что машина должна выполнять определенные функции при заданных условиях работы, отвечать всем показателям современных стандартов, быть на уровне лучших отечественных и зарубежных образцов, иметь высокую производительность, прочность и надежность в работе. На стадии конструирования закладываются и другие требования, предъявляемые к машинам (например, по технологии ее изготовления).

Технологические требования предусматривают простоту, удобство и низкую стоимость изготовления деталей, сборки сборочных единиц и машины в целом. Технологичность конструкции заключается в возможности использования прогрессивных технологий при ее изготовлении и сборке. Ремонтная технологичность (ремонтпригодность) машины предусматривает удобство замены узлов и агрегатов, унификацию и другие вопросы организации ремонта. Унификация замены узлов способствует широкому кооперированию производства и облегчает поставки запасных частей.

Эксплуатационные требования заключаются в том, что в процессе эксплуатации не должно быть затруднений при проведении технического обслуживания машины (смазывания, регулировки, заправки и др.) и монтажно-демонтажных работ при замене сборочных единиц, агрегатов и деталей. Машина должна отвечать своему назначению и иметь в производственных условиях запланированные показатели. При эксплуатации стро-

ительной техники необходимо также учитывать вопросы, связанные с охраной окружающей среды.

Экономические требования в основном состоят в снижении стоимости самой машины, ее эксплуатации и стоимости единицы вырабатываемой ею продукции, обеспечении ее экономической эффективности.

Патентно-правовые требования предусматривают патентные чистоту (оригинальные решения в конструкции машин) и защиту (заявки на изобретение и патенты) машин и являются важнейшими критериями для определения конкурентоспособности продукции как на внутреннем рынке, так и за рубежом.

Социальные требования заключаются в обеспечении безопасности труда при эксплуатации машины, благоприятных условий работы машиниста (водителя, оператора), удобства управления машиной и ее обслуживания, автоматизации процессов управления и контроля.

Решение задач по обеспечению безопасности машинистов тесно связано с выполнением эргономических требований к конструкциям машин. Эргономика (от греч. *ergon* — работа, *nomos* — закон) — это наука, занимающаяся проблемами взаимодействия человека с машиной и окружающей средой в трудовом процессе. Ее основная цель — создание для человека таких условий, при которых его труд был бы возможно производительнее и вместе с тем безопаснее для здоровья.

Современная машина должна удовлетворять требованиям санитарных норм по уровням шума, вибрации и загазованности рабочего места водителя; иметь удобное, мягкое и регулируемое сиденье, устройство безопасности при опрокидывании машины и возможных ударах, легкое механизированное или автоматизированное управление. Применение автоматизации управления и автоматических передач сокращает число операций на педалях и рукоятках управления, что снижает утомляемость машиниста.

Машина должна обеспечивать хороший обзор фронта работ с места водителя и достаточную освещенность в ночное время рабочих органов и объекта работы. Машинист должен видеть дорогу на расстоянии 3 м перед машиной, а угол обзора вперед должен составлять не менее 220°. Рабочее место должно быть оборудовано необходимыми контрольно-измерительными приборами, работомерами и другими устройствами. Кабина машины должна быть оснащена приточно-вытяжной вентиляцией с фильтрами для очистки воздуха от пыли, обогревом в холодное время года, защитой переднего, заднего и боковых стекол от пыли, грязи, дождя и снега, противосолнечными козырьками и огнетушителями, зеркалом заднего и бокового вида, термосом для воды, вещевым ящиком, индивидуальной аптечкой и вешалкой для одежды водителя. Машина, предназначенная для работы в условиях жаркого и тропического климата, должна иметь кабину, оборудованную кондиционером.

Кроме того, машина должна отвечать современным требованиям производственной эстетики — иметь красивые внешние формы, хорошую отделку и стойкую окраску.

Специфика производства работ в городских условиях предъявляет серьезные требования к таким характеристикам машин, как рабочие и транспортные скорости, маневренность, мобильность и устойчивость.

Маневренность — это способность машин работать, передвигаться и разворачиваться в стесненных условиях. Она определяется габаритными размерами машины и радиусами ее поворотов.

Мобильность — способность машины перемещаться с объекта на объект за определенное время. Мобильность машин оценивается не только скоростью передвижения и способностью быстро набирать расчетную скорость, но и временем, затрачиваемым на перевод машины из рабочего положения в транспортное и обратно.

Устойчивость — это способность машины противостоять действию сил, стремящихся ее опрокинуть. Чем ниже центр тяжести и больше опорная база машины, тем она устойчивее. При передвижении устойчивость машины определяется возможностью ее движения на подъемах, спусках и косогорах без опасности опрокидывания.

Все машины должны обладать высокой надежностью, а также иметь хорошую ремонтпригодность и сохраняемость.

Надежность — общее свойство машины, обусловленное ее безотказностью и долговечностью.

Безотказность — свойство машины непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки без вынужденных перерывов.

Долговечность — свойство машины сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Работоспособность — состояние машины, при котором она может нормально функционировать, сохраняя заданные параметры.

Отказ — нарушение работоспособности машины.

Ремонтпригодность — приспособленность машины к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей проведением технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость — свойство машины сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после срока хранения и транспортирования.

Унификация — рациональное сокращение числа деталей одинакового функционального назначения. Изделия унифицированного ряда отличаются друг от друга числовым значением главного параметра.

С понятием «унификация» тесно связано понятие «агрегатирование», т.е. метод компоновки машин из унифицированных изделий, полностью взаимосвязанных в пределах конструктивно-унифицированных рядов машин, семейств и систем машин. Отличительным признаком метода агрегатирования является создание не единичных машин, а целых семейств, имеющих общность по своему функциональному назначению в разных хозяйственных отраслях.

Современные тенденции развития машин, применяемых в коммунальном хозяйстве, охватывают все перечисленные выше требования.

1.2. Базовые машины

Большая часть машин, применяемых в коммунальном хозяйстве, представляет собой специализированное оборудование, смонтированное на базе грузовых автомобилей, тракторов, самоходных шасси или мотоблоков.

Грузовые автомобили по назначению делят на автомобили общего назначения, автомобили-самосвалы и специализированные.

По грузоподъемности автомобили классифицируют: малой грузоподъемности — 0,75...2 т; средней — 2,5...5, большой — 5...10, особо большой — свыше 10 т.

В зависимости от типа двигателя различают автомобили карбюраторные, дизельные и газотурбинные. Преимущественное распространение получили дизельные двигатели. Газотурбинные двигатели устанавливают на автомобилях особо большой грузоподъемности.

Главным параметром автомобиля, определяющим конструкцию его основных узлов, является нагрузка на ведущий мост. Для дорог с обычным и усовершенствованным покрытием допускаемая нагрузка на ось, соответственно, 60 и 100 кН.

Для обозначения грузовых автомобилей используют колесную формулу, состоящую из двух цифр: первая — количество колес, вторая — количество ведущих колес (двойные скаты считаются за одно колесо). Обычный грузовой автомобиль имеет формулу 4×2, трехосный с двумя ведущими осями — 6×4, трехосный с тремя ведущими — 6×6.

К автомобилям общего назначения относятся грузовые автомобили с кузовом в виде открытой платформы и бортами (рис. 1.1 а, 1.1 д), автомобили повышенной проходимости со всеми ведущими колесами (рис. 1.1 б, 1.1 е) и автомобили-тягачи (рис. 1.1 в), оборудованные прицепами, полуприцепами и роспусками. Автомобиль или тягач в сцепе с прицепом или полуприцепом называют автопоездом.

Грузовые бортовые автомобили общего назначения используют для транспортных перевозок штучных и насыпных грузов по дорогам с твердым покрытием и по усовершенствованным грунтовым дорогам. Вместе с одноосными прицепами бортовые автомобили можно применять для перевозки длинномерных грузов — труб, свай, бревен и т. д.

Взаимосвязь элементов машины, а также способность и последовательность передачи движения от двигателя к ходовой части, рабочим органам и другим механизмам изображают в виде кинематической схемы.

Кинематические схемы грузовых автомобилей общего назначения представлены на рис. 1.1 д (колесная формула 4×2) и на рис. 1.1 е (колесная формула 6×6).

Крутящий момент от двигателя 1 к ведущим колесам 8 (рис. 1.1 д) передается с помощью трансмиссии, которая включает в себя коробку передач 3, передающую измененный крутящий момент на карданный вал 4, главную передачу 5, увеличивающую крутящий момент, дифференциал 6, дающий возможность полуосям 7 ходовых колес вращаться с различной угловой скоростью при движении автомобиля по кривым и не-

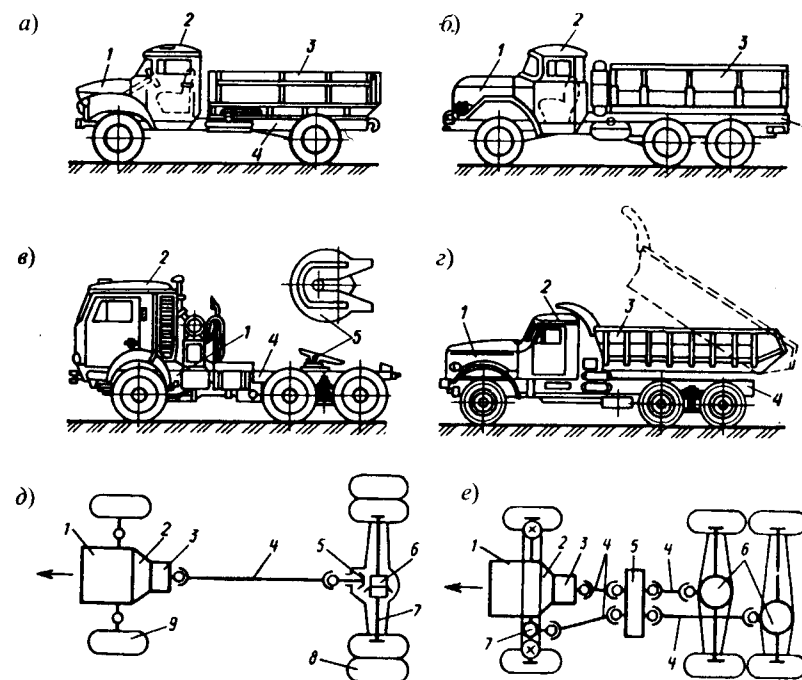


Рис. 1.1. Грузовые автомобили: а — с открытой платформой и бортами; б — повышенной проходимости; в — автотягач с седельным устройством; г — самосвал; д — кинематическая схема грузового автомобиля с колесной формулой 4×2; е — кинематическая схема грузового автомобиля с колесной формулой 6×6

ровным поверхностям. Плавное соединение работающего двигателя с трансмиссией и быстрое разъединение с ней осуществляется с помощью дисковой фрикционной муфты 2. Главная передача, дифференциал и полуоси, заключенные в общий кожух, образуют задний ведущий мост.

В коммунальных машинах, эксплуатируемых всесезонно и при любой погоде, в качестве базовых используются грузовые машины повышенной проходимости, которые имеют два (передний и задний) или три (передний и два задних) ведущих моста. В трансмиссии автомобиля с тремя ведущими мостами (рис. 1.1 е) движение на передний ведущий мост 7 и на два задних моста 6 передается от раздаточной коробки 5 с помощью карданных валов 4. Увеличение числа ведущих осей несколько усложняет конструкцию, повышает массу и стоимость автомобиля.

Ходовая часть представляет собой раму, на которой монтируются все агрегаты автомобиля, кабина, кузов, а с помощью рессор и амортизаторов подвешены оси с колесами. Рессоры обеспечивают упругую связь между осями и рамой, смягчая толчки, воспринимаемые осью от дороги. Амортизаторы гасят колебание рессор.

Механизмы управления автомобилем включают рулевое управление и тормозную систему. Рулевое управление служит для поворота управляемых колес 9 автомобиля (см. рис. 1.2 д) посредством поворота водителем рулевого колеса, расположенного в кабине. На тяжелых машинах в управлении применяют гидроусилители, снижающие необходимое усилие на рулевое колесо. Тормозная система служит для принудительного снижения скорости движения автомобиля и удержания его на месте на уклоне.

Отечественные бортовые автомобили имеют грузоподъемность 0,8...14,5 т при мощности двигателя 55...220 кВт.

Для увеличения грузоподъемности автомобилей и лучшего использования мощности двигателя применяют автомобильные тягачи седельного типа, работающие в сцепе с одно- и двухосными полуприцепами. Автомобильные тягачи седельного типа, создаваемые на основе стандартных шасси, не имеют кузова и их база укорочена. На раме тягача устанавливают опорно-сцепное устройство («седло»), на которое опирается передняя часть полуприцепа (рис. 1.1 в). Опорно-сцепное устройство 5 представляет собой круглую плиту с отверстием в середине, в которое входит сцепной шкворень полуприцепа. Седельные автотягачи способны работать с полуприцепами грузоподъемностью 4...25 т.

Повышение грузоподъемности путем использования полуприцепов увеличивает длину и значительно ухудшает маневренность автомобиля. Однако при хороших дорожных условиях и особенно при перевозке на большие расстояния использовать полуприцепы достаточно выгодно.

Большое распространение в городском хозяйстве получили *автомобили-самосвалы* (рис. 1.1 г), которые изготавливают главным образом на базе автомобилей общего назначения. Самосвалы используют для перевозки грунта, камня, бетона, строительного мусора и других материалов, не повреждающихся при разгрузке сбрасыванием.

Автомобиль-самосвал в большинстве случаев снабжен цельнометаллическим кузовом, имеющим в передней части козырек, защищающий кабину от повреждения при загрузке. Разгружается кузов чаще всего наклоном назад до 60°. Вместе с тем имеются конструкции самосвалов с боковой разгрузкой на обе стороны и с разгрузкой на три стороны (назад и на обе стороны).

Опрокидывается кузов самосвала обычно с помощью гидравлических цилиндров — простых или телескопических. В транспортное положение кузов опускается под действием собственного веса.

Специализированные автомобили, изготовленные на базе грузовых общего назначения, отличаются от них только устройством кузова, приспособлениями для размещения перевозимых материалов и оборудованием для выполнения определенных производственных операций. К специализированным относятся автомобили для перевозки железобетонных конструкций (панелевозы, плитовозы, блоковозы, балковозы, фермовозы, сантехкабино-возы), мелкоштучных и тарных грузов (контейнеровозы), жидких и полужидких веществ (топливовозы, битумовозы, бетоно- и растворовозы), порошкообразной продукции (цементовозы, известковозы), технологического оборудования и строительных машин (тяжеловозы).

Таблица 1.1. Технические характеристики грузовых автомобилей

Автомобиль	Колесная формула	Грузоподъемность, т	Мощность двигателя, кВт	Максимальная скорость, км/ч	Масса, т		
					конструктивная	приходящаяся	
						на переднюю ось	на заднюю ось
<i>Бортовые автомобили общего назначения</i>							
ГАЗ-52-04	4×2	2,5	55,2	70	2,52	1,56	3,61
ГАЗ-53А	4×2	4,0	84,6	80	3,25	1,81	5,59
ЗИЛ-130	4×2	6,0	110,4	90	4,3	2,63	7,9
ЗИЛ-133Г1	6×4	8,0	110,4	80	6,88	2,7	11,0
Урал-377Н	6×4	7,5	132,5	75	7,23	3,95	11,0
КамАЗ-5320	6×4	8,0	154,4	100	7,08	4,38	10,93
КамАЗ-53212	6×4	10,0	154,4	100	8,2	4,43	14,0
МАЗ-5335	4×2	8,0	132,5	85	6,73	4,95	10,0
МАЗ-516Б	6×2	14,5	176,5	85	9,05	4,7	18,0
КрАЗ-257Б1	6×4	12,0	176,5	70	10,29	4,6	18,0
<i>Бортовые автомобили повышенной проходимости</i>							
ГАЗ-66-10	4×4	2,0	84,6	90	3,47	2,73	3,07
ЗИЛ-131	6×6	5,0	110,4	80	6,46	3,06	7,13
Урал-375н	6×6	7,0	132,5	75	7,7	3,52	4,18
Урал-4320	6×6	5,0	154,4	85	8,02	4,35	9,08
КрАЗ-255Б	6×6	7,5	176,5	70	11,95	5,45	14,23
<i>Автомобили-самосвалы</i>							
ГАЗ-САЗ-53Б	4×2	3,5	84,6	85	3,75	1,8	5,6
ЗИЛ-ММЗ-555	4×2	5,25	110,4	90	4,57	2,92	7,13
КамАЗ-5511	6×4	10,0	154,4	80	9,0	4,47	14,68
МАЗ-5549	4×2	8,0	132,5	75	7,23	5,38	10,0
КрАЗ-256Б1	6×4	12,0	176,5	68	11,0	4,52	18,85

Основными достоинствами автомобильного транспорта являются большая скорость, маневренность и универсальность использования.

Технические характеристики отечественных грузовых автомобилей приведены в *таблице 1.1*.

Тракторы применяют как базовые средства прицепных, полуприцепных и навесных коммунальных машин. Они подразделяются на гусеничные и колесные, общего и промышленного назначения.

Гусеничные тракторы общего назначения рассчитаны главным образом на крюковую тягу при работе в сельском хозяйстве на повышенных скоростях движения (10...12 км/ч). Промышленные тракторы приспособлены для длительной работы с максимальным тяговым усилием в режиме малых скоростей, особенно необходимых для земляных работ (2,5...3,0 км/ч). Их рама и ходовая часть рассчитаны на тяжелое навесное оборудование. Эти тракторы обладают большей проходимостью.

Главный параметр, характеризующий тракторы, — максимальное тяговое усилие на крюке при номинальной мощности двигателя, по кото-

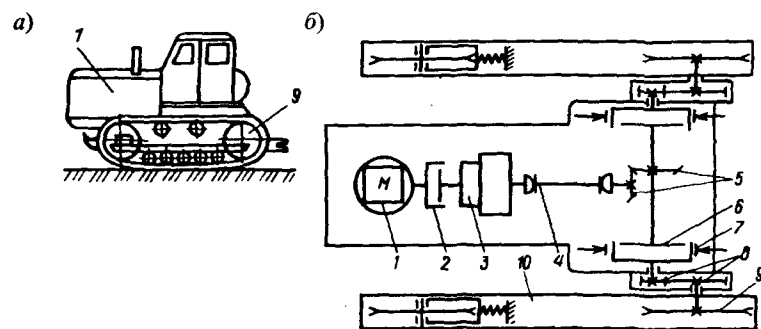


Рис. 1.2. Общий вид (а) и кинематическая схема гусеничного трактора с механической трансмиссией (б)

рому производится деление на классы: для гусеничных тракторов — 19,6; 29,5; 39,2; 59; 98; 147; 245; 343; 490 кН (2; 3; 4; 6; 10; 15; 25; 35; 50 тс); для колесных тракторов — 2; 5,9; 8,8; 13,7; 29,5; 49; 59 кН (0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 3; 5; 6 тс).

Тяговые показатели установлены, исходя из рабочих скоростей 2,5...3 км/ч для гусеничных тракторов и 3...3,5 км/ч — для колесных.

Каждый класс трактора выпускается в различных по назначению модификациях (с учетом установки на них бульдозерного и другого оборудования) с широкой унификацией узлов и механизмов.

Основные узлы гусеничных и пневмоколесных тракторов — рама, двигатель, трансмиссия (силовая передача), ходовая часть, система управления. Кроме того, тракторы комплектуют гидравлической системой для привода навесного или прицепного рабочего оборудования.

На тракторах устанавливают преимущественно дизельные двигатели. Трансмиссия служит для передачи крутящего момента от двигателя 1 к ведущим звездочкам 9 гусениц (гусеничный ход — рис. 1.2) или ведущим колесам 9 (пневмоколесный ход — рис. 1.3), плавного трогания и остановки трактора, для изменения его тягового усилия, скорости и направления движения, а также привода рабочего оборудования. Применяют механические, гидромеханические и электромеханические трансмиссии.

Основными частями механической трансмиссии гусеничного трактора (рис. 1.2 б) являются фрикционная дисковая муфта сцепления 2, коробка передач 3, соединительный вал 4, главная передача 5, бортовые фрикционы 6 с тормозами 7 и бортовые редукторы 8, соединенные с ведущими звездочками 9 гусениц 10. Муфта сцепления и коробка передач выполняют те же функции, что и одноименные узлы автомобиля. Главная передача и бортовые редукторы увеличивают крутящий момент, подводимый к ведущим звездочкам гусениц.

На поперечном валу трансмиссии между главной передачей и бортовыми редукторами установлены бортовые фрикционы 6, выполненные в виде многодисковых фрикционных муфт. Частичным или полным включе-

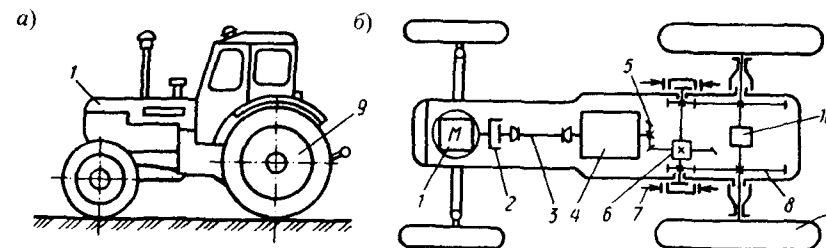


Рис. 1.3. Общий вид (а) и кинематическая схема (б) колесного трактора

нием одного из фрикционов снижают скорость движения соответствующей гусеницы 10, в результате чего происходит поворот трактора в сторону отстающей гусеницы. На наружных (ведомых) барабанах фрикционов установлены ленточные тормоза для торможения отключенной от трансмиссии гусеницы при крутом повороте трактора, а также для торможения обеих гусениц при движении трактора на уклонах и удержания его на месте.

Механизмы поворота и тормоза, а также устройства для управления двигателем, муфтой сцепления и коробкой передач представляют собой в совокупности систему управления трактором.

Механическая трансмиссия отличается простотой конструкции, высокой надежностью, относительно высоким КПД (0,82...0,86) и малой стоимостью. Однако ступенчатая регулировка крутящего момента требует частого переключения передач в процессе работы, что вызывает повышенную утомляемость машиниста и нерациональное использование мощности. Этот недостаток отсутствует в гидромеханических трансмиссиях, которые, несмотря на их высокую стоимость, получают все более широкое применение в тракторах большой мощности.

В гидравлической трансмиссии сцепление представляет собой гидротрансформатор, который обеспечивает автоматическое бесступенчатое изменение вращающего момента, а также скорости движения трактора в пределах каждой передачи коробки в зависимости от общего сопротивления движению трактора. Основные недостатки гидравлической трансмиссии — сложная и дорогая конструкция, меньший, чем у механической трансмиссии, КПД (подробнее см. раздел 1.4).

Гусеничные тракторы характеризуются малым удельным давлением на грунт (0,02...0,06 МПа), высокой проходимостью и большим тяговым усилием, но имеют невысокую скорость передвижения. Мощность их двигателей находится в диапазоне 50...600 кВт.

В коммунальном хозяйстве городов используются в основном тракторы на пневмоколесном ходу.

Пневмоколесные тракторы (рис. 1.3 а), по сравнению с гусеничными, имеют большую (до 40 км/ч) скорость передвижения, высокую мобильность и маневренность, в два раза меньшую металлоемкость и больший срок службы. Однако они уступают по силе тяги, а относительно

Таблица 1.2. Технические характеристики отечественных тракторов

Трактор	Колесная формула	Тяговый класс трактора, тс	Полая масса, кг	Мощность двигателя, кВт	Максимальная скорость, км/ч
<i>Гусеничные тракторы</i>					
T-70C	—	2,0	4400	51,5	11
ДТ-75М	—	3,0	6300	66,2	11
T-150	—	3,0	7200	110,4	15
T-4A	—	4,0	8250	95,79	10
T-130	—	10,0	14320	117,7	19
ДЭТ-250	—	25,0	25000	242,9	18
T-330	—	25,0	50500	368	18
T-500	—	35,0	40000	588	18
T-800	—	75,0	68000	588	18
<i>Колесные тракторы</i>					
T-25 A	4×2	0,6	1780	19,8	21
T-40 M	4×2	0,9	2380	36,8	30
T-40 AM	4×4	0,9	2610	36,8	30
MT3-80	4×2	1,4	3160	58,9	33
MT3-82	4×4	1,4	3370	58,9	33
T-150K	4×4	3,0	7900	121,4	30
K-701	4×4	5,0	13100	220,8	40

высокое удельное давление на грунт (0,2...0,4 МПа) снижает проходимость машин. Мощность устанавливаемых на пневмоколесных тракторах двигателей находится в пределах 20...220 кВт. В состав механической трансмиссии колесного трактора (рис. 1.3 б) входят фрикционная муфта сцепления 2, карданный вал 3, коробка перемены передач 4, главная передача 5, дифференциал 6, механизм блокировки дифференциала 10, тормоза 7 и конечные передачи 8, передающие вращение пневматическим колесам 9. Сцепление, коробка передач, главная передача, дифференциал и механизмы его блокировки имеют то же назначение, что и у автомобиля. Конечные передачи 8 предназначены для повышения крутящего момента, передаваемого от главной передачи 5 к ведущим колесам 9, и представляют собой цилиндрические зубчатые колеса.

Технические характеристики отечественных тракторов приведены в таблице 1.2.

По типу системы поворота различают тракторы с одной управляемой осью (рис. 1.4 а), бортовым поворотом (рис. 1.4 б) и с шарнирно-сочлененной рамой (рис. 1.4 в). Реже встречаются машины с двумя синхронно или автономно управляемыми осями (рис. 1.4 г).

Машина с бортовым поворотом осуществляет поворот так же, как гусеничные тракторы: торможением колес одной стороны борта или противоположным движением колес разных бортов. Эти машины имеют короткую базу, весьма компактны и маневренны — разворачиваются на месте. Однако они отличаются повышенным износом шин в результате

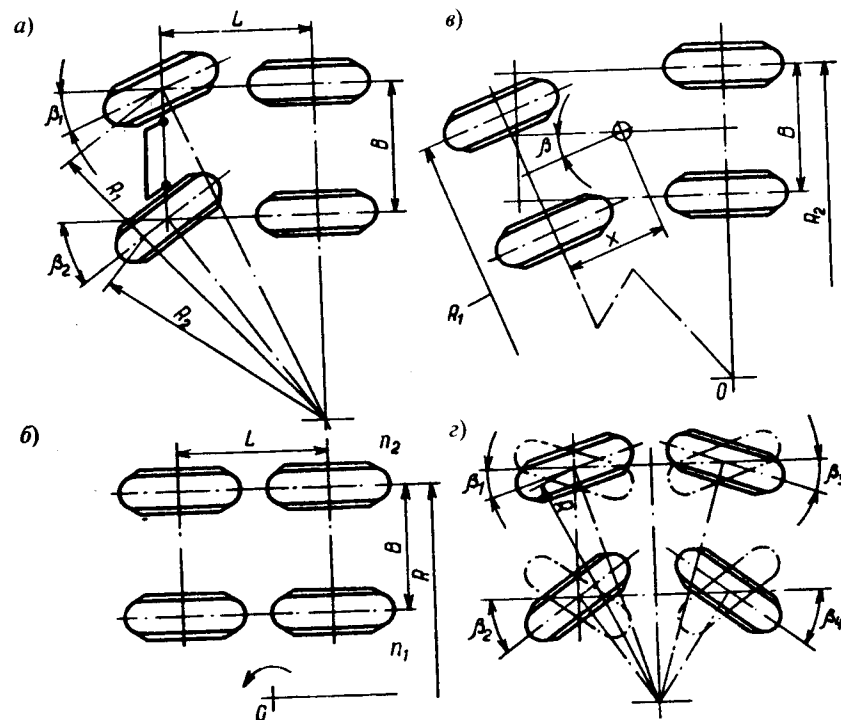


Рис. 1.4. Схемы поворота пневмоколесных тракторов

юза колес при повороте, а короткая база ограничивает транспортную скорость до 20 км/ч. Поэтому бортовой поворот применяют исключительно на малогабаритных машинах небольшой мощности, где нужна хорошая маневренность.

Хорошую маневренность имеют и тракторы, выполненные по схеме рис. 1.4 в, однако шарнирное сочленение рамы снижает устойчивость машины на поворотах.

Еще большей маневренностью обладают так называемые мотоблоки, которые появились как результат стремления минимизировать размеры двухосных тракторов для работы в стесненных условиях, например, на скверах и внутриквартальных территориях.

Существующий естественный предел размеров двухосного ездового трактора был обусловлен необходимостью посадки на трактор оператора.

Как только возможностями оператора, появилась конструктивная разработка мини-трактора (мотоблок).

На рис. 1.5 а показан один из вариантов такого мотоблока.

Мотоблок состоит из полурамы 10, двигателя 9, силовой передачи (трансмиссии) — 8, ходовой части 7, глушителя 5, топливного бака 4 и

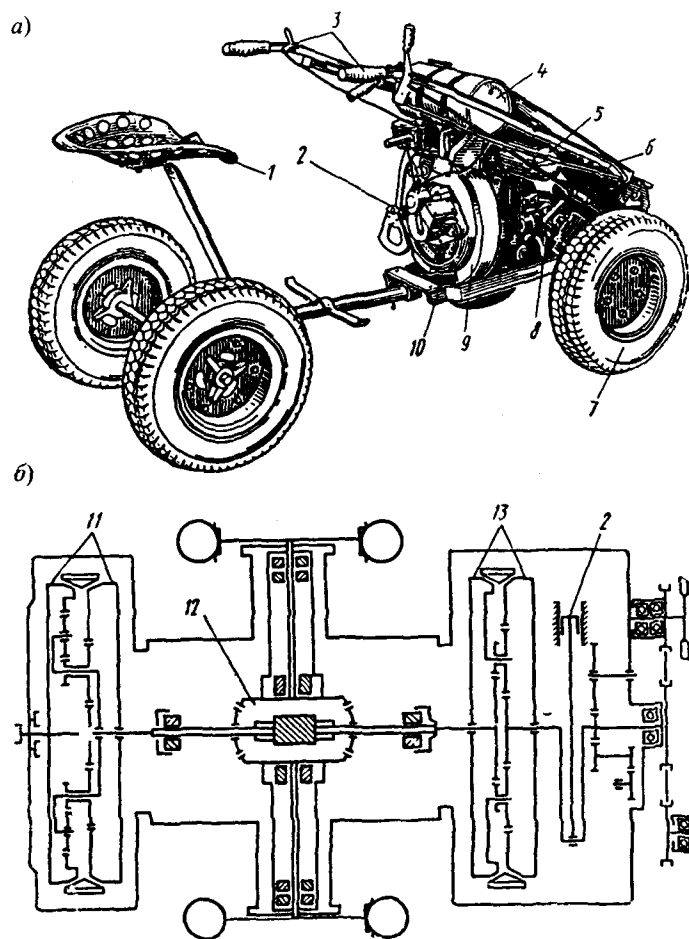


Рис. 1.5. Общий вид (а) и кинематическая схема (б) одноосного двухколесного трактора «Риона-2» с прицепным сиденьем

рычагов управления 3, системы механического запуска 2, прицепного сиденья 1.

Силовая передача мини-трактора (рис. 1.6, б) заключена в один общий картер и состоит из двухскоростного планетарного редуктора 13, двухсателлитного дифференциала 12 с коническими шестернями, главной передачи с шестизаходным червяком, планетарного реверса — редуктора 11 и зубчатой муфты включения вала отбора мощности.

Муфты сцепления в силовой передаче мотоблока нет.

Для снижения скорости движения при работе в тяжелых условиях к мотоблоку прилагаются два бортовых редуктора, устанавливаемых на ведущие колеса.

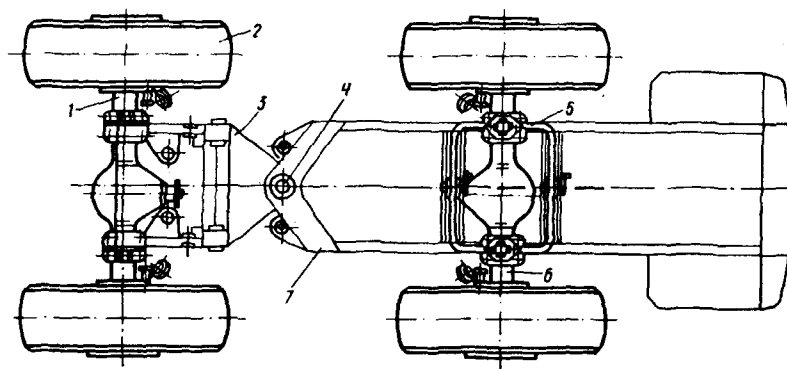


Рис. 1.6. Компоновка двухосного шасси с шарнирно-сочлененными поворотными полурамами

Двигатель мотоблока снабжен регулятором 6 частоты вращения коленчатого вала.

Номинальная мощность двигателей мотоблоков — 5...9 кВт. Скорость движения вперед — 0,84...4,5 м/с. Скорость движения назад — 0,49...3,54 м/с. Тяговое усилие на крюке — 1000...5500 н. Дорожный просвет 1000...290 мм. Масса мотоблока 175...380 кг.

Самоходные шасси специально приспособлены для работы с различными видами специального строительного и коммунального оборудования.

В самоходные шасси мощность их двигателя почти полностью расходуется на привод и управление рабочими органами машины и только незначительная часть — на тяговое (толкающее) усилие. На самоходных шасси монтируется оборудование погрузчиков, одноковшовых экскаваторов, кранов и др.

В настоящее время получили широкое распространение самоходные шасси с шарнирно-сочлененной рамой (рис. 1.6). В таких машинах обе полурамы (передняя 3 и задняя 7), к которым подвешены унифицированные ведущие неповоротные мосты 1 и 6 с колесами 2, соединены вертикальным шарниром 4, обеспечивающим взаимный поворот рам в горизонтальной плоскости на угол до 40°. Поворот полурам осуществляется с помощью двух гидроцилиндров двустороннего действия (см. рис. 1.4 в). Передний мост прикреплен неподвижно к передней полураме с помощью стремянок и болтов, а задний мост — к задней полураме на жесткой балансирной подвеске 5, обеспечивающей взаимное качание полурам в вертикальной плоскости до 12°, что необходимо при движении машины по неровной поверхности.

Типовая кинематическая схема самоходного пневмоколесного шасси показана на рис. 1.7. Ее основными частями являются двигатель 1, редуктор отбора мощности 2, гидротрансформатор 5 и коробка перемены передач 6.

Редуктор отбора мощности предназначен для привода основной трансмиссии, а также насосов 3 гидросистемы рулевого управления и

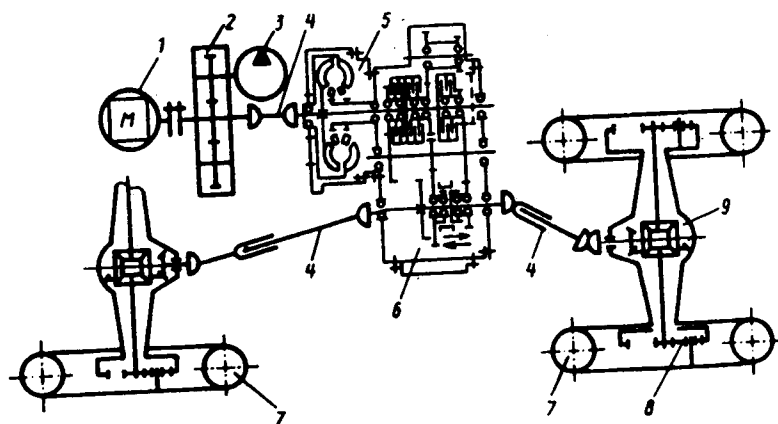


Рис. 1.7. Кинематическая схема пневмоколесного шасси

погрузочного оборудования. Кинематическая связь редуктора с гидротрансформатором и коробкой перемены передач осуществляется через карданный вал 4. Также с помощью карданных валов осуществляется передача крутящего момента от коробки передач на передний и задний ведущие мосты ходового оборудования. Ведущий мост 9 состоит из главной передачи с дифференциалом, полуосей и двух конечных передач 8 планетарного типа. На ступицах мостов монтируют колеса 7 с пневматическими шинами.

В сравнении с гусеничными тракторами самоходные шасси более просты по конструкции, имеют меньшую массу, более долговечны, дешевле в изготовлении и эксплуатации. В отличие от колесных тракторов основные виды рабочего оборудования на пневмоколесных шасси размещают фронтально — спереди, что определяет их основную компоновку. Двигатель, расположенный сзади, выполняет функцию контргруза, а распределение массы на переднюю и заднюю оси принимают одинаковой. Кабину размещают посередине, что обеспечивает хорошую видимость как спереди, так и сзади. Для получения хорошей маневренности самоходные шасси выполняют короткобазовыми, компактными, с минимальными углами переднего и заднего свесов, что обеспечивает им небольшой радиус поворота и значительные углы преодолеваемого подъема.

1.3. Силовое оборудование

В качестве основного силового оборудования в большей части коммунальных машин, требующих полной автономности от источника энергии, используют двигатели внутреннего сгорания (ДВС). В машинах, не требующих полной автономности от источника энергии, используют электродвигатели. Кроме ДВС и электродвигателей к силовому оборудова-

нию машин можно отнести комбинированные силовые установки: ДВС — электрогенератор — электродвигатели, обеспечивающие индивидуальный электропривод исполнительных механизмов от автономного источника энергии; ДВС (или электродвигатели) — гидронасосы, обеспечивающие гидропривод исполнительных механизмов; ДВС (или электродвигатель) — компрессорная установка, обеспечивающая пневмопривод механизмов.

В двигателях внутреннего сгорания топливо сжигается внутри рабочего цилиндра. Воспламенение рабочей смеси в цилиндре осуществляется от искры электрической свечи (карбюраторный двигатель) или от высокой температуры сжатого воздуха (дизель). У карбюраторных двигателей смесеобразование топлива и воздуха происходит вне рабочего цилиндра в специальном устройстве (карбюраторе), а у дизелей — внутри его [8].

Преимуществами дизелей в сравнении с карбюраторными двигателями являются меньший удельный расход топлива (на 30...35 %) и более высокий КПД (у дизелей 30...37 %, у карбюраторных двигателей 20...25 %). Недостатками дизельных двигателей являются их большая масса и сложность пуска в холодное время года.

По принципу осуществления газообмена ДВС разделяют на *четырёхтактные* и *двухтактные*. В четырёхтактном карбюраторном двигателе рабочий процесс осуществляется за четыре хода поршня в рабочем цилиндре: впуск горючей смеси, ее сжатие и воспламенение, рабочий ход, выпуск отработанных газов.

У двухтактного двигателя в первом такте заканчивается вытеснение отработанных газов, затем производится заполнение рабочего цилиндра свежим зарядом и его воспламенение. Во втором такте выполняется рабочий ход, а в его конце начинается вытеснение продуктов сгорания из цилиндра. По сравнению с четырёхтактными двигателями двухтактные имеют меньшие габариты. Однако у последних часть горючей смеси выходит вместе с отработанными газами, что неэкономично, поэтому карбюраторные двухтактные двигатели изготавливают малой мощности, когда абсолютный расход топлива невелик.

Общими недостатками ДВС являются применение коробки передач для изменения крутящего момента и реверсирования, большая чувствительность к перегрузкам, сравнительно малый срок службы и высокая стоимость эксплуатации. Кроме того, недостатком двигателей внутреннего сгорания является их внешняя характеристика (зависимость крутящего момента M_k от частоты вращения n), не в полной мере отвечающая требованиям работы коммунальных машин (на рис. 1.8 кривая 0—4').

Внешние характеристики двигателей представляют собой в большинстве случаев ломаные или кривые линии, имеющие характерную точку номинального режима, которая выражает расчетный момент $M_{кн}$ и частоту вращения n_n . Критерием оценки внешней характеристики является жесткость, которую определяют по формуле:

$$|\beta| = dM_k / dn. \quad (1.1)$$

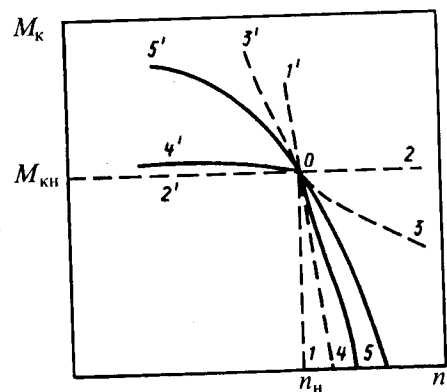


Рис. 1.8. Внешняя характеристика силового оборудования

Оптимальной характеристикой является такая, при которой в каждой точке обеспечивается постоянная мощность:

$$P = \Lambda M_k n = \text{const}, \quad (1.2)$$

где P — установленная мощность (кривая 3—3'); Λ — постоянный коэффициент.

Характеристики, для которых $\beta \rightarrow \infty$, называют абсолютно жесткими (кривая 1—1'), при $\beta = 40 \dots 10$ — жесткими (кривая 0—4), при $\beta \leq 10$ — мягкими (кривая 0—4'), при $\beta = 0$ — абсолютно мягкими (кривая 2—2').

В машинах, не требующих автономности от внешнего источника энергии, в качестве силового оборудования используют **электродвигатели переменного или постоянного тока** [8].

Наибольшее распространение получили общепромышленные асинхронные электродвигатели трехфазного тока, питающиеся от электросети напряжением 220...380 В с нормальной частотой 50 Гц. В зависимости от номинальной мощности общепромышленные асинхронные электродвигатели имеют либо короткозамкнутый ротор при мощности до 10 кВт, либо ротор с контактными кольцами (фазовый) при мощности до 150 кВт.

Общепромышленные асинхронные двигатели получили широкое распространение из-за простоты конструкции. Их используют в машинах с непрерывным режимом работы (например, на мусоросжигательных заводах это конвейеры, сортировки, питатели и т.п.). Такие электродвигатели допускают кратковременную перегрузку, просты в управлении, однако скорость их не регулируется, а при пуске создаются значительные пусковые моменты, что приводит к повышенным динамическим нагрузкам в механизмах.

Для привода машин с повторно-кратковременным режимом работы (например, грузоподъемные механизмы) применяют специальные крановые асинхронные электродвигатели трехфазного тока напряжением 220 и 380 В с короткозамкнутым ротором и с контактными кольцами, которые

обладают значительной перегрузочной способностью. Эти электродвигатели удовлетворительно работают при частых пусках и торможениях и допускают регулировку угловой скорости.

Для электрического вращательного инструмента применяют специальные двигатели трехфазного тока повышенной частоты. Эти двигатели при одинаковых габаритах имеют более высокую частоту вращения, а следовательно, и большую мощность, чем двигатели, работающие на общепромышленной частоте. Для питания таких двигателей нужны специальные генераторы повышенной частоты. Кроме того, в легком электрифицированном инструменте применяют универсальные коллекторные двигатели, работающие как на однофазном переменном, так и на постоянном токе.

Электропривод постоянного тока (рис. 1.8, кривая 5—5') применяют при регулировании в широком диапазоне частот вращения, а также при плавном регулировании скорости. Однако эти двигатели имеют большую удельную массу по сравнению с асинхронными двигателями и могут работать либо от специального генератора постоянного тока, либо от тиристорных преобразователей.

Электрические двигатели обладают рядом существенных достоинств: значительной перегрузочной способностью, высокой экономичностью, независимостью от температурных условий, постоянной готовностью к работе. Их недостаток — это обязательное наличие питающей сети.

Из числа комбинированных силовых установок наибольшее распространение в последние десятилетия получили установки, состоящие из ДВС и гидронасосов для машин малой и средней мощности, требующих полной автономности, и из электродвигателей и гидронасосов — для машин средней мощности, не требующих полной автономности от источника питания.

В коммунальных машинах в гидроприводах применяют насосы объемного действия, которые по способу подачи (вытеснения) жидкости делят на шестеренчатые, лопастные (пластинчатые), аксиально-поршневые и радиально-поршневые.

Шестеренчатый насос (рис. 1.9 а) состоит из корпуса 3 и двух шестерен 1 и 2, ширина и диаметр которых одинаковы. Одна из шестерен (приводная) получает вращение от двигателя, а вторая вращается на оси свободно. При вращении шестерен жидкость, находящаяся между зубьями, переносится вдоль стенок корпуса из полости всасывания А в напорную полость Б. В напорной полости жидкость из впадин вытесняется зубьями смежной шестерни и порциями поступает в напорную линию. Для снижения потерь головки зубьев шестерен притираются к цилиндрической расточке корпуса с минимальным зазором.

Шестеренчатые насосы имеют постоянную подачу жидкости и работают в основном в диапазоне частот вращения 500...2500 мин⁻¹.

Давление, развиваемое насосом, достигает 14...15 МПа, а мощность — 50 кВт. В зависимости от давления и вязкости жидкости, а также частоты вращения шестерен КПД насосов составляет 0,65...0,85.

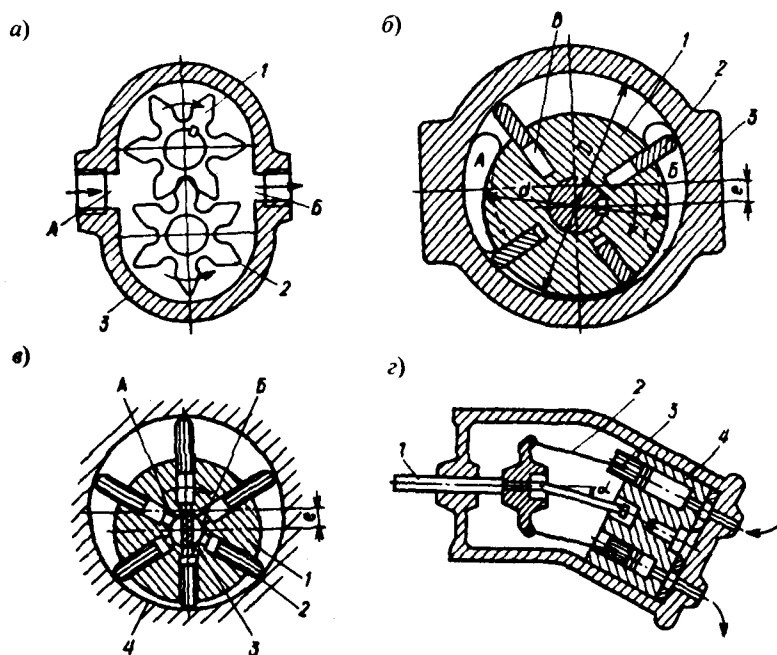


Рис. 1.9. Схемы гидравлических насосов

Лопастной (пластинчатый) насос (рис. 1.9 б) состоит из ротора 1, в радиальные пазы которого установлены пластины 2. Ось вращения ротора располагается с эксцентриситетом относительно цилиндрической расточки корпуса 3. Ротор получает вращение от двигателя. При вращении ротора пластины под действием центробежной силы выходят из пазов и прижимаются к внутренней поверхности корпуса. Усилие прижатия можно увеличить путем установки под пластину пружины или подачи в полость В давления. В зоне всасывания объем между пластинами заполняется жидкостью, которая поступает под действием атмосферного давления из бака через окно А, расположенное в боковой стенке насоса. При уменьшении объема между пластинами жидкость из него выталкивается в напорную линию через окно Б. Пластинчатые насосы развивают давление до 16...25 МПа при КПД 0,8...0,85.

Радиально-поршневой насос (рис. 1.9 в) состоит из ротора 1 с цилиндрическими отверстиями, в которых поршни 2 совершают возвратно-поступательные движения. Внутри ротора 1 имеется распределитель жидкости 3 с напорным А и всасывающим Б отверстиями. Ротор 1 устанавливается в статоре 4 с некоторым эксцентриситетом. За один оборот ротора насоса каждый поршень совершит два хода: первый — от центра всасывания через отверстие Б распределителя 3, второй — к центру нагнетания через отверстие А распределителя 3. Пульсация потока зависит

от количества поршней в ряду: чем их больше, тем равномернее работает насос. Обычно в роторе устанавливаются семь или девять поршней. Радиально-поршневые насосы развивают рабочее давление до 25 МПа и обеспечивают подачу 5...500 л/мин при частоте вращения ротора 1500...6000 мин⁻¹.

В аксиально-поршневом насосе (рис. 1.9 г) одновременно с валом 1 вращается блок цилиндров 4, расположенный под углом к оси вала. В результате этого поршни 3 поочередно выдвигаются из цилиндров или вдираются в них (длина шатуна 2 не изменяется). При выдвигении поршня из цилиндра происходит засасывание рабочей жидкости из гидробака, а при погружении в цилиндр — нагнетание в напорную магистраль. Угол наклона α качающегося блока определяет ход поршней и подачу насоса.

Современные аксиально-поршневые насосы развивают давление до 40...50 МПа и имеют подачу до 1 000 л/мин при частоте вращения вала 1 000...3 000 мин⁻¹; КПД насосов составляет 0,85...0,95.

Существуют *нерегулируемые* (постоянной подачи) насосы, у которых угол α постоянен, и *регулируемые* (переменной подачи) насосы, у которых угол α можно плавно изменять в процессе работы.

Первые, наиболее простые, применяют обычно в приводах небольшой мощности. Насосы с объемным регулированием, более сложные и дорогие, которые обеспечивают высокий КПД, применяют для приводов более мощных и сложных машин. Диапазон объемного регулирования скоростей у таких насосов обычно колеблется в пределах 1,5...3.

Лопастные, аксиально-поршневые и радиально-поршневые насосы могут быть использованы и как гидромоторы. В этом случае в их напорные магистрали от насоса нагнетается рабочая жидкость, и ее давление на поршни или пластины преобразуется во вращение приводного вала. Отработанная жидкость отводится от гидромотора по сливному трубопроводу. Таким образом, если насосы преобразуют механическую энергию привода в энергию потока рабочей жидкости, то гидромоторы преобразуют энергию потока рабочей жидкости в механическую, вращая приводные валы механизмов.

Компрессорные установки состоят из приводного ДВС или электродвигателя, компрессора и системы воздухоподготовки. Их используют для привода пневмодвигателей механизированного инструмента, а также в системах управления машинами.

Компрессорные установки могут быть переносными, прицепными и самоходными. Применяемые в них компрессоры подразделяют на объемные (поршневые и ротационные), центробежные и винтовые.

Наибольшее применение в городском хозяйстве получили поршневые компрессоры, которые бывают с одно- и многоступенчатым сжатием. При производительности до 1 м³/мин поршневые компрессоры изготавливают с одноступенчатым сжатием, а при более высокой производительности — чаще всего с двухступенчатым сжатием.

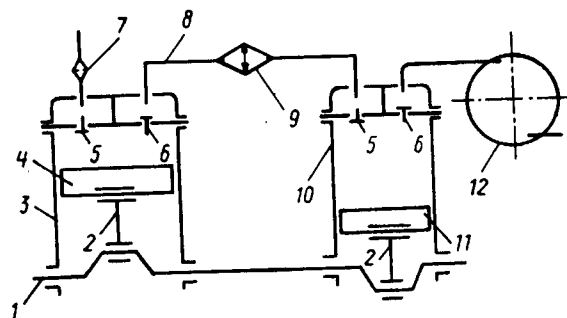


Рис. 1.10. Поршневой компрессор

В поршневых двухступенчатых компрессорах (рис. 1.10) коленчатый вал 1 получает вращение от первичного двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя. Вращение от коленчатого вала при помощи шатунов 2 преобразуется в возвратно-поступательное движение поршня 4 в цилиндре 3 и поршня 11 в цилиндре 10. На крышках цилиндров установлены подпружиненные автоматически действующие всасывающие 5 и нагнетательные 6 клапаны.

При движении поршня 4 вниз создается разрежение и атмосферный воздух через фильтр 7 и открытый впускной клапан 5 всасывается в цилиндр. При движении поршня вверх клапан 5 автоматически закрывается и воздух в цилиндре сжимается. Затем через выпускной клапан 6, открывающийся при определенном давлении, сжатый воздух поступает в воздуховод 8. В двухступенчатом компрессоре воздух последовательно сжимается в двух цилиндрах. При этом после сжатия в первой ступени до 0,2...0,25 МПа (цилиндр низкого давления 3) воздух сначала поступает по воздуховоду 8 в холодильник 9 (водяной или воздушный) и только потом в цилиндр второй ступени (цилиндр высокого давления 10). Затем сжатый до 0,4...0,8 МПа воздух направляется в воздушный сборник 12.

Воздушный сборник предназначен для создания запаса сжатого воздуха с целью равномерной подачи его потребителю без пульсаций, вызываемых работой компрессора. Одновременно в воздушном сборнике происходит охлаждение и очистка воздуха от воды и масла. Производительность передвижных компрессорных установок поршневого действия достигает 20 м³/мин.

В ротационных компрессорах воздух сжимается при уменьшении объема рабочих полостей, заключенных между лопатками вращающегося ротора и корпусом компрессора. Принцип работы этих компрессоров аналогичен работе лопастных гидронасосов. Ротационные компрессоры имеют малые габариты и обеспечивают подачу воздуха равномерным потоком. Недостатком таких компрессоров является интенсивный износ лопаток и сложность ремонта, что препятствует их широкому распространению. Промышленностью выпускаются ротационные компрессоры производительностью до 10 м³/мин с давлением до 0,8 МПа.

1.4. Трансмиссии

Трансмиссией называют систему, кинематически связывающую отдельные узлы машины, при помощи которой обеспечивается передача движения от силового оборудования к рабочим органам и другим исполнительным механизмам.

Трансмиссии не только передают движение, но и изменяют по величине и направлению скорости, крутящие моменты и усилие. Трансмиссии бывают механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные. В машинах, применяемых в городском хозяйстве, наибольшее распространение получили механические, гидравлические и комбинированные трансмиссии.

Основными показателями эффективности работы трансмиссий является их КПД и реализуемое передаточное число. К важным показателям трансмиссии относится также степень прозрачности, под которой понимают ее способность передавать колебание внешней нагрузки силовой установке.

Механические трансмиссии подразделяют на редукторные и канатные. Первые представляют собой механические передачи (зубчатые, червячные, цепные, ременные и др.) в сочетании с муфтами, тормозами и другими элементами, обеспечивающими передачу движения. Составными частями вторых являются лебедки и канатные полиспасты с направляющими блоками [8].

В каждой передаче элемент, передающий мощность, называют ведущим, а воспринимающий ее — ведомым. Чаще всего частоты вращения ведущего n_1 и ведомого n_2 элементов различны; их отношение называют передаточным числом:

$$i = n_1 / n_2. \quad (1.3)$$

Передачи бывают понижающие (редукторы), у которых $i > 1$ и $n_1 > n_2$ и повышающие (мультипликаторы), у которых $i < 1$ и $n_1 < n_2$. Понижающие передачи получили большее применение, так как частота вращения силового оборудования, как правило, превышает частоту вращения исполнительного механизма.

Потери мощности на преодоление вредных сопротивлений от ведущего элемента к ведомому определяются КПД передачи:

$$\eta = P_1 / P_2, \quad (1.4)$$

где P_1 — мощность на ведущем элементе; P_2 — мощность на ведомом элементе.

Мощность P (кВт) может быть выражена через окружное усилие F_0 (Н) элемента передачи и его окружную скорость v (м/с):

$$P = F_0 v / 10^3. \quad (1.5)$$

Крутящий момент M_K (Н·м) можно записать через мощность P (кВт) и частоту вращения n (с⁻¹):

$$M_K = 159 P/n. \quad (1.6)$$

Крутящие моменты на ведущем M_{K1} и ведомом M_{K2} валах передачи определяются соотношением:

$$M_{K2} = M_{K1} i \eta. \quad (1.7)$$

В последние годы в приводе машин все большее распространение находят планетарные зубчатые передачи, обеспечивающие меньшие размеры, массу и больший КПД по сравнению с обычными зубчатыми передачами. Однако следует отметить, что планетарные зубчатые передачи требуют более высокой точности при их изготовлении, а поэтому являются более дорогими.

Большое значение в механических трансмиссиях имеют обычно фрикционные муфты, приводящие в движение те или иные исполнительные механизмы или служащие в качестве предохранительных устройств для снижения динамических нагрузок, встречающихся при стопорении рабочих органов.

Опыт эксплуатации коммунальных машин и оборудования показывает, что наиболее приемлемыми фрикционными предохранительными муфтами могут являться дисковые и колодочные пневмокамерные муфты, которые при правильном их проектировании способны наиболее стабильно ограничивать крутящий момент, а при использовании их в качестве приводных наряду с пневматическим управлением могут обеспечивать необходимую плавность включения механизмов, устраняющую динамические нагрузки.

Основными положительными качествами механических трансмиссий являются относительная простота конструкций, сравнительно небольшая масса и стоимость, а также надежность в работе. К недостаткам относятся значительная потеря энергии в муфтах и тормозах, зубчатых и других передачах, ступенчатое изменение скоростей и моментов, затруднительность автоматизации управления рабочим процессом машины.

Гидравлические трансмиссии. В последние годы механические трансмиссии все активнее заменяются гидравлическими благодаря целому ряду преимуществ: высокий КПД, компактность, надежность в работе, возможность бесступенчато получать большие передаточные числа и работать при больших усилиях, большой диапазон (с одновременным сохранением точности) регулирования исполнительными механизмами, предохранение двигателя и механизмов от перегрузок, удобство размещения отдельных узлов гидропривода на машине и возможность передачи энергии в пределах машины, а также простота управления и возможность автоматизации.

Характерная особенность гидравлических трансмиссий — отсутствие жесткой связи между ведущими и ведомыми частями передачи. В этих трансмиссиях рабочим элементом, передающим энергию от ведущего звена к ведомому, будет рабочая жидкость, которая, кроме того, является

смазывающей и антикоррозийной средой и выполняет еще ряд важных функций, определяющих технико-экономические и эксплуатационные показатели трансмиссии. В качестве рабочих жидкостей применяют масла на минеральной основе с определенной вязкостью, в которые добавляют противоизносные, антиокислительные, антипенные присадки, улучшающие их эксплуатационные свойства.

Например, гидравлическое масло ВМГЗ предназначено для эксплуатации на всей территории СНГ; гидравлическое масло МГ-30 может быть использовано в качестве летнего сорта в районах с умеренным климатом. При отсутствии основных сортов рабочих жидкостей допускается применение заменителей — веретенного масла А или индустриального масла И-30А.

По принципу действия гидравлические трансмиссии подразделяют на гидростатические (объемные) и гидродинамические. В гидростатических трансмиссиях давление рабочей жидкости (от насоса) преобразуется в возвратно-поступательное движение с помощью гидроцилиндров или во вращательное — с помощью гидромоторов.

В гидродинамических трансмиссиях энергия приводного двигателя передается ведомому валу в результате изменения момента количества движения на рабочих колесах гидротрансформатора, т.е. в основном за счет кинетической энергии потока рабочей жидкости.

По циркуляции рабочей жидкости гидростатические трансмиссии выполняют как с разомкнутым, так и с замкнутым потоком, с насосами постоянной и переменной подачи (нерегулируемыми и регулируемыми). В разомкнутом потоке рабочая жидкость от гидродвигателя поступает в бак, в котором давление соответствует атмосферному. В гидроприводе с замкнутым потоком рабочая жидкость от гидродвигателя возвращается во всасывающую гидролинию насоса. Компенсация неизбежно возникающих объемных потерь в гидроприводах с замкнутым потоком достигается в результате статического напора от подпиточного бачка или дополнительного насоса, включенного в гидросистему.

Гидростатическая трансмиссия (рис. 1.11) состоит из энергетической, исполнительной и распределительной частей. Энергетическая часть предназначена для подачи жидкости, содержащейся в баке 1 под требуемым давлением в напорную гидролинию 5 с помощью насоса 2 (ведущее звено).

Насос приводится в действие от силовой установки 3 базовой машины. Исполнительная часть состоит из агрегатов, преобразующих энергию жидкости в механическую. Это могут быть гидроцилиндры 10 или гидромоторы, представляющие собой ведомое звено. Распределительная часть обеспечивает распределение и регулирование потока жидкости по величине давления и направлению. В нее входят распределитель 9, дроссель 4, предохранительный 7, обратный 8 и редукционный 13 клапаны, фильтр 11, манометры 6, вентили 14 и др. Отработанная жидкость возвращается в маслобак по сливной гидролинии 12.

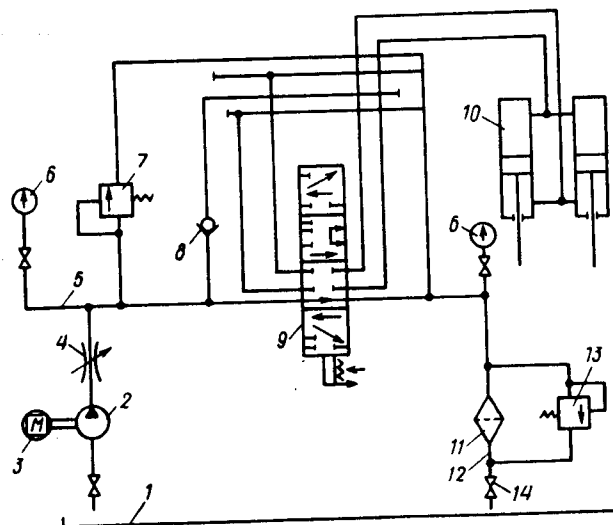


Рис. 1.11. Схема гидростатической объемной трансмиссии

Используемые в машинах природообустройства и защиты окружающей среды гидроцилиндры имеют внутренний диаметр цилиндра 40...250 мм и развивают давление (номинальное и максимальное) 16...20; 25...32 и 32...40 МПа. По существу, силовые гидроцилиндры можно рассматривать как гидродвигатели с возвратно-поступательным движением штока. Усилие на штоке гидроцилиндра (Па):

$$N_{ш} = \rho S_n \eta_m, \quad (1.8)$$

где ρ — давление жидкости в цилиндре, Па; S_n — рабочая площадь поршня, мм²; η_m — механический КПД, ($\eta_m = 0,97$).

Скорость перемещения штока:

$$v_{ш} = Q_n / S_n, \quad (1.9)$$

где Q_n — подача насоса.

Гидрораспределители предназначены для управления исполнительными механизмами гидросистем машин путем направления или перекрытия потока жидкости, поступающей от гидронасосов.

По конструктивному исполнению гидрораспределители подразделяют на золотниковые, клапанные и крановые. В золотниковых распределителях потоком жидкости управляют с помощью возвратно-поступательного перемещения золотников, в клапанных — открытием и закрытием специальных клапанов, а в крановых — поворотом пробки.

В зависимости от количества подведенных каналов (напорного, сливного, рабочих) распределители разделяют на двух-, трех- и четырехходовые, а по количеству фиксируемых положений — на двух-, трех- и четырехпозиционные.

Управление гидрораспределителями может осуществляться вручную с помощью рукояток или с помощью электро- и гидропривода, позволяющего снизить усилие на рукоятках управления и повысить точность выполнения операции.

На рис. 1.11 показан четырехпозиционный распределитель 9, который управляет двумя спаренными гидроцилиндрами 10. Использование такого распределителя обеспечивает возможность перемещения исполнительного органа в двух направлениях, а также свободное плавающее перемещение.

Обратные клапаны пропускают жидкость в трубопроводах только в одном направлении. По конструкции их делят на неуправляемые и управляемые. Управляемые обратные клапаны, позволяющие запирают систему, а при необходимости пропускать жидкость в обоих направлениях, называют гидрозамками. Гидрозамки устанавливают, в частности, между гидромотором и гидрораспределителем для надежной фиксации положения рабочего органа.

Предохранительные клапаны служат для снижения или прекращения подачи жидкости в напорную гидролинию и срабатывают при давлении, превышающем номинальное на 10...15 %.

Редукционный клапан применяют в тех случаях, когда необходимо в нагнетательной ветви трубопровода поддерживать постоянное давление независимо от развиваемого насосом давления.

Дроссели предназначены для регулирования скорости перемещения рабочих органов путем изменения количества пропускаемой рабочей жидкости. Для этого на пути движения жидкости ставится сопротивление, которое изменяет сечение проходного отверстия и обеспечивает тем самым изменение расхода жидкости. Дроссели подразделяют на управляемые (проходное сечение дросселя в процессе работы может быть увеличено или уменьшено) и неуправляемые (при работе проходное сечение дросселя остается постоянным).

Для очистки рабочей жидкости от загрязнений все гидросистемы снабжают фильтрами. Фильтры характеризуются номинальной пропускной способностью (л/мин) и номинальной тонкостью фильтрации. Фильтр состоит из корпуса и фильтрующего элемента (бумага, картон, нетканое полотно). Для предупреждения повреждения в случае загрязнения фильтрующего элемента фильтр снабжают предохранительным клапаном.

В гидравлических трансмиссиях жесткие трубопроводы изготавливают из стальных цельнотянутых труб. Наиболее распространены трубопроводы номинальных внутренних диаметров 16, 20, 25 и 32 мм на номинальное давление 16...32 МПа. Для включения и отключения отдельных участков трубопроводов используют вентили. Давление в сети контролируется манометрами.

Гидродинамическая трансмиссия включают в себя гидромолоты или гидротрансформаторы.

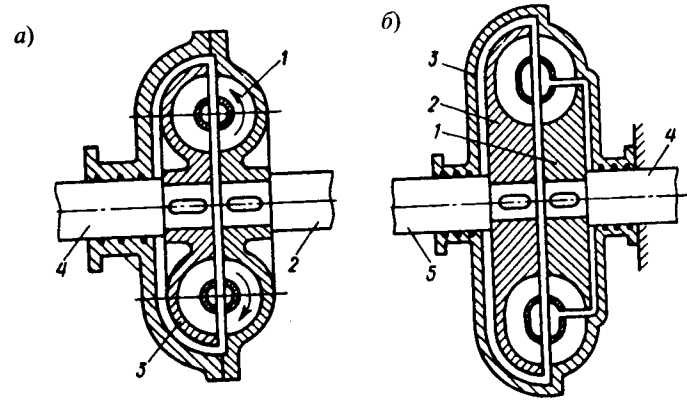


Рис. 1.12. Гидродинамические передачи

Гидромуфты (рис. 1.12 а) применяют для передачи мощности с ведущего на ведомый вал трансмиссии без изменения крутящего момента. Они состоят из двух основных элементов: насосного колеса 1, установленного на валу 2, соединенном с валом двигателя, и турбинного колеса 3, установленного на валу 4, соединенном с трансмиссией. Оба вала гидромуфты механически не связаны между собой. Зазор между колесами в зависимости от размеров рабочих колес составляет от 3 до 12 мм. Оба колеса образуют камеру, заполненную маловязким маслом. Лопатки насосного колеса при вращении отбрасывают жидкость к периферии, сообщая ей кинетическую энергию. Попадая в турбинное колесо, жидкость передает ему полученную энергию и заставляет вращаться в ту же сторону. Максимальное значение КПД гидромуфт составляет 0,95...0,98.

Трансмиссии с гидромуфтами позволяют запускать и останавливать двигатель под нагрузкой и защищают двигатель от перегрузки. Недостатки гидромуфт — потеря мощности в связи с нагреванием жидкости, заполняющей муфту, а следовательно, снижение КПД системы; невозможность изменения передаваемого крутящего момента двигателя в зависимости от нагрузки.

Способностью автоматического бесступенчатого повышения крутящего момента в зависимости от внешнего сопротивления обладают гидротрансформаторы.

Гидротрансформатор (рис. 1.12 б) состоит из трех рабочих колес: насосного 1, турбинного 2 и неподвижного направляющего 3 (реакторного). Турбинное колесо крепится к ведомому валу 5, насосное — к валу двигателя 4, направляющее — к неподвижному картеру. В отличие от радиальных лопаток гидромуфт лопатки рабочих колес гидротрансформатора имеют изогнутую форму.

При работе гидротрансформатора масло захватывается лопатками вращающегося насосного колеса 1, отбрасывается центробежной силой к наружной окружности и попадает на лопатки турбинного колеса 2. Бла-

годаря создаваемому при этом напору турбинное колесо приводится в движение вместе с ведомым валом 5. Затем жидкость поступает на лопатки неподвижного закрепленного реакторного колеса 3, изменяющего направление потока жидкости, и опять поступает в насосное колесо, непрерывно циркулируя по замкнутому кругу внутренней полости рабочих колес и участвуя в общем вращении с колесами.

Лопатки неподвижного реакторного колеса изменяют направление проходящего через него потока жидкости. На лопатках реактора возникает усилие, вызывающее появление реактивного момента. Таким образом, реактор дает возможность получать на валу турбинного колеса крутящий момент, отличающийся от момента, передаваемого двигателем. Чем медленнее вращается турбинное колесо по сравнению с насосным колесом (например, при возрастании приложенной к валу турбинного колеса внешней нагрузки), тем значительно лопатки реактора изменяют направление проходящего через него потока жидкости и тем больше дополнительный момент передается от реактора турбинному колесу, вследствие чего увеличивается крутящий момент на его валу. Эффект саморегулирования гидротрансформатора улучшает работу двигателя внутреннего сгорания и всей трансмиссии.

Коэффициент полезного действия гидротрансформатора:

$$\eta = P_T / P_H = M_T n_T / (M_H n_H) = K i, \quad (1.10)$$

где P_T — мощность, снимаемая с гидротрансформатора; P_H — мощность, подводимая к гидротрансформатору; M_H и M_T — моменты, передаваемые валами насосного и турбинного колес; n_H и n_T — частота вращения соответственно насосного и турбинного колес; K — коэффициент трансформации ($K = 2,5...3,5$).

$$K = M_T / M_H, \quad (1.11)$$

i — передаточное число гидротрансформатора,

$$i = n_T / n_H. \quad (1.12)$$

Недостатками гидротрансформатора являются сравнительно низкий КПД ($\eta_{\max} = 0,90...0,92$), необходимость охлаждения рабочей жидкости и высокая стоимость.

1.5. Ходовое оборудование

Ходовое оборудование машин состоит из движителей, механизма передвижения и опорных рам, основными задачами которых являются передвижение машин на рабочих и транспортных скоростях, передача на опорную поверхность нагрузки от силы тяжести машины и внешних воздействий, а также обеспечение устойчивости машины.

По типу движителей ходовое оборудование различают: гусеничное, пневмоколесное, жесткое колесное (рельсовое и безрельсовое), на воздушной подушке. Привод движителей обеспечивает механизм передвижения.

Самоходные машины, используемые в коммунальном хозяйстве, имеют чаще всего пневмоколесное ходовое оборудование.

Основными показателями, характеризующими ходовое оборудование, являются мобильность, маневренность (см. пункт 1.1) и проходимость.

Проходимость зависит от типа и состояния движителя, удельного давления на поверхность качения, дорожного просвета (клиренса), а у машин на колесном ходу еще от количества и расположения колес и их диаметра.

Клиренс — это расстояние от поверхности дороги до наиболее низкой точки ходового оборудования. Следует иметь в виду, что у некоторых машин рабочее оборудование уменьшает клиренс по сравнению с базовой машиной. В связи с этим, например, для уборочных машин рассматриваются две величины клиренса: 1) расстояние до жестких деталей 300 мм; 2) расстояние до эластичных деталей (резиновый фартук, ворс щетки и т.п.) не превышающее 100 мм.

Под удельным давлением машины понимают отношение нагрузки, приходящейся на движитель, к площади опорной поверхности. У колесных машин с пневматическими шинами давление на грунт определяют с учетом давления воздуха в шине p (МПа) и ее жесткости $k \approx 1,2 \dots 1,25$:

$$q_k = kp. \quad (1.13)$$

Пневмоколесный ход преобразует вращающий момент в силу тяги машины в результате взаимодействия шины с поверхностью качения.

Пневмоколесное оборудование чаще выполняется обычно двухосным с одной или двумя ведущими осями. Более тяжелые машины выполняются трехосными или многоосными с двумя или несколькими ведущими осями.

Различают шины камерные и бескамерные. Составными частями камерной шины (рис. 1.13 а) являются покрышка 1, служащая прочной и эластичной оболочкой, камера 2, накачиваемая воздухом через вентиль 4, и ободная лента 3, предохраняющая камеру со стороны обода.

Рисунки протектора (беговой части шины) разнообразны (рис. 1.13 г) и выбираются в зависимости от условий работы.

Наибольшее применение в коммунальных машинах получили шины с рисунком протектора I, т.к. являются универсальными и могут использоваться в различных дорожных условиях; шины с рисунком протектора II предназначены для случая, когда возможно буксование; шины, показанные на рисунках III и IV, предназначены для машин, которые могут передвигаться по бездорожью.

В зависимости от дорожных условий используют шины высокого 0,5...0,7 МПа, среднего 0,3...0,4, низкого 0,15...0,25 и сверхнизкого 0,05...0,08 МПа давления. Последние имеют большую площадь контакта с грунтом и лучшие тяговые качества, что обеспечивает более плавное движение и лучшую сохранность машины.

Применение шин низкого и сверхнизкого давления наиболее целесообразно в сочетании с централизованной системой регулирования давле-

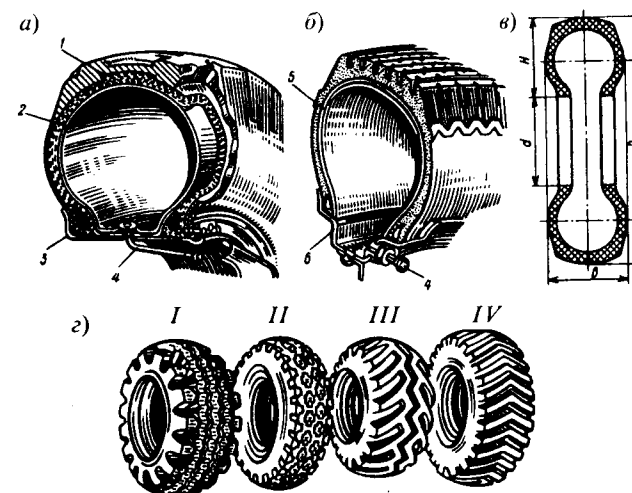


Рис. 1.13. Типы шин

ния шин. Для улучшения проходимости на слабых или переувлажненных грунтах давление в шинах снижают до минимального значения, а при движении на плотных грунтах или по дороге давление в шинах повышают до нормального. Благодаря этому при движении по дороге сопротивление качению уменьшается, шина подвергается меньшей деформации, и срок ее службы увеличивается.

Широкое распространение получили бескамерные шины (рис. 1.13 б). В этих шинах камера отсутствует, а воздух накачивается непосредственно в полость покрышки 5, установленной на герметичном ободе 6. Внутренняя полость покрышки имеет дополнительный герметизирующий слой резины. Бескамерные шины лучше охлаждаются, меньше весят, повышают безопасность движения, так как при их повреждении не происходит резкого падения давления.

Маркировку шин наносят на боковины двумя числами через тире (рис. 1.13 в): первое число характеризует ширину профиля B , а второе — внутренний (или посадочный) диаметр d (в миллиметрах или дюймах). У обычной шины наружный диаметр D связан с высотой H и диаметром обода d зависимостью:

$$D \approx 2H + d. \quad (1.14)$$

Пневмоколесное ходовое оборудование обеспечивает коммунальным машинам хорошее маневрирование, достаточную устойчивость, высокие скорости передвижения (до 60 км/ч) и наряду с этим является легче гусеничного на 25...35%, проще в изготовлении, имеет высокий КПД (0,8...0,85) и большой ресурс работы (до 40 тыс. км вместо 1,5...2 тыс. км,

достигаемый машинами на гусеничном ходу). Однако из-за большего удельного давления ($q_k = 0,25 \dots 0,35$ МПа) проходимость машин на пневмоколесном ходу по бездорожью значительно хуже, чем у гусеничных.

Тяговый расчет. Движение машин сопровождается действием сил, которые могут быть объединены в две основные группы: силы тяги T , стремящиеся сообщить ведущей оси, а вместе с ней и машине, поступательное движение, и силы сопротивления W , возникающие при движении машины и направленные в сторону, противоположную движению. Кроме того, могут иметь место дополнительные силы сопротивления в виде тормозных сил, прилагаемые только при необходимости снизить скорость движения. Движение машины будет возможным, если выполняются следующие два условия:

1) сила тяги привода ходового оборудования машины должна быть больше или равна сумме всех сопротивлений, возникающих при движении машины, т.е.

$$T \geq W_{\Sigma}; \quad (1.15)$$

2) сила тяги по сцеплению движителя машины с дорогой $T_{\text{сц}}$ должна быть больше или равна силе тяги, развиваемой приводом ходового оборудования машины, т.е.

$$T_{\text{сц}} \geq T. \quad (1.16)$$

Тяговое усилие, развиваемое машиной в первом приближении, можно считать равным окружной силе $F_0(H)$ всех движителей машины (приводных колес, гусениц), приводимых от двигателя привода:

$$T \approx F_0; \quad (1.17)$$

$$F_0 = P / \eta, \quad (1.18)$$

где P — мощность двигателей механизмов передвижения, кВт; η — общий КПД механизма передвижения; v — скорость передвижения, м/с. Сопротивление (H), возникающее при движении машины,

$$W_{\Sigma} = W_{\text{вн}} + W_k + W_{\text{кр}} \pm W_y \pm W_{\text{и}} + W_{\text{в}} + W_p, \quad (1.19)$$

где $W_{\text{вн}}$ — внутреннее сопротивление ходового оборудования; W_k — сопротивление качению колес или гусениц; $W_{\text{кр}}$ — сопротивление повороту при движении по кривой; W_y — сопротивление уклона местности; $W_{\text{и}}$ — сопротивление от сил инерции при разгоне (торможении); $W_{\text{в}}$ — сопротивление воздуха; W_p — сопротивления, возникающие на рабочих органах машины.

Внутренние сопротивления ходового оборудования составляют 6...9 % силы тяжести гусеничной машины и 4...6 % силы тяжести колесной машины.

Сопротивление качению колес или гусениц в первом приближении можно рассчитать по формуле:

$$W_k \approx f G_M, \quad (1.20)$$

Таблица 1.3. Значения коэффициента сопротивления передвижению f

Вид опорной поверхности	Коэффициенты сопротивления передвижению		
	шины высоко-го давления	шины низкого давления	гусеничный движитель
Сухое асфальтобетонное покрытие	0,1...0,2	0,015	0,3
Сухое цементобетонное покрытие	0,1...0,2	0,015	0,03
Грунтовая дорога:			
сухая укатанная	0,02...0,06	0,025...0,035	0,06...0,07
влажная	0,13...0,25	0,15...0,2	0,12...0,15

Таблица 1.4. Значения коэффициента сцепления j

Вид опорной поверхности	Коэффициенты сопротивления передвижению		
	шины высоко-го давления	шины низкого давления	гусеничный движитель
Сухое асфальтобетонное покрытие	0,3...0,45	0,45...0,55	—
Сухое цементобетонное покрытие	0,35...0,4	0,6...0,75	—
Грунтовая дорога:			
сухая укатанная	0,6...0,7	0,4...0,6	0,8...1,0
влажная	0,1...0,3	0,15...0,25	0,5...0,6

где f — коэффициент сопротивления передвижению движителей, значения которого приведены в табл. 1.3; G_M — сила тяжести машины, Н.

Сопротивление повороту $W_{\text{кр}}$ рассчитывают, как правило, для случая движения машины по рыхлому грунту. Тогда для колесных машин:

$$W_{\text{кр}} = (0,25 \dots 0,5) W_k; \quad (1.21)$$

для гусеничных машин:

$$W_{\text{кр}} = (0,4 \dots 0,7) W_k. \quad (1.22)$$

Сопротивление движению машин от уклона местности:

$$W_y = \pm G_M \sin \psi, \quad (1.23)$$

где ψ — угол подъема пути (при движении машины на подъем ставится знак «+», под уклон — знак «-»).

При предварительных расчетах угол подъема можно принять равным 20...25° для гусеничных машин, 15...20° — для пневмоколесных.

Если считать движение равноускоренным, то сопротивление от сил инерции при разгоне машины (торможении) будет:

$$W_{\text{и}} = \pm G_M (v_p - v_0) / (g t_p), \quad (1.24)$$

где v_p — рабочая скорость, м/с; v_0 — начальная скорость машины, м/с;

g — ускорение свободного падения, м/с^2 ; t_p — время разгона или торможения, с.

При разгоне принимают знак «+», при торможении — знак «-», так как при этом сила инерции способствует продолжению движения.

При трогании с места на первой передаче можно принять для колесных машин $v_p = 1 \dots 1,5 \text{ м/с}$, а для гусеничных — $v_p = 0,25 \dots 0,3 \text{ м/с}$.

Сопротивление воздуха:

$$W_a = S v_p^2 \rho, \quad (1.25)$$

где S — площадь поперечного сечения машины, м^2 ; ρ — плотность воздуха, кг/м^3 .

Как видно из формулы, сопротивление воздуха возрастает пропорционально квадрату скорости и становится существенным при скорости более 60...70 км/ч.

Сопротивление от рабочего органа W_p зависит от назначения и типа машины, характера выполняемых работ, конструкции рабочего органа и других факторов.

Указанные выше сопротивления в действительности все вместе одновременно не возникают, и при тяговом расчете учитываются только те сопротивления, которые могут иметь место у рассматриваемой машины в конкретных условиях ее работы.

Для проверки второго условия возможности движения машины определяют достаточность сцепления ведущих колес или гусениц с дорогой (грунтом), гарантирующее от буксования, при этом:

$$T_{сц} = G_{сц} \phi,$$

где $G_{сц}$ — сцепной вес машины (для колесных машин равен весу, приходящемуся на ведущие колеса; для гусеничных машин равен полному весу машины); ϕ — коэффициент сцепления движителя с дорогой (см. табл. 1.4).

Во время движения машины может возникнуть следующая характерная ситуация:

$$T_{сц} > T < W_{\Sigma}. \quad (1.27)$$

Из этого неравенства видно, что сила тяги привода ходового оборудования машины недостаточна для преодоления сопротивлений и меньше силы тяги по сцеплению движителя с дорогой. В такой ситуации ходовое колесо провернуться не сможет и двигатель заглухнет.

Если ведущие колеса или гусеницы оказываются на влажной или обледеневшей дороге, на мокром глинистом грунте и т.п., то коэффициент сцепления и, соответственно, сила сцепления $T_{сц}$ значительно уменьшаются и может иметь место неравенство:

$$T_{сц} < T > W_{\Sigma}. \quad (1.28)$$

В этом случае движитель будет буксовать и машина не сдвинется с места.

1.6. Системы управления

Системы управления машин предназначены для силового управления движением рабочих органов или управления режимом работы двигателя, муфт, тормозами, коробкой передач и другими элементами привода.

Общие требования к системам управления машин заключаются в том, чтобы управление механизмами осуществлялось с минимальными затратами физических и нервных усилий машиниста (оператора), обеспечивало безопасность работы и способствовало достижению максимальной производительности машины.

Управление силовой установкой и машиной в целом требует регулирования нескольких параметров. В целях уменьшения количества рукоятей, необходимых для управления каждым механизмом в отдельности, органы управления механизмов часто объединяют. Такие агрегаты представляют собой пульты управления, устанавливаемые обычно в кабине машиниста, механизмы которых кинематически связаны между собой.

К устройству пультов управления и кабины машиниста предъявляются серьезные требования. В частности, большое значение имеет посадка машиниста, возможность регулирования положения сиденья относительно рукоятей, рычагов и педалей, комфортабельность кабины, величина углов обзора, взаимное расположение рычагов и т.п.

Систему управления можно классифицировать по следующим основным признакам:

по способу передачи энергии к исполнительному механизму — механические (рычажные), гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные;

по источнику энергии — от мускульной энергии машиниста и от основной (вспомогательной) силовой установки;

по принципу действия — ручные и автоматические.

Механическую рычажную систему применяют для управления с помощью рычагов (приводимых в движение рукоятками и педалями) муфт и тормозами машин малой мощности. Нормальное усилие на рычагах не должно превышать 30...40 Н при ходе не более 25 см, а на педалях — не более 80 Н при ходе не более 20 см. Усилие, прикладываемое к рукоятке или педали, усиливается посредством рычагов трансмиссии и передается к исполнительным органам.

На рис. 1.14 показано управление ленточным тормозом от рукоятки. Движение от рычага 1 через регулировочную тягу 2 и рычаг 3 передается толкателю 4, который через рычаг 5 затягивает ленту 6. Этот вид управления прост по устройству, удобен для обслуживания, но утомителен для машиниста из-за сравнительно больших усилий, затрачиваемых на перемещение рукояток и педалей.

Гидравлические системы управления бывают двух видов: безнасосные и насосные. В первых рабочее давление жидкости гидросистемы создается мускульной силой оператора, воздействующего на педаль, рычаг или рулевое колесо, во вторых — насосом.

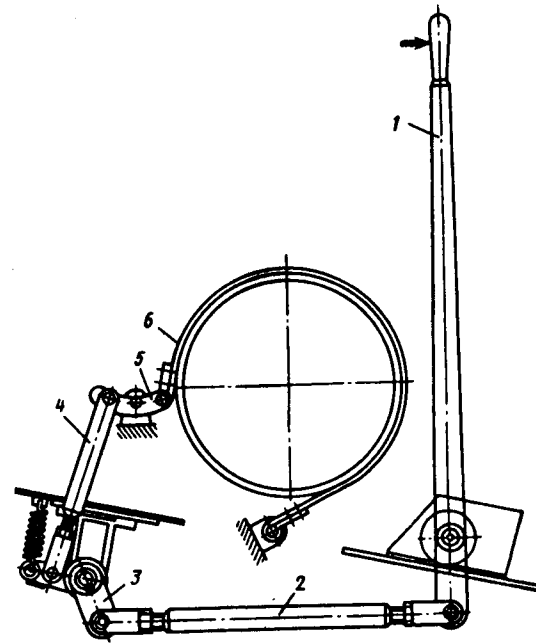


Рис. 1.14. Рычажная система управления

Безнасосные системы управления применяют обычно для управления механизмами, требующими наибольшей чувствительности и плавности включения (например, тормозами). Эти системы существенно не снижают усилие на рычагах и педалях по сравнению с рычажными механическими системами управления.

В гидравлической безнасосной системе управления (рис. 1.15) имеется 2 цилиндра: командный 8 и исполнительный 5 — соединенные трубопроводом 6. Диаметры цилиндров d_1 и d_2 подбирают так, чтобы при малом усилии и большом ходе на педали управления получить большое усилие и малый ход на штоке 3 исполнительного цилиндра 5.

При нажатии на педаль 12 (имеющую фиксирующую защелку 11) кулачок поворачивается вокруг своей оси и через систему регулировочных тяг воздействует на поршень цилиндра 8. Поршень выдавливает часть рабочей жидкости из командного цилиндра в исполнительный. Под действием давления рабочей жидкости поршень 4 перемещается влево, давит на шток 3, который рычагами связан с тормозной лентой 1.

При снятии нагрузки с педали последняя возвращается в исходное положение возвратной пружиной 7, одновременно поршень цилиндра 8 под действием расположенной внутри пружины перемещается влево, а рычаги тормозной системы освобождаются от шкива действием возвратной пружины 2. Возможные утечки рабочей жидкости компенсируются ее поступлением из бака 9 при открытой запорной игле 10.

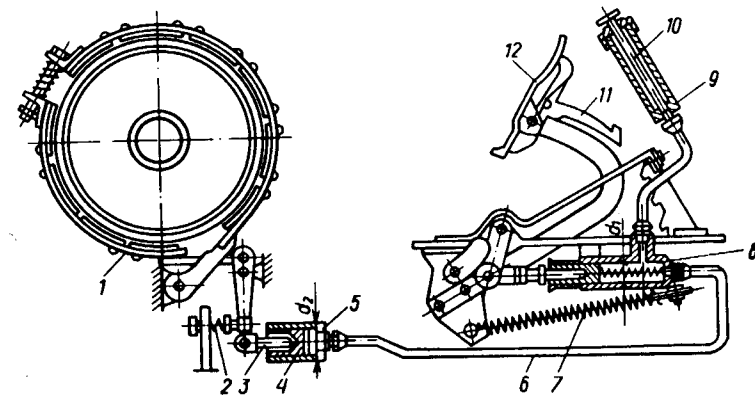


Рис. 1.15. Гидравлическая безнасосная система управления

Насосное гидравлическое управление принципиально отличается от безнасосного тем, что необходимое усилие здесь создается насосом, подающим жидкость под давлением в исполнительный цилиндр. При этом не требуется большого усилия на рычагах управления, так как машинист перемещает лишь золотники распределителей, соединяющие исполнительные цилиндры с насосом или сливным баком (см. в разделе 8.1).

Одним из основных показателей, характеризующих режим работы гидравлических насосных систем управления, является число включений Z за 1 ч. По этому показателю различают легкий режим работы ($Z < 300$), средний ($Z = 300 \dots 700$) и тяжелый ($Z > 700$).

К достоинствам гидравлических систем управления относится компактность и малые размеры пульты управления, рабочих цилиндров и двигателей вследствие применения значительных давлений, возможность передачи усилий к удаленным точкам, отсутствие сложных рычажных систем и шарнирных соединений. При гидравлическом управлении усилие на рычагах управления и их ход значительно меньше, чем при рычажном механическом управлении. Благодаря этому снижается утомляемость машиниста и повышается производительность его труда.

Недостатками гидравлических систем являются резкость включения механизмов, в результате чего возникают динамические нагрузки; необходимость применения специальных сортов рабочих жидкостей; затруднения при эксплуатации машин в условиях жаркого и холодного климата и повышенный класс точности изготовления гидроаппаратуры.

Пневматические системы управления отличаются от гидравлических тем, что в них вместо жидкости использован сжатый воздух. На рис. 1.16 приведена схема пневматической системы управления. В этой системе сжатый воздух от компрессора 1 поступает в маслоотделитель 2 и затем в ресивер 3. Контроль давления воздуха в системе осуществляется манометром 4, а сброс его избытка — предохранительным клапаном 5.

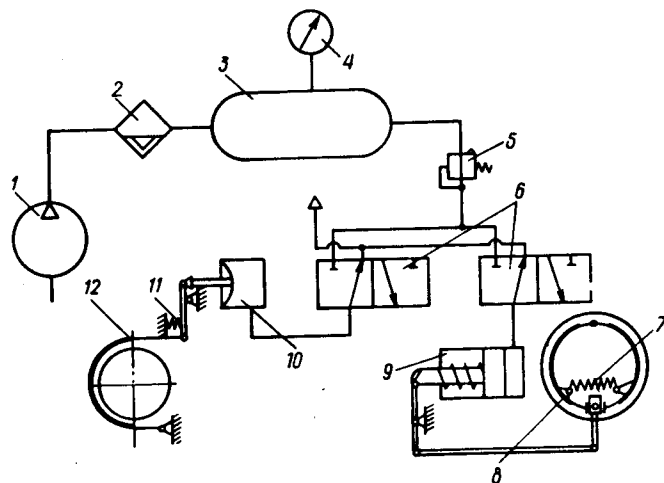


Рис. 1.16. Пневматическая система управления

От ресивера воздух направляется к распределителям 6, а затем к рабочей камере 10 и пневмоцилиндру 9, которые управляют, соответственно, ленточным 12 и колодочным 8 тормозами машины. Возврат рабочих органов управления в исходное положение производится пружинами 11 и 7.

Преимуществами пневматического управления являются простота конструкции и мягкость включения механизмов. Недостатки пневмосистем связаны с трудностями очистки воздуха от примесей и, в первую очередь, от влаги, а также с низким давлением воздуха (0,7...0,8 МПа), что увеличивает габариты пневмоагрегатов.

Электрические системы управления применяют преимущественно в машинах с электрическим и дизель-электрическим приводами. Управление электроприводом заключается в пуске и остановке электродвигателей, их реверсировании, изменении частоты вращения и обеспечении безопасности работы.

Электродвигатели мощностью до 15 кВт включают контроллерами или магнитными пускателями; более мощные двигатели включают обычно при помощи магнитных станций-контакторов, управляемых специальными командоаппаратами. При контроллерном и контакторном управлении можно в определенных пределах регулировать частоту вращения вала асинхронных электродвигателей.

Электрическая система отличается компактностью конструкции, надежностью действия и возможностью применения автоматики.

Комбинированные системы управления представляют собой сочетание электрической системы с гидравлической или пневматической. Их достоинства — возможность применения дистанционного управления и сокращение длины масло- и воздухопроводов при сохранении преимуществ и недостатков систем, составляющих данную комбинированную систему.

В зависимости от характера воздействия машиниста на управляемые механизмы различают системы управления непосредственного действия и с усилителями (сервоприводы). К первым относятся механическая рычажная и гидравлическая безнасосная системы управления, ко второй — пневматическая, гидравлическая насосная, электрическая и комбинированная системы.

Одним из основных направлений повышения производительности и качества работ, выполняемых коммунальными машинами, является автоматизация систем управления.

Системы автоматизации управления силовыми установками привода этих машин в основном направлены на повышение КПД и коэффициента использования мощности установленных двигателей силовых установок и двигателей привода основных механизмов, что также способствует повышению производительности машин и снижению их энергоемкости. Решение этих задач в основном осуществляется путем регулирования нагрузки и скорости движения рабочих органов, а также для поддержания работы двигателей привода в оптимальных режимах, обеспечивающих их максимальные КПД и номинальную мощность.

В системах автоматизированного управления рабочими органами находят применение следящие системы гидропривода. Следящей называют такую гидравлическую систему, которая имеет обратную связь, обеспечивающую усиление мощности.

В качестве примера на рис. 1.17 приведены схема и конструкция унифицированного гидроруля пневмоколесных машин, разработанные ВНИИ стройдормашем. Гидроруль представляет собой рулевой механизм дозирующего типа с обратной связью по объему рабочей жидкости и отсутствием механической связи с механизмом поворота машины. Основным параметром гидроруля является объем рабочей жидкости (подача), подаваемой за один оборот вала гидроруля. Для машин небольшой мощности гидроруль (рис. 1.17 а) выполнен в виде моноблочной конструкции по модульному принципу и состоит из трех модулей: распределительного блока с золотником 2, рулевым валом 1 и винтовым дифференциальным устройством; планетарного редуктора 3 и дозатора-гидромотора 4. Золотник гидрораспределителя при повороте вала гидроруля перемещается на равный ему угол.

Дозирующее устройство, выполненное в виде гидромотора обратной связи, подключаемого в соответствующую активную гидролинию исполнительного гидроцилиндра поворота колес, позволяет следящей по объему рулевой системе контролировать объем рабочей жидкости, поступающей к исполнительному гидроцилиндру. При этом обеспечивается пропорциональность дозируемого объема рабочей жидкости угловому перемещению вала гидроруля. Такие гидрорули выполняют четырех типоразмеров с объемами подачи 125, 250, 500 и 1000 см³. Для машин большей мощности предусмотрен выпуск рулевых механизмов с объемом подачи до 8 000 см³.

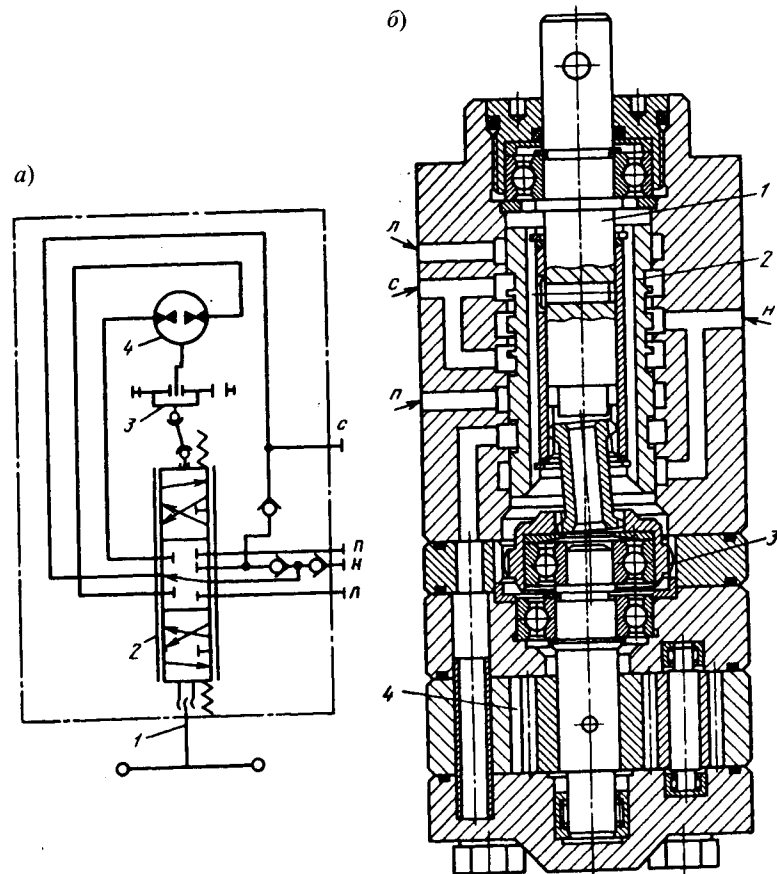


Рис. 1.17. Схема (а) и конструкция (б) унифицированного гидроруля для пневмоколесных машин: н, с, л, п — гидролинии напора, слива и поворота колес влево и вправо

В последние годы для решения задач автоматизации, особенно для машин средней и большой мощности, все больше применяют микроэлектронику, микропроцессоры и бортовые ЭВМ. В системе автоматизированного управления современных машин подсистема контроля за работой их отдельных агрегатов и узлов может обеспечивать проверку до 20...30 параметров.

Контролируемые параметры часто разбивают на следующие основные группы: предпускового контроля; эксплуатационные (контролируемые постоянно во время работы); аварийные.

К параметрам предпускового контроля обычно относят уровень масла в картере, топлива в бензобаке, охлаждающей жидкости в двигателе, а также положение передач, муфт и тормозов трансмиссии.

К аварийным параметрам относят такие, как минимальное давление масла в двигателе, максимальная температура охлаждающей и рабочей жидкости, максимальная частота вращения вала двигателя, минимальный уровень жидкости в системах управления муфтами и тормозами и в баке системы гидропривода, минимальное давление в тормозных линиях, в ресивере рулевого управления, максимальный крен машины относительно горизонта, максимальное напряжение бортовой сети и др.

Выбор конкретных контролируемых параметров при установке на машине бортовой контрольно-информационной системы обязательно согласовывается с потребителями.

1.7. Техно-экономические показатели

При выборе машины для производства работ определенного вида и объема помимо соответствия машины характеру данных работ необходимо учитывать ее технико-экономические показатели, по которым можно сопоставлять между собой различные типы машин. Техно-экономические показатели служат также для установления эффективности новой машины по сравнению с прежними моделями.

Важнейший показатель работы машины — ее *производительность*, т.е. количество продукции, выраженное в определенных единицах измерения (т, м³, м² и др.), которое машина вырабатывает или перемещает за определенный период времени (час, смену, месяц или год). Этот показатель позволяет судить о достоинствах данной машины по сравнению с другими, предназначенными для той же цели, дает возможность производить необходимые расчеты при проектировании и организации механизированных работ. Исходя из заданного объема работ можно, зная производительность машины, определить требуемое количество машин для выполнения работ в установленный срок.

Различают три категории производительности машин: теоретическую (конструктивная, расчетная), техническую и эксплуатационную.

Теоретическая производительность — это выработка машины в единицу времени в условиях непрерывной работы при расчетных скоростях рабочих органов, расчетных нагрузках и в расчетно-условной производственной обстановке.

При подсчете производительности следует учитывать вид машины: циклического (периодического) или непрерывного действия.

Теоретическая производительность (м³/ч или т/ч) для машин циклического действия:

$$\Pi_0 = 60qn \text{ или } \Pi_0 = 60q\eta\gamma, \quad (1.29)$$

где q — количество продукции, вырабатываемое машиной за один рабочий цикл, м³, т или в единицах продукции; n — конструктивно-расчетное число циклов, выполняемых машиной за 1 мин, $n = 60/t_{\text{ц}}$ ($t_{\text{ц}}$ — теоретическая продолжительность одного цикла, с); γ — плотность материала, т/м³.

Для машин непрерывного действия при перемещении сыпучих материалов непрерывным потоком:

$$\Pi_0 = 3600Sv \text{ или } \Pi_0 = 3600Sv\gamma, \quad (1.30)$$

где S — расчетное поперечное сечение перемещаемого потока материала, м^2 ; v — расчетная скорость перемещения материала, м/с . При перемещении штучных грузов или материалов отдельными порциями:

$$\Pi_0 = 3600q_n v/l, \quad (1.31)$$

где q_n — объем материала в одной порции (м^3) или масса груза (т); l — среднее расстояние между порциями материала или штучными грузами, м .

Из этих формул видно, что увеличение скорости машин непрерывного действия и сокращение продолжительности цикла машин периодического действия имеют большое значение для повышения их производительности. Теоретическая производительность дается в технической характеристике машин и используется для предварительного сопоставления машин различного вида.

Техническая производительность — это наивысшая производительность машин с учетом конкретных условий работы. Например, для снегоочистителя к таким условиям относятся: характеристика убираемого снега (свежевыпавший, слежавшийся и т.д.) и толщина снимаемого слоя.

Для всех машин техническая производительность:

$$\Pi_T = \Pi_0 k_T, \quad (1.32)$$

где k_T — коэффициент, учитывающий конкретные условия работы.

Эксплуатационная производительность определяется для конкретных условий работы с учетом затраты времени на простои и перерывы по техническим, технологическим и организационным причинам (заправка топливно-смазочными материалами, смазывание механизмов, регулировочные работы, очистка рабочих органов, перебазирование на новое место работы, отсутствие фронта работ и т.д.). Кроме перерывов на эксплуатационную производительность оказывают влияние качество системы управления и уровень квалификации машиниста:

$$\Pi_3 = \Pi_T k_b k_y = \Pi_T k_n, \quad (1.33)$$

где k_n — общий коэффициент использования машины; k_y — коэффициент, учитывающий качество системы управления и уровень квалификации машиниста ($k_y = 0,85...0,95$); k_b — коэффициент использования машины по времени:

$$k_b = T_{\text{пол}}/T_{\text{см}} = [T_{\text{см}} - (t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}} + t_{\text{т.о.}} + t_{\text{отк}})]/T_{\text{см}}. \quad (1.34)$$

Здесь $T_{\text{пол}}$ — полезное рабочее время внутри смены, ч; $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, ч; $t_{\text{тех}}$, $t_{\text{орг}}$ — продолжительность простоев по техническим и организационным причинам, ч; $t_{\text{т.о.}}$ и $t_{\text{отк}}$ — продолжительность простоев на проведение технического обслуживания и устранение отказов (текущих ремонтов), ч.

Для машин циклического действия обычно $k_b = 0,8...0,9$, а для машин непрерывного действия $k_b = 0,85...0,95$.

Из-за перерывов в работе эксплуатационную производительность следует определять за смену:

$$\Pi_{\text{э.см.}} = \Pi_T T_{\text{см}} k_n. \quad (1.35)$$

Работа машины может быть оценена также по годовой выработке:

$$\Pi_{\text{э.г.}} = \Pi_T T_{\text{см}} n_{\text{см}} k_{\text{г.и.}}, \quad (1.36)$$

где $n_{\text{см}}$ — число смен в году; $k_{\text{г.и.}}$ — коэффициент, учитывающий уменьшение часов работы в предвыходные и предпраздничные дни.

По эксплуатационной производительности нормируют и планируют механизированные работы, определяют потребность в машинах при заданной часовой производительности, оценивают вариант технологии и организации работ, а также эффективность применения новых машин.

Наряду с показателями, имеющими абсолютное значение, важными показателями оценки эффективности технического уровня машин являются удельные показатели, такие, как материалоемкость G ($\text{т} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$) и энергоемкость E ($\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$) машины:

$$G = M/\Pi_3, \quad (1.37)$$

$$E = P/\Pi_3. \quad (1.38)$$

где M — масса машины; P — мощность силовой установки или суммарная мощность всего оборудования. Расход топлива для машин определяют по действующим нормам или по данным актов испытаний. При отсутствии таких данных среднюю норму расхода топлива [$\text{г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$] при номинальном режиме работ машины определяют по формуле:

$$Q = q_{\text{уд}} k_b k_3 k_{\text{н.д.м.}} P_e, \quad (1.39)$$

где $q_{\text{уд}}$ — удельный расход топлива, $\text{г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$; k_b — коэффициент использования двигателя по времени ($k_b = 0,65...0,8$); k_3 — коэффициент, учитывающий расход топлива на запуск и регулирование работы двигателя ($k_3 = 1,03$); $k_{\text{н.д.м.}}$ — коэффициент, учитывающий зависимость удельного расхода топлива от степени использования двигателя по мощности; $k_{\text{д.м.}}$ — коэффициент использования двигателя по мощности ($k_{\text{д.м.}} = 0,5$); P_e — номинальная мощность двигателя, кВт. Удельный расход топлива на режиме номинальной мощности для машин с карбюраторным двигателем составляет $327...340 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$, а с дизельным — $238...272 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$.

При составлении смет и планов механизированных и автоматизированных работ необходимо знать стоимость 1 маш-ч работы машины, чтобы определить стоимость единицы продукции и провести технико-экономические подсчеты.

Стоимость 1 маш-ч показывает, во что обходится предприятию работа данной машины или комплекта машин в течение 1 маш-ч и определяется по формуле:

$$C_{м-ч} = \frac{ЦА}{8,2T_{чд}\Phi} + \frac{Ц_d + Ц_r}{T_{ч}} + P + O + Э_m + C_m + З_m, \quad (1.40)$$

где $C_{м-ч}$ — расчетная цена 1 ч работы машины, руб.; $Ц$ — расчетная цена машины, руб.; A — амортизационные отчисления, %; $T_{чд}$ — число дней работы машины в году; Φ — число смен работы машины в течение суток; $Ц_d$ — стоимость одного монтажа и демонтажа, руб.; $Ц_r$ — стоимость транспортирования машины на объект с прежнего места работы, руб.; $P, O, Э_m, C_m$ — затраты за 1 ч работы машины, соответственно, на техническое обслуживание и текущий ремонт, на замену и ремонт сменной оснастки, на энергоматериалы, на смазочные материалы, руб.; $З_m$ — заработная плата машиниста, руб.; $T_{ч}$ — время работы машины на данном объекте, ч.

Зная стоимость 1 маш-ч и часовую эксплуатационную производительность машины можно определить себестоимость единицы продукции (руб/м³):

$$C_{ед} = C_{м-ч}/П_z, \quad (1.41)$$

Для оценки экономической эффективности машин используют обобщенный показатель суммарных приведенных затрат:

$$З = C_r + E_n K, \quad (1.42)$$

где C_r — себестоимость годового объема продукции машины; E_n — нормативный коэффициент капитальных вложений, устанавливаемый соответствующими методиками; K — единовременные капитальные вложения на создание машины.

Для сравнения вариантов машин, используемых на одних и тех же работах, более предпочтительными являются не суммарные приведенные затраты, а их удельная величина $З_{уд}$, определяемая как отношение приведенных затрат к годовой эксплуатационной производительности. Работа машины будет эффективной при $З_{уд} \rightarrow \min$. Для достижения этого необходимо добиваться, чтобы производительность машины была максимальной, а расход энергии и эксплуатационных материалов, затраты времени на перемещение машины между объектами, на ремонты и техническое обслуживание — минимальными.

Показателем экономической эффективности новой машины является срок ее окупаемости:

$$T_{ок} = K/Э_r, \quad (1.43)$$

где $Э_r$ — годовая экономия, ожидаемая от внедрения новой машины.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные требования, предъявляемые к коммунальным машинам и оборудованию.
2. На какие основные группы можно разделить по производственному назначению коммунальные машины и оборудование?
3. Из каких основных частей состоят самоходные машины, используемые в коммунальном хозяйстве?
4. Назовите основные типы грузовых машин и разберите кинематическую схему одной из них.
5. Какие вы знаете разновидности тракторов, расскажите об их классификации, кинематических схемах.
6. Перечислите силовое оборудование, применяемое в коммунальных машинах и оборудовании.
7. Какие бывают виды ходового оборудования, назовите их преимущества и недостатки.
8. Какие виды трансмиссий применяют в коммунальных машинах и оборудовании?
9. Расскажите о классификации систем управления и предъявляемых к ним требованиях.
10. Назовите основные технико-экономические показатели коммунальных машин и оборудования.

Глава 2.

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В ХОЛОДНОЕ ВРЕМЯ ГОДА**2.1. Технологии и способы выполнения работ**

Содержание городских территорий в холодное время года заключается главным образом в обеспечении стабильной пропускной способности дорог и проездов независимо от объема выпадающих в виде снега осадков и температуры окружающей среды.

Технология зимней уборки дорог рассчитана на периодическую (с небольшими интервалами) полную очистку дорожного покрытия от снежной массы во время и после снегопада с использованием специальных технологических материалов, предотвращающих возникновение на дорожном покрытии уплотненных снежных и ледяных образований.

При этом свежевывающаяся и уплотненная масса снега сдвигается или сгребается к обочине дороги, перебрасывается на резервные площади вдоль дорог или, после сбора в валы или кучи, грузится затем в транспортные средства и вывозится в места складирования или таяния.

В качестве технологических (антигололедных) материалов, снижающих скользкость покрытия, а также препятствующих образованию на дороге наледи используют инертные материалы: песок, гравий, шлаки и химически активные материалы, снижающие температуру образования льда.

Противогололедные материалы (соли различных металлов) отрицательно воздействуют на окружающую среду, повреждая зеленые насаждения вдоль дорог и разрушая дорожное покрытие, способствуют возникновению коррозионной опасности для автотранспорта.

Наиболее неблагоприятное воздействие соли оказывают на цементно-бетонное покрытие дорог. Процесс плавления снега под воздействием солей происходит при интенсивном поглощении тепла из толщи дорожного покрытия, в результате чего бетон резко охлаждается и разрушается.

Наиболее агрессивным к бетону является NaCl , наименее — CaCl_2 и MgCl_2 .

Снижение вредного действия солей производится нижеследующим методами.

1. Использование влажной соли.

Сухая твердая (порошкообразная или в гранулах) соль имеет плохой контакт с поверхностью дороги. Таяние льда начинается только после образования соляного раствора.

Таблица 2.1. Область применения химических материалов

Технологическая операция	Материалы, применяемые при температуре, °С	
	выше -15	ниже -15
Снегоочистка дорожных покрытий, подъемов, въездов на мосты и т. д.	Неслеживающаяся смесь Пескосоляная смесь на основе хлористого натрия	Хлористый кальций Пескосоляная смесь на основе хлористого кальция
Борьба с гололедом профилактическим методом	Неслеживающаяся смесь или хлористый калий, ингибированный фосфатами	То же
Борьба с гололедом пассивным методом	Пескосоляная смесь на основе хлористого натрия или хлористый калий, ингибированный фосфатами	Пескосоляная смесь на основе хлористого натрия или хлористый калий, ингибированный фосфатами
Скалывание льда профилактическим методом	Хлористый калий, ингибированный фосфатами	Хлористый калий, ингибированный фосфатами
Скалывание льда пассивным методом	Неслеживающаяся смесь при крупности зерен 7 мм	Хлористый кальций при крупности зерен 7 мм

2. Применение смеси сухой соли с соляным раствором.

Оптимальный состав — 30 % раствор CaCl_2 и сухая соль NaCl в соотношении 1:2,9.

3. Использование смеси солей с песком (NaCl и песок в соотношении 1:10).

Вред, наносимый растениям, снижается с увеличением размеров твердых частиц соли. Соль в массе не должна содержать более 5 % частиц размером менее 0,16 мм и крупнее 5 мм. Области применения твердых химических реагентов показаны в табл. 2.1.

Устранение гололеда с минимальным ущербом для экологической обстановки, дорожной одежды и транспортных средств достигается при использовании противогололедных жидких реагентов. В качестве таких реагентов применяют водные растворы хлористого кальция концентрации 32 % и хлористого натрия концентрацией 23...25 %.

Предлагается также высокоэффективный реагент на основе ацетата калия — НОРДИКС — концентрацией до 40 %. Используют и водные растворы хлористого магния концентрацией до 45 % (водный раствор минерала бишофита), азотных удобрений КАС (ТУ 113-03-629-90) и карбамида. Имеется опыт применения артезианских соляных рассолов; при этом путем выпаривания их концентрацию доводят до 20...23 %.

Жидкие реагенты эффективно устраняют скольжение при температуре: хлористый натрий — до минус 10...15 °С; хлористый кальций и хлористый магний — до минус 25...30 °С; НОРДИКС — до минус 35 °С.

Возможность бороться с гололедом при температуре воздуха до минус 30 °С, а также меньший расход на единицу обрабатываемой поверхности жидких реагентов в сравнении с твердыми является основанием для постепенного отказа от применения последних.

Для расчистки дорог и территорий от снега используются снегоочистители.

Погрузка снежной массы из валов и куч в самосвалы в городских условиях осуществляется специализированными снегопогрузчиками и строительными одноковшовыми погрузчиками.

Нанесение твердых и жидких технологических материалов на поверхность дорожного покрытия производится распределителями технологических материалов.

2.2. Снегоочистители

Снегоочистители предназначены для расчистки дорог и территорий от снега. Они представляют собой самоходные машины, рабочие органы которых сдвигают снег или отбрасывают его в сторону. Снегоочистители подразделяют: по *типу рабочего оборудования* — плужные (пассивный рабочий орган) и роторные (активный рабочий орган); по *типу базовой машины* — автомобильные и тракторные. У плужных снегоочистителей рабочим органом, удаляющим снег, служит плуг, монтируемый в передней части автомобиля или трактора, а у роторных — метатель специальной конструкции, вращающийся с частотой 300...400 мин⁻¹.

Плужные снегоочистители разделяют на одноотвальные (рис. 2.1 а), отбрасывающие снег на одну сторону, и двухотвальные (рис. 2.1 б), способные отбрасывать снег на обе стороны. В одноотвальных снегоочистителях рабочий орган устанавливается по углом 29...33° к продольной оси базовой машины, что обеспечивает сдвигание снежной массы в сторону поворота круга.

Двухотвальный плуг можно рассматривать как шарнирно-сочлененный в средней части одноотвальный. Такой рабочий орган монтируется только на плужных снегоочистителях сдвигающего действия. Он может работать как плуг, сдвигающий снег одновременно вправо и влево, а также выполнять роль совка, сгребая снежную массу в кучи. Поворот элементов плуга в плане осуществляется гидроцилиндрами.

Техническая характеристика отечественных и зарубежных плужных снегоочистителей приведена в табл. 2.2.

Плужные снегоочистители. Для сдвигания свежеснежавшего снега к обочине проезжей части дорог, формирования снежных валов и куч для их последующей погрузки в транспортные средства с целью перемещения на складирования используются *плужные снегоочистители сдвигающего действия* (рис. 2.1). Плужные снегоочистители сдвигающего действия базируются на гусеничных и колесных тракторах, автомобилях и ав-

Таблица 2.2. Техническая характеристика плужных снегоочистителей

Наименование параметра	Единица измерения	Одноотвальные плуги	Двухотвальные плуги
Мощность двигателя базового шасси	кВт	Автошасси 110...250	Тракторное, специальное шасси 40...250
Ширина захвата плуга	мм	1 400...3 200	2 200...5 400
Угол поворота плуга к продольной оси машины	град	30...36	—
Высота плуга	мм	450...1500	1 000... 2 000
Наибольшая высота убираемого слоя снега	мм	300...500	600...1 200
Дальность отбрасывания снега	м	8...15	—
Рабочая скорость движения	км/ч	35...45	5...15
Масса плуга	кг	400...810	430...950
Производительность машины	м ² /ч	90 000...110 000	17 000...50 000

тогрейдерах и обеспечивают разработку снега толщиной 0,3...0,4 м. со скоростью до 2...3 м/с в колесном варианте (рис. 2.1 а) и толщиной 1...1,5 м со скоростью 1 м/с в гусеничном варианте (рис. 2.1 б).

При работе плужного снегоочистителя сдвигающего действия перед отвалом, установленным под углом захвата ϕ к направлению движения машины, образуется призма волочения, которая непрерывно пополняется за счет вырезаемой отвалом стружки снега, перемещается вдоль отвала к его заднему концу и образует при сходе с отвала боковой снежный вал (рис. 2.2). Снежный вал в момент схода с отвала имеет треугольное сечение с гипотенузой отсыпания, наклоненной к горизонту под углом естественного откоса, примерно равным углу ρ внутреннего тре-

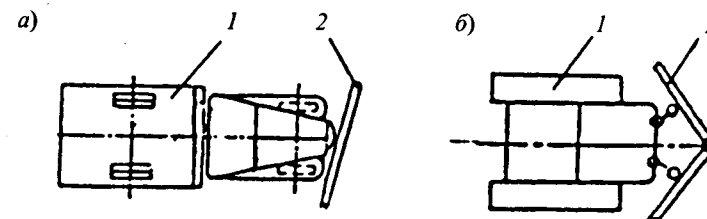


Рис. 2.1 Схема плужных снегоочистителей: 1 — базовая машина; 2 — рабочий орган

Таблица 2.3. Плотность, твердость и сопротивление снега резанию

Характер снежного покрова	Плотность, кг/м ³	Твердость при температуре (-1)+(-20) °С, МПа	Удельное сопротивление резанию, МПа
Очень рыхлый свежавывавший	10...200	0,02	0,001
Рыхлый, слабо уплотненный, свежавывавший, обвалованный	220...300	0,2...0,6	0,005...0,01
Уплотненный, слежавшийся	300...400	0,3...1,5	0,1...0,025
Старый слежавшийся	480...520	0,4...0,2	0,025...0,08
Мелкозернистый лавинный, уплотненный накат	550...700	0,4...3	0,1...0,5
Снежно-ледяной накат	700...950	—	1...2,5

Таблица 2.4. Коэффициента внешнего трения снега

Плотность, кг/м ³	Коэффициент внешнего трения tgδ при температуре, °С		
	(+2)+(-1)	-4	(-16)+(-30)
80...120	0,18	0,10	0,14
150...200	0,11	0,08	0,10
250...300	0,09	0,07	0,08
350...400	0,075	0,05	0,6
450	0,056	0,04	0,05
480	0,05	0,03	0,04
520	0,04	0,025	0,03
550	0,03	0,015	0,02

Таблица 2.5. Коэффициент внутреннего трения снега

Плотность, кг/м ³	Коэффициент внутреннего трения tgρ при температуре, °С		
	(+2)+(+0)	(-1)+(-6)	Ниже -10
120	0,24	0,29	0,34
200	0,30	0,33	0,36
300	0,35	0,39	0,46
400	0,4	0,44	0,50
500	0,43	0,49	0,53
560	0,45	0,50	0,57

ния снега, и высотой, равной высоте призмы волочения $H_{пр} \leq H$, где H — высота отвала.

Текущая высота призмы волочения H_y (м) в прямоугольной системе координат по длине отвала l_x :

$$H_y = \sqrt{2l_x \cdot h \cdot K_{рых} \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot \sin \varphi}, \quad (2.1)$$

где l_x — длина отвала, м; h — толщина снежного покрова, м; $K_{рых}$ — коэффициент разрыхления снега при резании; ρ — угол внутреннего трения

снега (табл. 2.5); φ — угол в плане между отвалом и продольной осью машины.

Скорость (м/с) перемещения призмы волочения вдоль отвала:

$$v_{пр} = v_m \frac{\cos(\varphi + \delta)}{\cos \delta}, \quad (2.2)$$

где v_m — скорость движения машины, м/с; δ — угол внешнего трения по металлу (табл. 2.4).

При $\varphi = \Pi/2 - \delta$ движение снега вдоль отвала прекращается, происходит увеличение призмы волочения с образованием снежных валов по обе стороны отвала.

Объем призмы волочения (м³):

$$V_{пр} = \frac{B^2 \cdot h \cdot K_{рых} \cdot \cos \delta}{2 \sin \varphi \cdot \cos(\varphi + \delta)}, \quad (2.3)$$

где B — ширина резания, м (ширина захвата косо установленного плуга).

Масса (кг) призмы волочения:

$$m_{пр} = \frac{B^2 \cdot h \cdot \rho_{сн} \cdot \cos \delta}{2 \sin \delta \cdot \cos(\varphi + \delta)}, \quad (2.4)$$

где $\rho_{сн}$ — плотность снега в естественном залегании до взаимодействия с отвалом, кг/м³ (табл. 2.5).

Суммарное сопротивление при работе плужного снегоочистителя:

$$W = W_{рез} + W_{пр} + W_{под} + W_{пер} + W_{ин} + W_{тр} + W_{м}, \quad (2.5)$$

где $W_{рез} = K_{рез} \cdot B \cdot h$ — сопротивление, Н, снега резанию (направлено вдоль оси движения машины); $K_{рез}$ — удельное сопротивление снега резанию (табл. 2.3), $W_{пр}$ — сила сопротивления, Н, возникающая при трении призмы волочения разрабатываемого снега о дневную поверхность:

$$W_{пр} = m_{пр} \cdot g \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot \sin(\varphi + \delta). \quad (2.6)$$

$W_{под}$ — суммарное сопротивление, Н, подъему стружки в проекции на горизонтальную ось движения машины:

$$W_{под} = 0,5 P_n (\operatorname{tg} \rho + \operatorname{tg} \delta) \sin 2\alpha \cdot \sin \varphi, \quad (2.7)$$

где нормальная составляющая силы P_n на лобовую поверхность ножа отвала равна $P_n \sin \alpha$, где α — угол резания снега в вертикальной плоскости. $W_{пер}$ — сопротивление, Н, перемещению призмы вдоль отвала в проекции на ось движения машины:

$$W_{пер} = P_n \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \cos \varphi. \quad (2.8)$$

$W_{ин}$ — сила инерции снега (при скоростях машины $v_m > 1,5...2$ м/с). Возникает при затратах энергии на разгон снега при переходе из неподвижного массива в движущуюся призму волочения:

$$W_{ин} = B h \rho_{сн} v_m^2 \sin^2 \varphi / 2g. \quad (2.9)$$

$W_{тр}$ — сопротивление, Н, перемещению отвала снегоочистителя по заснеженной поверхности дороги при установке его в плавающее положение:

$$W_{тр} = G_o \operatorname{tg} \delta, \quad (2.10)$$

где G_o — вес отвала, Н, (при использовании опорных колес отвала коэффициент трения $\operatorname{tg} \delta$ заменяют коэффициентом сопротивления качению опорных колес);

W_m — сопротивление, Н, перемещению базовой машины

$$W_m = G_m (f \pm i). \quad (2.11)$$

где G_m — полный вес машины, Н; f — коэффициент сопротивления передвижению (табл. 1.3); i — уклон дороги, выраженный синусом угла наклона местности.

Нормальная работа машины будет возможна при выполнении условия:

$$G_{сч} \varphi \geq T \geq W_m, \quad (2.12)$$

где $G_{сч}$ — сцепной вес машины, Н (см. раздел 1.5).

Плужные снегоочистители, работающие в городе, для предохранения от повреждения при контакте с непреодолимыми препятствиями (крышки колодцев, ледяные образования, бордюр тротуара и т.п.) оснащаются различного рода предохранительными устройствами, гасящими возникающие при этом динамические нагрузки. Обычно они оборудуются ножами из твердой износостойкой резины, что не только предохраняет отвал снегоочистителя от повреждения, но и снижает уровень шума от вибраций отвала, вызываемых его контактом с дорогой.

Динамическую нагрузку на рабочее оборудование снегоочистителя при наезде отвалом на непреодолимое препятствие можно описать выражением:

$$R_{дин} = G_m \cdot K_{дин} \cdot G_m \cdot K_p \cdot K_f \cdot \varphi, \quad (2.13)$$

где $K_{дин}$ — коэффициент динамичности; K_p — коэффициент распределения веса машины на ведущую ось (определяется на основании расчета координат центра масс машины); K_f — коэффициент перераспределения веса машины на ведущую ось как результат действия инерционных сил при разгоне; φ — коэффициент сцепления колес машины с дорогой (см. табл. 1.4)

Разновидностью плужных снегоочистителей являются плужно-щеточные, которые служат не только для сгребания, но и для сметания свежее выпавшего снега с дорожных покрытий.

Плужно-щеточные снегоочистители базируются в основном на колесных тракторах и автомобилях и разрабатывают свежее выпавший снег толщиной 0,2...0,4 м со скоростью 2,5...5,5 м/с. Наибольшее распрост-

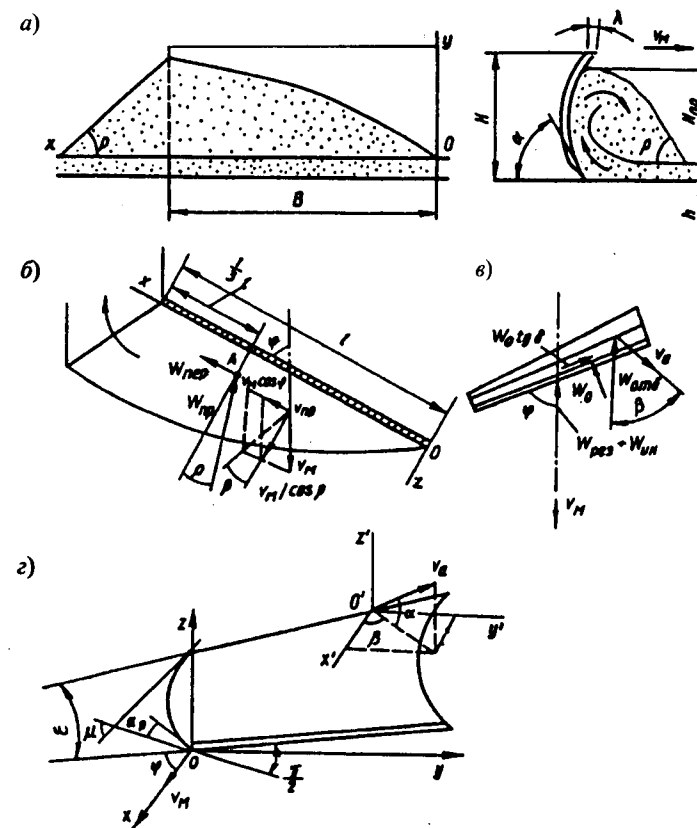


Рис. 2.2 Схемы взаимодействия отвала снегоочистителя со снегом: а — при малой рабочей скорости снегоочистителя; б — схема сил в плане (А — центр масс призмы волочения); в — схема сил, действующих на отвал в плане при большой рабочей скорости; г — геометрические параметры отвала и потока выброса снега

ранение получило плужно-щеточное оборудование, смонтированное на поливочно-моечных машинах (рис. 2.3).

Плужное оборудование этой машины состоит из поворотного отвала 1, сцепной 5 и толкающей 4 рам, механизма подъема плуга 2. Поворотная рама 6 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 — сварная конструкция в виде каркаса из уголка с приваренным к нему стальным изогнутым листом.

К нижнему продольному элементу каркаса болтами прикреплены сменные резиновые ножи 7 в виде отдельных секций.

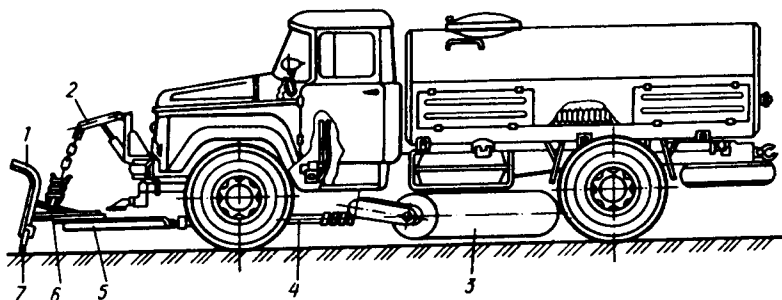


Рис. 2.3. Плужно-щеточный снегоочиститель на базе автомобиля

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 усилие, возникающее при работе плуга.

Снегоочистительное щеточное оборудование состоит из цилиндрической щетки 3, ее рамы, механизмов привода щетки и ее перемещения в рабочее и транспортное положения. Каркас цилиндрической щетки представляет собой трубу с фланцами по концам. На трубе расположена стальная профильная плита, в которую уложен стальной или капроновый ворс, прикрепленный к каркасу щетки стальным канатом. Концы каната закреплены на фланцах болтами. Щетка может получать вращение от двигателя базовой машины с помощью коробки отбора мощности, карданной передачи и конического редуктора или от гидромотора. При работе щетка вращается в сторону, обратную поступательному перемещению машины.

Гидросистема машины служит для подъема плуга и щетки и состоит из шестеренчатого насоса, гидрораспределителя, гидроцилиндров, масляного бака и трубопроводов. Гидравлические цилиндры имеют гидрозамки для фиксации положения штоков при подъеме плуга и щетки в транспортное положение.

Щеточное оборудование на снегоочистителях используется в качестве дополнительного и предназначено для сдвигания с покрытия дороги оставшегося после прохода плуга снега.

Ворс щетки отрывает снежные частицы от очищаемой поверхности и бросает их впереди щетки в сторону движения машины. Если щеточный ротор закрепить в плане под некоторым углом к продольной оси машины, то снежная масса будет отбрасываться от щетки в сторону ее поворота.

Конструктивно зимняя щетка от летней отличается ворсом большего диаметра (а следовательно, и большей жесткостью) и большей частотой вращения, которая у зимней щетки на $\approx 20\%$ выше, чем у летней.

Тяговый и энергетический балансы зимней щетки аналогичны летней, но с добавлением сопротивления $W_{рез}$, связанного с резанием убираемого снежного слоя ворсом щетки:

$$W_{рез} = B \cdot h_{ср} \cdot K_{рез} \quad (2.14)$$

где B — ширина захвата щетки, м; $h_{ср}$ — средняя высота слоя снега, срезаемого щеткой, м; $K_{рез}$ — удельное сопротивление снега резанию (см. табл. 2.3).

Качеству очистки поверхности от снега после прохода зимнего щеточного ротора уделяется особое внимание, т.к. на неочищенных участках дороги даже при незначительной остаточной толщине снежного слоя в 0,5...1 см быстро формируются снежно-ледяные образования, удаление которых — значительная проблема.

Качество очистки поверхностей резко снижается, если щеточный ротор входит в режим галопирования. Возможность возникновения галопирования у зимних щеток гораздо выше, чем у летних, из-за наличия на очищаемой поверхности зимой случайных неровностей в виде снежно-ледяных фрагментов.

Причиной возникновения галопирования может являться и неправильный выбор параметров подвески щеточного ротора к базовому шасси.

По расчетам Ю.Н. Орлова, устойчивость работы щеточного рабочего органа на базовой машине обеспечивается при скорости движения машины v . При этом щеточный ротор повторяет профиль неровностей убираемого покрытия так, что перемещение оси вращения щетки не превышает высоты неровностей и имеет частоту колебаний v :

$$v < \frac{0,9S\psi}{\pi} \text{ и } v = 0,5\psi \quad (2.15)$$

где ψ — собственная частота колебаний подвески щеточного ротора;

$\psi = l \sqrt{\frac{c}{J}}$; J — момент инерции всей подвески щеточного рабочего органа относительно поперечной оси, проходящей через узел крепления подвески к базовой машине; l — длина консоли подвески щеточного ротора; c — результирующая жесткость ворса щетки; S — средняя длина волны неровностей.

Если длина неровностей и скорость базовой машины соответствуют условию $0,5\psi \leq v \leq 1,5\psi$ и $v = (0,9...2,7) S\psi/\pi$, то амплитуда, скорость и ускорение колебаний щеточного рабочего органа значительно возрастают как при периодических, так и при единичных неровностях. Перемещение оси щетки будет больше высоты неровностей дороги. Для обеспечения устойчивой работы ротора в этом случае требуется применение амортизаторов.

При длинах неровностей и скоростях базовой машины, отвечающих условию: $v > 1,5\psi$, т.е. при $v > 2,7S\psi/\pi$, амплитуды колебаний щетки значительно снижаются.

Таблица 2.6. Техническая характеристика плужно-щеточных снегоочистителей

Наименование параметра	Единица измерения	Величина параметра
Мощность двигателя базового шасси	Квт	110...132,5
Ширина захвата:		
отвал	мм	2 100...3 100
щетка	мм	2 000...2 900
Рабочая скорость движения машины	км/ч	15...30
Максимальная высота убираемого слоя снега	мм	250...500
Максимальная частота вращения щетки	об/мин	240...260

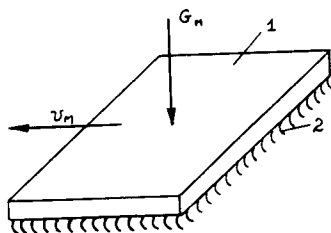


Рис. 2.4. Расчетная схема «сдвигающей» щетки

Чем меньше собственная частота колебаний подвески щетки ψ , т.е. чем мягче ворс, тем должна быть меньше скорость движения базовой машины, при которой галопирование щеточного ротора не возникает.

Техническая характеристика плужно-щеточных снегоочистителей приведена в табл. 2.6.

Совершенствование конструкций щеточных устройств для очистки поверхностей от загрязнений (пыль, мелкий мусор, листья, свежесыпавший снег и т.п.) идет по пути снижения стоимости щеточного устройства, его габаритов и материалоемкости, упрощения конструкции и повышения эффективности работы.

В этой связи представляет интерес появившаяся в США (фирма «Sveeperstep») «сдвигающая» щетка.

Эта щетка (рис. 2.4) состоит из несущего прямоугольного основания 1, комплекта кассет с ворсом 2 и подвески на базовое шасси. Ширина захвата выпускаемых фирмой щеточных устройств 1 220...2 500 мм, масса 100...160 кг (без подвески).

«Сдвигающую» щетку при ее установке под углом 90° к продольной оси базовой машины можно использовать для сбора мусора и смета летом и свежесыпавшего снега зимой. При установке к продольной горизонтальной оси базового шасси под углом $32...38^\circ$ для сдвигания убираемой массы в сторону. Учитывая компактность щеточного устройства и отсутствие необходимости в специальном приводе для его работы, щетку можно располагать под рамой базового шасси (рис. 2.5 а), перед бампером шасси (рис. 2.5 б), в сочетании с плугом (рис. 2.5 в) или вместо ножа плуга (рис. 2.5 г).

Сопротивления, возникающие при работе «сдвигающей» щетки:

$$W_{сщ} = W_{тр} + W_{деф} + W_{рез} + W_{пр} \quad (2.16)$$

где $W_{тр}$ — сила сопротивления, вызываемая трением ворса щетки о поверхность дорожного покрытия; $W_{деф}$ — сила сопротивления, вызываемая

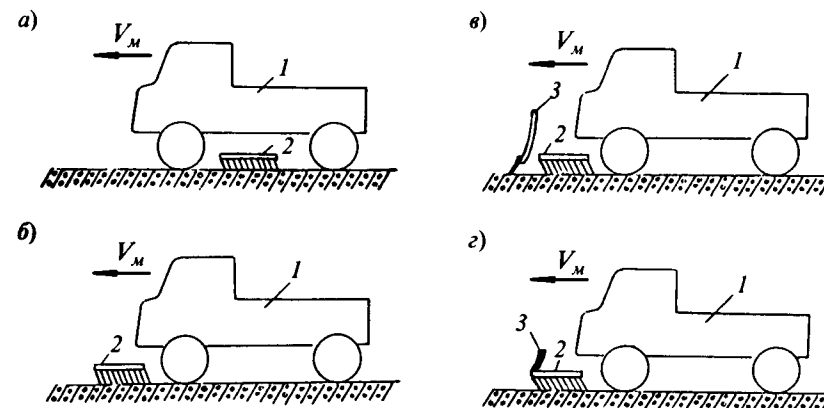


Рис. 2.5. Места расположения «сдвигающей» щетки (2) по отношению к базовому автомобилю (1) и плужному рабочему органу (3)

деформированием ворса щетки; $W_{рез}$ — сила сопротивления резанию снежного слоя ворсом щетки (см. формулу 2.15); $W_{пр}$ — сила сопротивления перемещению призмы волочения.

$$W_{пр} = G_{щ}(f \pm i) \quad (2.17)$$

где $G_{щ}$ — вес щетки, опирающейся на дорогу, Н; f — коэффициент трения ворса щетки о дорожное покрытие; i — уклон дороги.

$$W_{деф} \approx 0,583EJ \frac{S^3}{Y_k^4 \cdot Y_T} \cdot \sqrt{(1 + f_s \cdot K - \sqrt{1 - K^2})i_q}, \quad (2.18)$$

где Y_m — расстояние между точкой приложения к щетке сдвигающей силы и поверхностью дороги при деформированном ворсе; S — свободная длина прутка ворса; Y_k — расстояние между точкой заделки деформированного прутка ворса и поверхностью дороги; EJ — жесткость прутка ворса; E — модуль упругости ворса (для стальной проволоки: $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; для синтетического ворса: $E = (7,1...8)10^3$ МПа); J — момент инерции поперечного сечения прутка относительно оси, перпендикулярной продольной оси прутка; f_s — коэффициент трения ворса о дорожное покрытие: для малоуглеродистой стальной проволоки $f_s = 0,34$; для высокоуглеродистой стальной проволоки: $f_s = 0,4$; для синтетического ворса $f_s = 0,41$; i_q — общее число ворса сдвигающей щетки; K — коэффициент, зависящий от соотношения S и Y_k :

$$K \approx 0,21(S/Y_k)^{10}. \quad (2.19)$$

Ворс щетки располагается рядами. Шаг между прутками ворса в ряду определяют по формуле

$$t = d/\sin\varphi, \quad (2.20)$$

где d — диаметр прутка; φ — угол поворота щетки в плане к продольной оси машины. При этом каждый ряд прутков закрывает зазоры между прутками предыдущего ряда.

Сила сопротивления перемещению призмы волочения:

$$W_{np} \approx m_{np} g \operatorname{tg} \sin(\varphi + \delta) + [m_{np} g \operatorname{tg} \sin(\varphi + \delta)] \cos \varphi \operatorname{tg} \delta \quad (2.21)$$

Первое слагаемое формулы — сила сопротивления, возникающая в результате трения призмы волочения разрабатываемого снега о дневную поверхность, она приложена к центру масс призмы и направлена в сторону, противоположную вектору абсолютной скорости движения призмы; второе слагаемое — сопротивление перемещению призмы вдоль лобового ряда прутков ворса щетки в проекции на ось движения машины; m_{np} — масса призмы волочения:

$$m_{np} = \frac{B^2 \cdot h \cdot \rho_{сн} \cdot \cos \delta}{2 \cdot \sin \varphi \cdot \cos(\varphi + \delta)}, \quad (2.22)$$

где $\rho_{сн}$ — плотность снега в естественном залегании до взаимодействия с отвалом, кг/м³; h — толщина удаляемого слоя снега, м; φ — угол установки щетки в плане, град; δ — угол внешнего трения снега о поверхность лобового ряда прутков ворса щетки; B — ширина захвата щетки, м.

Угол внешнего трения δ и собственно коэффициент внешнего трения $\operatorname{tg} \varphi$ (см. табл. 2.4) больше, чем аналогичные значения углов и коэффициентов для гладкой металлической поверхности отвала.

В табл. 2.7 приведены характеристики износа щеточных устройств, используемых для очистки городских дорог в зимний и летний периоды.

Скоростной плужный снегоочиститель (рис. 2.6) монтируется на автомобиле 2 и разрабатывает свежесвыпавший снег толщиной 0,2...0,4 м со скоростью до 10 м/с (40 км/ч). Эти снегоочистители применяют в основном на загородных дорогах для отбрасывания снега за один проход за обочину дороги и в придорожный кювет. Передний отвал 3 скоростного снегоочистителя выполнен в виде конической поверхности с переменным по длине отвалом радиусом кривизны.

Передний отвал снабжен противоаварийным устройством, предохраняющим рабочий орган и автомобиль от поломок при встрече с непреодолимым препятствием. Боковое крыло 1 расположено с правой стороны автомобиля у задней части кузова. Передний отвал и боковое крыло устанавливаются в рабочее и транспортное положения гидросистемой. Над передним отвалом размещен откидной козырек, предотвращающий забрасывание снежной пыли на кабину водителя.

На тыльной стороне отвала смонтировано предохранительное устройство, рычаги которого связывают вместе верхнюю и нижнюю части отвала. В рабочем положении передний отвал опирается на четыре лыжи. Боковое крыло с рабочими углами захвата 60° и резания 30° монтируется на

Таблица 2.7. Характеристика износа различных видов ворса при стендовых испытаниях (по Б.М. Долганину)

Вид ворса	Сечение ворса, мм	Количество ворсин в пучке, шт.	Площадь поперечного сечения прутка, см ²	Общая опорная площадь пучка, см ²	Общая нагрузка на пучок, кг	Удельное давление, кг/см ²	Скорость скольжения ворса, м/с	Расчетный износ ворса, мм/км
Дедерон	Ø 0,7	250	0,038	0,950	0,25	0,26	6,65	0,004
Капрон	1,2×1,4	46	0,0133	0,60	0,48	0,80	6,65	0,009
Капрон	1,6×1,8	37	0,0228	0,84	0,82	0,98	6,65	0,018
Капрон	1,8×2,2	18	0,0314	0,565	0,80	1,42	6,65	0,02
Силон	Ø 1,4	35	0,0154	0,58	0,49	0,84	6,65	0,01
Капрон	1,6×1,8	37	0,0228	0,84	0,82	0,98	6,65	0,018
Кордная проволока	Ø 0,5	80	0,00196	0,157	0,45	3,0	6,65	0,05

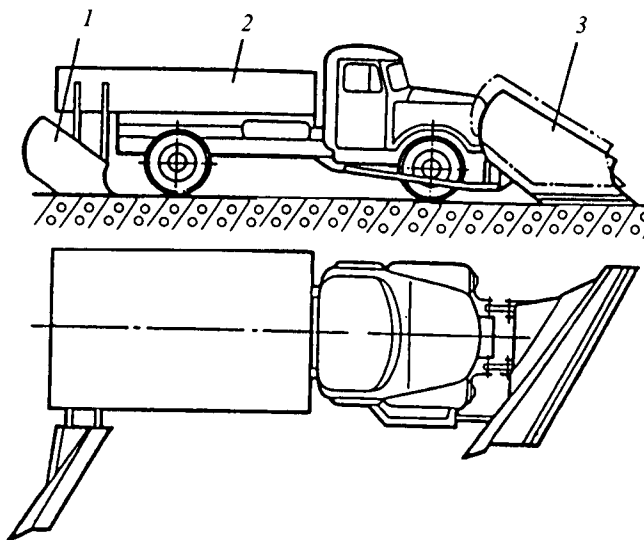


Рис. 2.6. Скоростной плужный снегоочиститель

металлоконструкции, состоящей из двух балок. Боковое крыло в рабочем положении удерживается в одной плоскости рычагами параллелограммной системы, в другой плоскости — тягой, присоединенной к стойке, закрепленной на правой продольной балке рамы автомобиля. При установке крыла в транспортное положение тяга отсоединяется, укладывается вдоль правого борта автомобиля, а крыло поворачивается и располагается вдоль заднего борта и крепится к нему. При работе кузов автомобиля загружают балластом (1,5 т).

Снег с плуга выбрасывается под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту и под углом β к направлению движения машины со скоростью v_m , продолжая полет по баллистической траектории.

Абсолютная скорость полета снега:

$$v_a = v_m \sqrt{2(1 + \cos \alpha \cdot \cos \beta)}. \quad (2.23)$$

Дальность (м) отбрасывания снега отвалом в направлении, перпендикулярном оси движения машины:

$$l_{max} = K_l (v_m^2 / g) \sin 2\alpha \cdot \sin \beta, \quad (2.24)$$

где K_l — коэффициент, учитывающий уменьшение дальности отбрасывания вследствие аэродинамического сопротивления. $K_l = 0,5 \dots 0,75$.

Суммарное сопротивление (Н), возникающее при работе скоростного плужного снегоочистителя:

$$W = W_{рез} + W_{под} + W_{пер} + W_{ин} + W_{отб} + W_{тр} + W_m. \quad (2.25)$$

$W_{рез}$ — аналогично для снегоочистителей сдвигающего действия (см. формулу 2.5).

$$W_{под} = W_o \cdot \sin \varphi,$$

$$\text{где } W_o = \frac{2BR_{cp} \cdot h \cdot \rho_{сн} \cdot v_m^2}{g \cdot \sin \varphi \cdot \cos \delta} \cos(0,5\mu + \alpha) \cos(0,5\mu - \alpha - \delta), \quad (2.26)$$

где R_{cp} — средний радиус кривизны отвала,

$$R_{cp} = 0,5(R_{пер} + R_{зад}); \quad (2.28)$$

$$W_{пер} = W_o \operatorname{tg} \delta \cos \varphi; \quad (2.29)$$

$$W_{ин} = Bh\rho_{сн}v_m^2 \cdot \sin^2 \varphi / \sin^2(\varphi + \delta) / (2g \cos^2 \delta); \quad (2.30)$$

$W_{отб}$ — сопротивление отбрасыванию снега:

$$W_{отб} = Bh\rho_{сн}v_m^2(1 + \cos \alpha \cdot \cos \beta) \cos \beta; \quad (2.31)$$

$W_{тр}$ и W_m — аналогичны снегоочистителям сдвигающего действия.

Техническая производительность плужных снегоочистителей:

— при патрульном содержании дорог ($\text{м}^2/\text{ч}$):

$$\Pi_{тех} = 3600(B - B_{пер})v_m; \quad (2.32)$$

где B — ширина очищаемой полосы, м; $B_{пер}$ — ширина перекрытия проходов ($B_{пер} = 0,2 \dots 0,3 \text{ м}$); v_m — скорость движения машины, м/с.

— при уборке снега после снегопада ($\text{м}^3/\text{ч}$):

$$\Pi_{тех} = 3600(B - B_{пер})h v_m \quad (2.33)$$

где h — толщина снежного покрова, м.

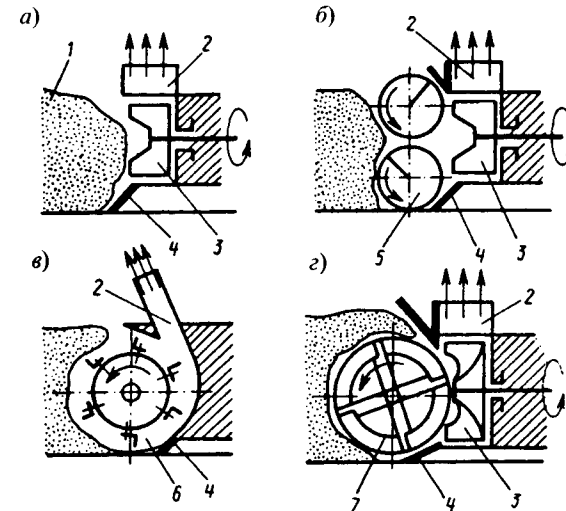


Рис. 2.7. Типы рабочих органов роторных снегоочистителей

Роторные снегоочистители предназначены для очистки дорожных покрытий от снега путем его переброски на резервные площадки или погрузки в транспортные средства для вывоза за пределы очищаемого объекта.

В качестве базовых машин для роторных снегоочистителей используются автомобили и специальные шасси автомобильного типа, гусеничные и колесные тракторы. Средняя ширина захвата роторных снегоочистителей составляет 2,5...3,2 м; толщина разрабатываемого снежного покрова до 1,2...2,0 м; дальность отбрасывания снега дорожными снегоочистителями 18...20 м; рабочая скорость — 0,3...5,0 км/ч.

Главным параметром роторных снегоочистителей является производительность, по которой их разделяют на легкие (производительностью до 200 т/ч), средние (производительность до 1 000 т/ч) и тяжелые (производительность более 1 000 т/ч).

По типу рабочего органа роторные снегоочистители подразделяются: плужно-роторные, шнекороторные и фрезерно-роторные.

Плужно-роторные снегоочистители (рис. 2.7 а) разрабатывают снежный забой 1 ротором 3 путем подгребания снега плугом — ножом 4 при поступательном движении машины и отбрасывания снега направляющей улиткой 2. Поэтому плужно-роторные снегоочистители применяют обычно на сухом и рыхлом снеге небольшой плотности.

Для разработки снега средней плотности ($\rho_{сн} = 200 \dots 300 \text{ кг/м}^3$) применяют шнекороторные снегоочистители с двумя шнековыми питателями и более, расположенными в вертикальной плоскости, перпендикулярной оси движения машины.

Шнекороторный снегоочиститель, показанный на рис. 2.7 б, разрабатывает снежный массив 1 двумя шнеками 5, расположенными один над другим. Питание ротора 3 в этом снегоочистителе осуществляется в значительной степени за счет поступательного движения машины. Шнекороторные снегоочистители имеют значительную производительность, но не могут эффективно разрабатывать слежавшийся плотный снег.

Снег большой плотности ($\rho_{\text{сн}} > 300 \text{ кг/м}^3$) целесообразно разрабатывать фрезерными снегоочистителями. Фрезерный снегоочиститель (рис. 2.7 в) имеет совмещенный рабочий орган в виде барабана с навешенными винтовыми лопастями 6, который разрабатывает забой 1 и с помощью улитки 2 отбрасывает снег в сторону. Обладая высокой режущей способностью, снегоочиститель имеет, однако, малую производительность и небольшую дальность отбрасывания снежной массы в связи с малой окружной скоростью барабана.

Фрезерно-роторный снегоочиститель (рис. 2.7 г) представляет собой комбинацию фрезерного питателя, выполняемого обычно в виде безбарабанного многозаходного ленточного шнека 7 и одного или двух роторов-метателей 3.

В качестве дополнительного оборудования роторных снегоочистителей применяют направляющий аппарат выброса снега для погрузки его в городских условиях в транспортные средства, регуляторы окружных скоростей питателя и метателя аппарата, устройства для обрушения верхнего свода снежного забоя при большой толщине снежного покрова.

На рис. 2.8 показан снегоочиститель с фрезерно-роторным рабочим органом. Он предназначен для переброски снега, собранного в валы и кучи, на резервную зону внутриквартальной территории, а также для погрузки снега в транспортные средства.

Оборудование смонтировано на колесном тракторе 3 и состоит из рамы рабочих органов 4, фрезерного питателя 6, ротора 8, кожухов ротора и фрез 2 и 5, направляющего аппарата для снега 1, механизма привода рабочих органов.

Рабочее оборудование навешивается на переднюю подъемную раму трактора с помощью специальных захватов и закрепляется болтами. Фрезерный питатель состоит из двух секций с трехзаходными фрезами левого и правого вращения. Боковые стенки кожуха имеют подшипниковые опоры для крепления валов фрезерного питателя. Фрезы при работе снегоочистителя выполняют сразу две функции: разрыхляют снежную массу за счет спиральной формы фрезы и перемещают разрыхленную массу к центру питателя в зону работы ротора. Фрезы приводятся в работу от коробки отбора мощности трактора через цилиндрический редуктор 10 с предохранительной муфтой 9 и конический редуктор 7. Частота вращения фрез составляет 105 мин^{-1} . За фрезерным питателем на выходном валу цилиндрического редуктора установлен четырехлопастный ротор 8 с направляющим аппаратом (рис. 2.8 б). Частота

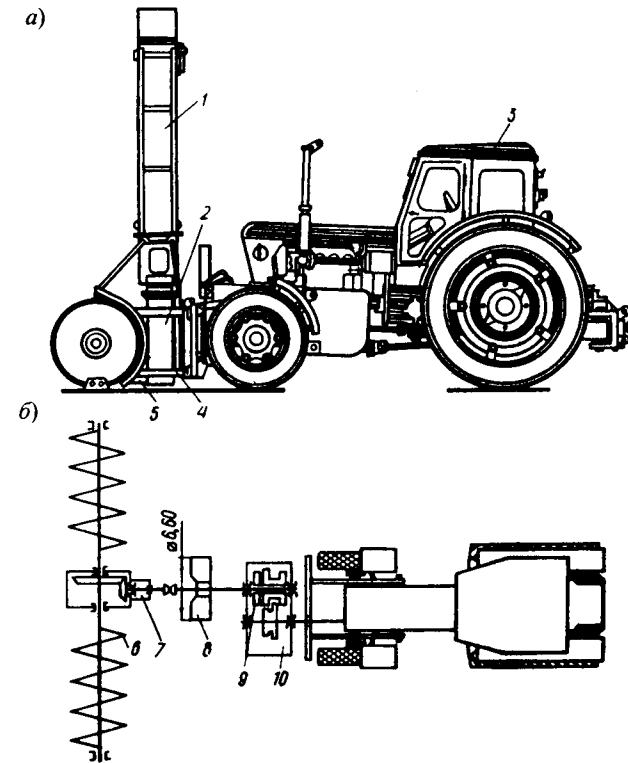


Рис. 2.8. Снегоочиститель с фрезерно-роторным рабочим органом: а — общий вид; б — кинематическая схема

вращения ротора равна 480 мин^{-1} . Рабочая скорость передвижения фрезерно-роторного снегоочистителя составляет $0,65 \text{ км/ч}$.

Необходимое направление перемещения снега обеспечивается за счет регулировки положения козырька, установленного на выходе направляющего аппарата. Для изменения положения козырька в конструкции снегоочистителя предусмотрен гидроцилиндр.

Цилиндрический редуктор — двухскоростной, что позволяет использовать снегоочиститель как на погрузке снега, так и для перекидки его в отвал на резервную зону.

При работе снегоочистителя затрачивается мощность на преодоление следующих сопротивлений:

- 1) сопротивление W_1 перемещению автомобиля или трактора, на которых смонтирован снегоочиститель;
- 2) сопротивление, возникающее при работе питателя (шнеков, фрезы или плуга);
- 3) сопротивление, возникающее при работе роторов.

Соппротивление W_1 находится по формуле (Н):

$$W_1 = (G_a + G_o)(f + i)g, \quad (2.34)$$

где G_a — масса автомобиля (трактора), кг; G_o — масса снегоочистительного оборудования, кг; f — коэффициент сопротивления передвижению; i — максимальный уклон дороги; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Мощность на преодоление этого сопротивления (Вт):

$$P_1 = W_1 v_u, \quad (2.35)$$

где v_u — рабочая скорость снегоочистителя, м/с.

Соппротивления, возникающие при работе плужного питателя, рассчитываются по той же методике, что и для плужных снегоочистителей.

При работе шнека мощность P_2 , затрачиваемая на преодоление сопротивлений, складывается из мощности P'_2 , расходуемой на вырезание снега, и P''_2 — на перемещение снега:

$$P_2 = P'_2 + P''_2, \quad (2.36)$$

$$\text{где } P'_2 = \frac{k_o(D-d)L_{ш}n_{ш}s}{2 \cdot 60}, \quad (2.37)$$

$$P''_2 = \frac{P_{ш}L_{ш}tg(\alpha_o + \epsilon_o)}{tg\alpha_o}, \quad (2.38)$$

где k_o — коэффициент сопротивления снега резанию, Па; D — диаметр шнека, м; d — диаметр вала шнека, м; $L_{ш}$ — длина шнека, м; $n_{ш}$ — частота вращения шнека, об/мин; s — шаг шнека, м; $P_{ш}$ — производительность шнека, кг/с; ϵ_o — угол трения снега о металл; α_o — угол подъема винтовой линии.

Производительность шнека (в кг/с):

$$P_{ш} = \frac{\pi D^2 s n_{ш} \psi_{ш}}{4 \cdot 60} \rho_c, \quad (2.39)$$

где ρ_c — плотность снега, кг/м³; $\psi_{ш}$ — коэффициент наполнения шнека снегом.

Мощность P_3 , затрачиваемая на работу ротора, складывается из мощности P'_3 , требуемой на отбрасывание массы снега, и мощности P''_3 на преодоление сопротивления трения снега о стенки кожуха:

$$P_3 = P'_3 + P''_3. \quad (2.40)$$

На отбрасывание массы снега M требуется затратить энергию (Дж):

$$A = \frac{M v_u^2}{2} g, \quad (2.41)$$

где v_u — абсолютная скорость частицы снега, м/с.

Так как $v_u = R\omega\sqrt{1+k_1^2}$, получим (Дж):

$$A = \frac{MR^2\omega^2(1+k_1^2)}{2} g, \quad (2.42)$$

где R — радиус ротора, м; ω — угловая скорость ротора, с⁻¹; k_1 — коэффициент, зависящий от угла разгрузки.

Время, затрачиваемое на эту работу, равно времени одного оборота ротора (с)

$$t_p = 60/n, \quad (2.43)$$

где n — частота вращения ротора, об/мин.

Следовательно, (Вт):

$$P'_3 = \frac{A}{t_p} = \frac{MR^2\omega^2(1+k_1^2)n}{2 \cdot 60} g; \quad (2.44)$$

подставив значение $\omega = \pi n / 30$, получим:

$$P'_3 = 0,9MR^2n^3(1+k_1^2)10^{-3}. \quad (2.45)$$

Величина M находится по производительности ротора P_p . Принимая P_p в кг/м и учитывая, что за 1 с ротор совершает $n/60$ оборотов, находим (в кг):

$$M = 60P_p/n. \quad (2.46)$$

Соппротивление от трения возникает под действием центробежной силы, прижимающей снег к внутренней поверхности кожуха ротора, и равно, Н:

$$W_2 = f_c MR\omega^2 g, \quad (2.47)$$

где $f_c = tg\delta$ — коэффициент внешнего трения снега.

Мощность, требуемая для преодоления этого сопротивления (Вт):

$$P''_3 = \frac{2\pi f_c MR\omega^2 Rn}{60} g = f_c MR^2n^3 10^{-2}. \quad (2.48)$$

Таким образом, мощность, затрачиваемая на шнеко-роторный снегоочиститель:

$$P = P_1 + P'_2 + P''_2 + P'_3 + P''_3. \quad (2.49)$$

Производительность роторного снегоочистителя по массе (в кг/с):

$$P_{сн} = Bhv_u\rho_c \quad (2.50)$$

где B — ширина захвата, м; h — толщина удаляемого снежного покрова, м; v_u — рабочая скорость снегоочистителя, м/с; ρ_c — плотность снега, кг/м³.

Производительность ротора P_p принимается равной производительности снегоочистителя: $P_p = P_{сн}$.

При нормальной работе снегоочистителя скорость вращения ротора и шнеков зависит от поступательной скорости снегоочистителя, поскольку производительность этих агрегатов должна равняться производительности снегоочистителя.

Из сопоставления производительности каждого агрегата можно установить, что производительность снегоочистителя находится в гиперболической зависимости от толщины удаляемого снежного покрова.

В реальных условиях работы снегоочистителя снежный покров имеет переменные толщину и плотность, поэтому для обеспечения эффективной работы снегоочистителя в разнообразных условиях ходовая часть трансмиссии машины должна позволять плавно и быстро изменять рабочие скорости в значительном диапазоне, что достигается за счет применения гидродинамических трансмиссий.

Коэффициент полезного действия (КПД) снегоочистителей позволяет оценить эффективность выполнения рабочими органами операций отделения снега от массива, транспортирования его к лопастному ротору и сообщения снегу кинетической энергии. Различают КПД внутренний и внешний. Внутренний КПД:

$$\eta_1 = 2,72 \cdot 10^{-3} P_{\text{мех}} \omega^2 R^2 / (P_{\text{дв}} \eta_{\text{тр}}), \quad (2.51)$$

где $P_{\text{дв}}$ — мощность двигателя привода рабочих органов или установочная мощность двигателя базовой машины, кВт; $\eta_{\text{тр}}$ — КПД трансмиссии привода рабочих органов, $\eta_{\text{тр}} = 0,9$.

Внутренний КПД позволяет оценить потери энергии внутри рабочего органа между приводом и направляющим патрубком метательного аппарата. Для современных снегоочистителей с одним двигателем на базе гусеничных тракторов $\eta_1 = 0,5—0,6$, на базе автомобилей $\eta_1 = 0,065—0,075$, для двухдвигательных снегоочистителей $\eta_1 = 0,85—0,9$.

Критерием оценки общей эффективности рабочих органов, включая операцию отбрасывания снега, является внешний КПД:

$$\eta_2 = 2,72 \cdot 10^{-3} P_{\text{мех}} g l / (P_{\text{дв}} \eta_{\text{тр}}). \quad (2.52)$$

При малой дальности отбрасывания l наибольшее влияние на величину η_2 оказывают потери энергии на резание снега и транспортирование его к метательному аппарату. При большом значении l определяющее влияние оказывает аэродинамическое сопротивление. Для средней дальности отбрасывания снега внешний КПД современных роторных снегоочистителей $\eta_2 = 0,33—0,43$. Внешний КПД позволяет в первом приближении обосновать выбор рационального режима работы снегоочистителя — скорости машины (м/с):

$$v_{\text{м}} = 102 P_{\text{дв}} \eta_{\text{тр}} \eta_2 / (l B \rho_c) g. \quad (2.53)$$

Таблица 2.8. Техническая характеристика роторных снегоочистителей

Наименование параметров	Единица измерения	Величина параметра	
		питатель шнекового типа	питатель фрезерного типа
Мощность двигателя:			
— для привода ходовой части	кВт	99...130	162
— для привода рабочего органа	кВт	110...300	10...40
Ширина захвата	м	2,5...3,4	1...3
Высота убираемого слоя снега	м	1,2...1,5	0,5...2
Дальность отбрасывания снежной массы	м	15...35	8...50
Ротор:			
— диаметр	мм	970...1 230	500...1 600
— частота вращения	об/мин	270...430	340...700
Шнеки:			
— количество	шт	2...3	
— диаметр	мм	450...550	—
— частота вращения	об/мин	300...350	
Фреза:			
— диаметр	мм	—	350...700
— частота вращения	об/мин		210...390
Скорость перемещения (рабочая)	км/ч	0,3...12	0,34...2,8
Производительность	т/ч	600...1 400	100...3 000

При конструировании роторных снегоочистителей особое внимание должно уделяться рациональному распределению массы машины по осям. Крепление рабочего оборудования массой 2...2,5 т впереди машины вызывает перегрузку передней оси, затрудняет управление машиной и ограничивает ее маневренность. Необходимо стремиться приблизить центр массы к центру машины и по возможности уменьшить массу рабочего оборудования. Чтобы исключить выглубление рабочего органа из снежного массива при работе на тяжелом снегу в системе управления машиной следует предусмотреть гидравлические цилиндры двойного действия для подъема и опускания рабочей части, которые позволяют в случае необходимости жестко соединить рабочее оборудование с автомашиной или трактором и тем самым передать их массу на рабочее оборудование.

Основными направлениями развития роторных снегоочистителей являются следующие: увеличение производительности, повышение рабочих скоростей, создание рабочих органов, позволяющих разрабатывать снег различной прочности, повышение надежности рабочего оборудования, снижение энергоемкости, увеличение дальности отбрасывания снега, повышение уровня технического обслуживания, компьютеризации и эргономических качеств.

Технические характеристики современных роторных снегоочистителей приведены в табл. 2.8.

2.3. Снегопогрузочные машины

Для погрузки снега в транспортные средства используются специализированные машины — снегопогрузчики, а также строительные одноковшовые погрузчики.

Снегопогрузчики предназначены для погрузки снега в транспортные средства из валов и куч, образованных после снегоочистки. Они состоят из двух основных исполнительных органов — питателя, предназначенного для отделения от основного массива некоторых объемов погружаемого материала и перемещения их на второй орган — конвейер, транспортирующий материал в загружаемый автомобиль.

Наиболее распространены снегопогрузчики, снабженные питателем лапового типа (рис. 2.9 а) и скребковым цепным конвейером. Лаповый питатель машины расположен на внешней поверхности лопаты и состоит из диска 4, передающего движение лапе 1 и балансиру 3. На диске эксцентрично расположена ось балансира, куда входит направляющий сухарь 2, закрепленный на лопасти. При вращении диска балансир совершает колебательные, а лапа — захватывающие движения. При движении машины нож лопаты встречается с валом снега и разрушает его напорным усилием, которое зависит от коэффициента сцепления ведущих колес снегопогрузчика с дорогой. Лапы питателя захватывают порции снега и перемещают их на транспортер. Отделение снега от основного массива при встрече с ножом происходит по наклонным поверхностям, что вызывает всплывание лопаты над наиболее уплотненным и прочным нижним слоем снега, его неполное удаление с поверхности дороги и, как следствие, снижение эффективности работы снегопогрузчика. Для устранения указанного недостатка универсальные снегопогрузчики снабжают для разработки валов снега или других материалов активным рабочим органом фрезерного типа (рис. 2.9 б). Фрезы 5 питателя — двухзаходные с правым и левым направлениями спирали. При движении машины вперед снег отделяется лопастями фрезы от массива, перемещается с правой и левой стороны вала к центру машины, где попадает на конвейер 6 и подается к транспортным средствам.

Снегопогрузчики являются машинами непрерывного действия; монтируют их на специальных шасси с использованием унифицированных агрегатов и узлов автомобилей или колесных тракторах. В специальное оборудование снегопогрузчиков входят питатель, конвейер и механизмы привода рабочих органов. Снегопогрузчики, как правило, одномоторные, т.е. рабочее оборудование и ведущие колеса шасси приводятся в движение от одного двигателя.

Снегопогрузчик, показанный на рис. 2.10, смонтирован на пневмоколовом специальном шасси с колесной формулой 2х2 и состоит из лопаты с питателем 7, стрелы с транспортером 1, гидроподъемника 4, силовой установки 3, трансмиссии 6, опорных колес 8 и кабины 5.

Шасси погрузчика — полноприводное с передним неуправляемым и задним управляемым мостами. Двигатель установлен сзади под стрелой

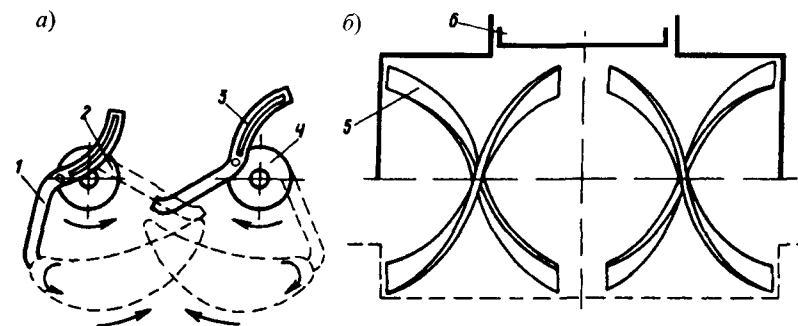


Рис. 2.9. Рабочие органы снегопогрузчиков: а — лапового типа; б — фрезерного типа

транспортера и закрыт облицовками. Привод ходового механизма осуществляется от двигателя через фрикционную однодисковую муфту сцепления, коробку перемены передач и раздаточную коробку на передний и задние мосты. Для снижения скорости движения машины до рабочих (1,17 м/с) применен ходоуменьшитель.

Рабочий орган погрузчика состоит из лапового питателя, оборудованного загребальными лапами, и скребкового транспортера, смонтированного на стреле. Привод рабочих органов осуществляется от коробки отбора мощности. Для предохранения трансмиссии от перегрузок, возникающих на рабочем органе, на коробке отбора мощности установлена муфта предельного момента. В верхней части стрелы транспортера установлена натяжная система, а в нижней закреплен приводной вал цепи транспортера. В рабочее положение стрела поднимается гидроцилиндром, а в транспортном положении стрела лежит на опорной раме.

Ширина захвата лапового питателя 2,46 м, а высота погрузки снега до 3,6 м. Гидропривод машины состоит из масляного бака с фильтром, шестеренчатого насоса, гидрораспределителя, силовых цилиндров и гидромотора ходоуменьшителя. Рабочее давление в гидросистеме составляет 10 МПа. Все рычаги управления машиной выведены в кабину водителя, установленную за питателем слева по ходу машины.

При работе снегопогрузчика с лаповым питателем возникают следующие сопротивления:

1. Сила (Н) сопротивления срезанию объема снега лопатой питателя:

$$W_1 = Sh_{cp} \cdot K_{cp}, \quad (2.54)$$

где S — ширина полосы, срезаемой лопатой за один ход, м (измеряется в направлении движения снегопогрузчика); h_{cp} — средняя высота слоя снежной массы, срезаемой лопатой, м; K_{cp} — коэффициент сопротивления снега срезанию, МПа;

$$S \approx v_m / n_d \quad (2.55)$$

где v_m — рабочая скорость снегопогрузчика, м/с; n_d — число рабочих ходов лапы в единицу времени.

2. Сила, H , сопротивления перемещению срезанного объема снега по поверхности лопаты:

$$W_2 = m_c(f_1 \cos \gamma + \sin \gamma)g, \quad (2.56)$$

где m_c — масса снега, срезанного за рабочий ход лопаты и перемещаемого к транспортеру; f_1 — коэффициент трения снега по поверхности лопаты:

$$m_c = Sh_{cp} \cdot B \cdot \rho_c / 2, \quad (2.57)$$

где B — средняя ширина погружаемого вала снега; ρ_c — плотность снега, кг/м³; γ — угол наклона лопаты к дорожному покрытию.

3. Сила, H , сопротивления при подъеме снега транспортером:

$$W_3 = m_{mp}g \cdot \cos \beta, \quad (2.58)$$

где m_{mp} — масса снега, находящегося на транспортере:

$$m_{mp} = PL / v_1; \quad (2.59)$$

P — производительность снегопогрузчика, кг/с; L — длина рабочей части транспортера, м; v_1 — скорость транспортера, м/с; β — угол между транспортером и покрытием дороги, град.

4. Сила, H , сопротивления движению транспортера:

$$W_4 = f_2 m_k g \cdot \cos \beta, \quad (2.60)$$

где f_2 — коэффициент сопротивления движению транспортера; m_k — масса транспортера, кг.

5. Сила, H , сопротивления перемещению лопаты:

$$W_5 = m_d \cdot g(f_3 \pm i), \quad (2.61)$$

где m_d — масса лопаты, кг; f_3 — коэффициент трения металла о дорожное покрытие; i — уклон местности, выраженный через синус угла наклона дороги.

6. Сила, H , сопротивления перемещению машины:

$$W_6 = (m_m + m_d)g(f_{кач} \pm i), \quad (2.62)$$

где m_m — масса машины; $f_{кач}$ — коэффициент сопротивления перемещению машины.

Мощность силового оборудования, кВт, необходимая для привода снегопогрузчика с лаповым питателем в работу:

$$P = \frac{2(W_1 \cdot 0,5B + W_2 l_1) K_d n_d}{1000 \eta_1} + \frac{(W_3 + W_4) v_1 \epsilon}{1000 \eta_2} + \frac{(W_5 + W_6) v_m}{1000 \eta}, \quad (2.63)$$

где первые два слагаемых — мощность, передаваемая от двигателя через

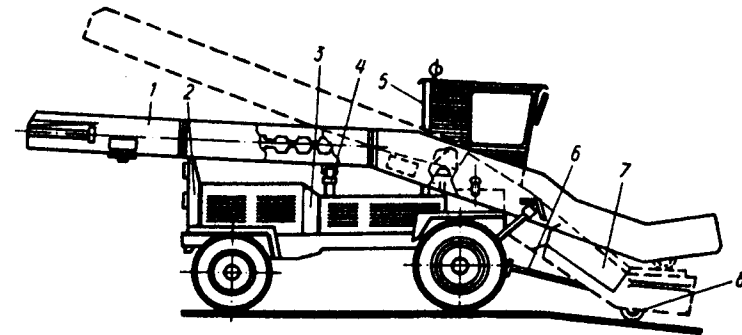


Рис. 2.10. Снегопогрузчик с питателем лапового типа

коробку отбора мощности на рабочие органы снегопогрузчика. Третье слагаемое — мощность, необходимая для привода ведущих колес машины; l_1 — длина пути перемещения снега лопатой к транспортеру после срезания; 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; ϵ — коэффициент, характеризующий сопротивление в подшипниках звездочек цепи транспортера: $\epsilon = 1,25$; η_2 — КПД трансмиссии от двигателя к транспортеру; η — КПД передачи от двигателя к ведущим колесам.

Снегопогрузчик с фрезерным питателем. Рабочий орган погрузчика состоит из фрезерного питателя, который собирает снег и другие сыпучие материалы и перемещает их к центру питателя, забрасывая на погрузочный транспортер. Фрезерный питатель включает фрезерный рабочий орган и защитный кожух. Каждый шнек фрезы имеет съемные износостойкие накладки. Положение фрезы регулируется по высоте (она может устанавливаться на одном уровне с ножом, которым оснащен защитный кожух). По обеим сторонам кожуха установлены опорные полозья, которые также допускают регулировку установки кожуха вместе с фрезой по высоте. Защитный кожух фрезы крепится к нижнему транспортеру. Нижний транспортер на промежуточной опоре шарнирно соединен с верхним транспортером. Подъем рабочего органа, а также установка транспортера по высоте производятся гидроцилиндрами. На погрузчике предусмотрена дистанционная система управления двигателем, ходоуменьшителем, коробкой передач и раздаточной коробкой.

При работе снегопогрузчика, оснащенного фрезерным питателем, возникают нижеследующие сопротивления:

$$W_1 = m_{mp} \cdot g \cos \beta, \quad (2.64)$$

где m_{mp} — масса снега, находящегося на транспортере; β — угол между транспортером и покрытием дороги, град.

Сила, H , сопротивления при движении ленты транспортера:

$$W_2 = f \cos \beta (m_k + m_{mp} + m_{pol})g, \quad (2.65)$$

где f — коэффициент сопротивления в опорах транспортера ($f = 0,02 \dots 0,04$); m_k — масса ленты транспортера, кг; m_{pol} — масса поддерживающих роликов, кг; m_{mp} — масса снега, находящегося на транспортере, кг.

Сила, H , сопротивления при перемещении питателя:

$$W_3 = m_{\pi} g (f_3 \pm i), \quad (2.66)$$

где m_{π} — масса питателя, приходящегося на дорожное покрытие, кг.

Сила (H) сопротивления перемещению машины:

$$W_4 = (m_m + m_{\pi})g(f_{кач} \pm i). \quad (2.67)$$

Работа, затрачиваемая на срезание стружки снега лопастями фрезы:

$$A_1 = \frac{v_m}{n_{\pi} \cdot Z} \cdot K_{cp} \cdot R \cdot b(1 - \cos \theta_o), \quad (2.68)$$

где θ — угол, определяющий высоту разрабатываемого слоя снега (рис. 2.11); v_m — скорость движения машины, м/с; n_{π} — частота вращения фрезы питателя, с⁻¹; Z — число заходов лопастей фрезы; K_{cp} — коэффициент сопротивления снега срезанию, МПа; b — ширина срезаемой фрезой стружки, м; R — радиус фрезы, м.

Работа, затрачиваемая на сообщение снегу скорости отбрасывания при вращении фрезы с угловой скоростью ω :

$$A_{ck} = 0,5 m_o R^2 \omega^2 K_{ck} \sin^2 \alpha, \quad (2.69)$$

где m_o — масса снега, подаваемая за один оборот фрезы, кг; K_{ck} — коэффициент, учитывающий распределение снега по витку лопасти фрезы ($K_{ck} = 0,8 \dots 1,0$); α — угол наклона винтовой линии лопастей фрезы:

$$\alpha = \arctg(S/2\pi R), \quad (2.70)$$

S — шаг лопастей фрезы, м.

Затраты энергии на перемещение снега фрезой к транспортеру в единицу времени:

$$A_0 = 0,5 \Pi f_c B g, \quad (2.71)$$

где Π — производительность машины, кг/с; f_c — коэффициент внешнего трения снега; B — ширина захвата машины.

Мощность P , кВт, необходимая для работы машины:

$$P = \frac{(A_1 + A_{ck})n_{\pi}}{1000\eta_1} + \frac{(W_1 + W_2)v_1}{1000\eta_2} + \frac{A_0 \operatorname{tg}(\alpha + \rho)}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{(W_3 + W_4)v_m}{1000g}, \quad (2.72)$$

где ρ — угол внешнего трения снега о лопасть фрезы.

Техническая производительность снегопогрузчиков определяется по формуле:

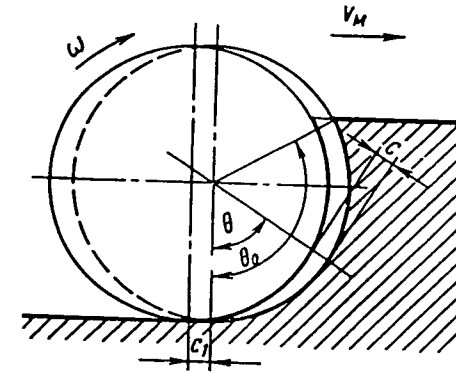


Рис. 2.11. Расчетная схема фрезерного рабочего органа

$$P_T = 3600 B \cdot P \cdot v_p, \quad (2.73)$$

где B — средняя ширина погружаемого вала снега, м; h — средняя высота погружаемого вала снега, м; v_p — рабочая скорость машины, м/с.

При определении эксплуатационной производительности необходимо учитывать размеры снежного вала, потери времени на маневрирование при подаче транспортных средств под погрузку и т.п.

Эксплуатационная производительность определяется для двух случаев: при полной и частичной обеспеченности транспортными средствами для погрузки снега.

При полной обеспеченности транспортными средствами эксплуатационная производительность (в м³/ч) определяется следующей формулой:

$$\Pi_3 = B \cdot h \cdot v_p (3600 - n t_m) K_B, \quad (2.74)$$

где t_m — время маневрирования транспортных средств при подъезде к погрузчику и отъезде от него, с; n — количество транспортных средств, обслуживаемых погрузчиком в течение 1 часа; K_B — коэффициент использования погрузчика по времени, равный:

$$K_B = \frac{t_p - t_{nep} - t_x}{t_p}, \quad (2.75)$$

где t_p — рабочее время погрузчика, ч; t_{nep} — продолжительность переездов погрузчика при работе от одного снежного вала к другому, с; t_x — продолжительность холостых пробегов, с.

Эксплуатационная производительность при неполной обеспеченности транспортными средствами под погрузку определяется:

$$\Pi_3 = B \cdot h \cdot v_p (3600 - n t_m - t_{\pi}) K_B, \quad (2.76)$$

где t_{π} — продолжительность ожидания транспортных средств под погрузку, с.

Таблица 2.9. Техническая характеристика отечественных снегопогрузчиков

Наименование параметра	Единица измерения	С лаповым питателем	С фрезерным питателем
Мощность двигателя базового шасси	кВт	36...86	55...86
Ширина захвата	м	2,35...2,66	2,3...2,35
Скорость:	км/ч		
— рабочая		0,2...3,5	0,07...2,7
— транспортная		20...30	25...40
Вылет стрелы транспортера	мм	2 100...2 700	1 900
Высота погрузки	м	3,6...3,8	3,0...3,65
Частота колебаний лап питателя	кол/мин	42...52	—
Диаметр фрезы	мм	—	2500
Число оборотов фрезы при погрузке снега	об/мин	—	99
Высота подъема фрезы	мм	—	350
Тип транспортера		скребковый	ленточный
Ширина желоба транспортера	мм	660	—
Скорость скребковой цепи транспортера	м/с	1,05 ...1,29	—
Ширина транспортной ленты	мм	—	650
Скорость транспортной ленты	м/с	1,92	—
Длина транспортера	мм	—	8000
Шаг рифления на транспортной ленте	мм	—	500
Высота рифления	мм	—	50
Производительность при погрузке снега	т/ч	100...140	до 100

Существенное значение для правильного использования снегопогрузчиков имеет количество транспортных средств, обслуживающих снегопогрузчик:

$$П_э = nП_м, \quad (2.77)$$

где $П_м$ — производительность транспортных средств при вывозе снега, $м^3/ч$.

$$П_м = \frac{3600Q}{t_{погр} + t_м + t_{пер} + t_p + t_m}, \quad (2.78)$$

где $t_{погр}$ — продолжительность погрузки одной транспортной единицы, с; $t_{пер}$ — продолжительность переезда к месту разгрузки и обратно, с; t_p — продолжительность разгрузки, с; t_m — продолжительность маневрирования при разгрузке, с; Q — количество снега, загружаемого в транспортную единицу, $м^3$.

Для погрузки снега в транспортные средства кроме специализированных снегопогрузчиков используются также строительные одноковшовые погрузчики (см. раздел 8.1). Техническая характеристика отечественных снегопогрузчиков приведена в табл. 2.9.

2.4. Снегоплавильные станции

Очистка городских территорий от снега является важной социальной и экологической проблемой. Аккумулируя загрязнения из воздуха, с автодорог и противогололедные реагенты, снег становится источником негативного воздействия на почву и гидросферу.

Формирование уровня загрязненности элементов природной среды больших городов происходит в рамках определенных закономерностей. Выявление этих закономерностей и целенаправленное воздействие на процессы загрязнения с учетом их особенностей и интенсивности, вытекающих из обеспечения жизнедеятельности города, является наиболее реальным направлением улучшения экологического состояния городской среды.

Фоновым загрязнением снега являются пылевые загрязнения, неравномерно осаждающиеся в зависимости от уровня загрязненности атмосферы и направления господствующих ветров. Осевшие частицы пыли во время оттепелей и весеннего снеготаяния смываются в водные объекты.

Локальные загрязнения снега связаны с накоплением загрязняющих веществ при несвоевременной уборке мусора в местах его интенсивного образования (рынки, торговые точки и т.д.). Весной эти скопления медленно тают, интенсивно загрязняя почву и воду на «локально ограниченных» участках.

Наиболее значительными и опасными являются загрязнения снега на дорогах, где, как показывают измерения, снег загрязняется противогололедными реагентами и, особенно сильно, нефтепродуктами, имеющими высокую токсичность. Именно эти загрязнения оказывают дестабилизирующее влияние на водные экосистемы, делая их опасными для человека.

Большое влияние загрязнений убираемого с дорог снега на экологическую обстановку связано с огромными площадями дорог в территориальном балансе города. Загрязнение снега нефтепродуктами вызывается интенсивным движением транспорта и интенсивным морозным выветриванием асфальтовых покрытий при воздействии противогололедных смесей и отсутствии постоянного снежного покрова (большое количество ежегодных циклов замораживания и оттаивания, намного превышающее морозостойкость покрытия). Сравнительные показатели загрязнения убираемого снега приведены в табл. 2.10.

Продукты выветривания асфальта осаждаются на дне водотоков и водоемов, вызывая отравление токсинами всей цепи экосистемы. Снижение загрязнения сточных вод нефтепродуктами до уровня требований санитарных норм предусматривает снижение уровня концентрации нефтепродуктов в стекающей с территории города воде примерно втрое (до 0,3 мг/л).

Однако для достижения полного экологического благополучия городских водных объектов требуется снижение уровня концентрации нефтепродуктов на порядок (до 0,05 мг/л), что предполагает целый комплекс долгосрочных мероприятий по снижению уровня и очистке вод и может

Таблица 2.10. Сравнительные показатели убираемого снега

Наименование загрязнителя	Единица измерения	ПДК для воды рыбохоз. водоемов	ПДК СанПиН	Снег с улиц		Норматив приема в канализацию
				среднее значение	максимальное значение	
Взвешенные вещества	мг/л	7,25	10	974,3	3500,0	500,0
Нефтепродукты	мг/л	0,05	0,3	23,8	64,0	4,0
Хлориды	мг/л	300	350	1386,8	5500,0	350,0
Сульфаты	мг/л	100	500	111,3	180,0	500,0
Азот аммонийный	мг/л	0,4	2	1,6	3,5	—

рассматриваться как цель на отдаленную перспективу, учитывающую измененные структуры дорожных покрытий.

Технологии переработки убираемого снега определяются, прежде всего, способом таяния снега — естественным, в период оттепелей и весной, или принудительным — за счет использования энергии различных теплоносителей:

- теплых вод городской канализации;
- сбросных вод ТЭЦ;
- продуктов сгорания газа и других видов топлива.

Вторым определяющим моментом при разработке технологии утилизации снега являются условия сброса талых вод, которые диктуются экологическими и техническими требованиями к приему сбросных вод в системы водоотведения или в водные объекты. Соблюдение этих требований возможно при условии очистки талых вод от загрязнения, превышающего нормативы.

Основными загрязнителями, подлежащими удалению в процессе очистки, являются взвешенные вещества и нефтепродукты, схема удаления которых зависит от величины сбрасываемых расходов и вида водоприемника.

Для естественного снеготаяния на «сухих» снегосвалках характерен постоянный отток талых вод небольшими расходами, что позволяет эффективно применять в схеме очистки, кроме оттаивания, дополнительную стадию фильтрования.

При плавлении снега теплыми водами горканализации или ТЭЦ, которые требуются в значительном количестве, эффект очистки может быть достигнут только путем оттаивания и дальнейшей очистки или разбавления относительно чистыми водами ТЭЦ.

Номенклатура перерабатывающих снег сооружений определяется возможным вариантом технологических схем уборки и переработки снега и включает:

«сухие» снегосвалки, представляющие собой специально обустроенную территорию, на которой происходит складирование снега, его естественное таяние весной и очистка талых вод;

снегосплавные пункты на коллекторах хозяйственной канализации, на которых производится плавление снега теплыми сточными водами и первичная очистка смеси талых и сточных вод до нормативов сброса в городскую канализацию;

снегосплавные пункты на сбросных водах ТЭЦ, на которых производится плавление снега теплыми сбросными водами ТЭЦ, очистка и разбавление смеси талых и сбросных вод до нормативов сброса в водоотводящую сеть;

снегосплавные пункты на природном топливе, расплавляющие снег и обеспечивающие очистку талых вод до нормативов сброса в водоотводящую сеть.

Сухая снегосвалка представляет собой площадку с твердым водонепроницаемым покрытием, обвалованную по периметру стенкой высотой 2,0 м. Очистное сооружение имеет 2-х ступенчатый фильтр, который обеспечивает очистку талой воды до показателей, соответствующих требованиям приема в водоотводящую систему города.

Стекающая со снегосвалки вода может быть направлена как в водосточную систему, так и в хозяйственную канализацию.

Имея возможность обеспечить сравнительно высокий уровень очистки талых вод, «сухие» снегосвалки являются экологически эффективными сооружениями. Однако их сооружение имеет следующие недостатки: заняты значительные площади при низкой производительности;

длительное «открытое» хранение на территории города загрязненных масс снега, свозимых в том числе и с неблагополучных в санитарном отношении территории;

значительная стоимость сооружения.

Снегосплавные камеры на коллекторах хозяйственной канализации. Предлагаемая технология предусматривает таяние снега в теплых водах хозяйственной канализации, транспортирование талых вод к городским очистным сооружениям и их очистку там совместно со сточными водами.

Как показали проведенные оценочные расчеты, при среднем расходе канализирования 60 м³/с расход сточной воды, потребной для растапливания снега с расчетной территории примерно в 8 раз меньше, а расход растаявшего снега составляет около 2 % суммарного среднего расхода канализирования (1,07 м³/с); т.е. городская канализация имеет достаточный тепловой ресурс и резерв мощности для принятия талой воды от сброса всего расчетного количества снега с убираемой территории.

Допустимость канализирования талых вод, исходя из величин их загрязнения и требований к качеству вод, сбрасываемых в канализацию, подтверждена проведенными расчетами, в основе которых: возможность достижения требований за счет разбавления талых вод сточными в соотношении, определяемом условиями теплообмена; удаление плавающего мусора и нефтяных пятен; осаждение 95 % взвешенных веществ и нефтепродуктов в реакторе-отстойнике.

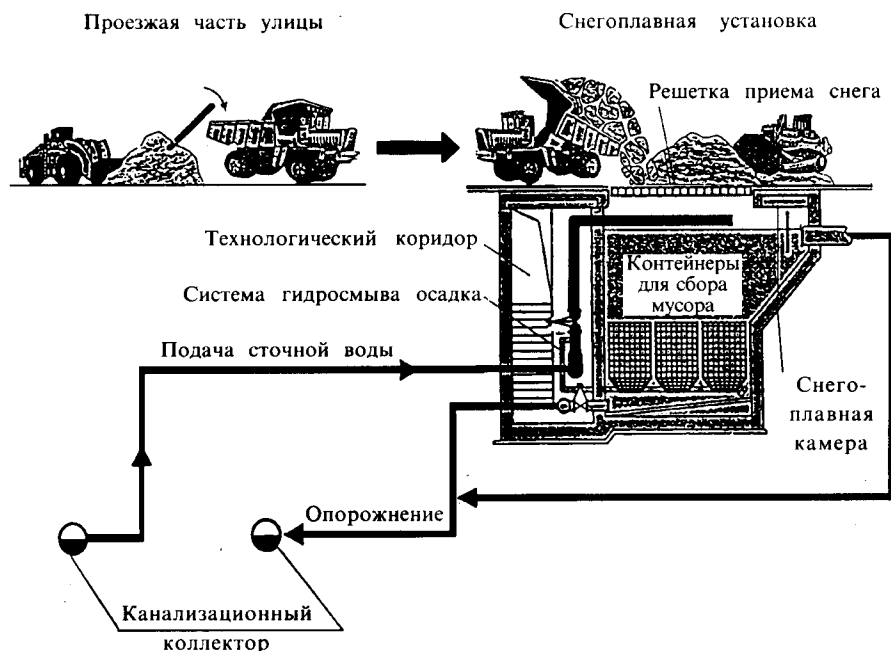


Рис. 2.12. Технологическая схема удаления снега с использованием снегоплавильной установки

Расчеты, показавшие возможность обеспечения требуемых нормативами показателей, проведены для средних и проверочных значений концентрации загрязнения взвешью, нефтепродуктами и хлоридами.

Таким образом, использование канализации для таяния, транспортирования и очистки снега, собираемого с дорог, является наиболее оптимальным решением и может быть ограничено лишь конкретными территориальными особенностями, затрудняющими его реализацию.

На рис. 2.12 показана технологическая схема удаления снега с использованием снегоплавильной установки. В состав сооружения входят: приемная камера с решеткой (она же — снегоплавильная камера); насосная станция; площадки для автотранспорта.

Периодичность выгрузки решетчатых контейнеров — 1 раз в трое суток с вывозом осадка на свалку. Суточная производительность камер — 0,7 млн м³ в сезон по снегу плотностью 0,35 т/м³.

К недостаткам конструкции относятся:

парение теплых сточных вод в открытых камерах и периодическое создание санитарно-опасной обстановки при выгрузке осадка из камеры; негативное влияние неочищенных талых вод на элементы канализационной сети.

Таблица 2.11. Сравнение технико-экономических показателей различных технологий утилизации снега

Наименование показателя	Единица измерения	Сухая снегосвалка	Снегоплавильный пункт на канализации	Снегоплавильный пункт на ТЭЦ	Снеготаялка на газовом топливе
Сезонная производительность одного сооружения	тыс. м ³	83	1 000	1 000	120
Удельные капиталовложения на 1 м ³ снега сезонной производительности	руб/м ³	101	13,2	16	28
Удельная величина территории на 1000 м ³ снега сезонной производительности	м ²	118	2,5	3	6
Себестоимость обработки снега	руб/м ³	18	6,3	6,6	27,5

Снеготаялки на природном топливе. К достоинствам этого типа перерабатывающих сооружений относятся: автономность, независимость от привязки к специфическим элементам инфраструктур города (канализация, ТЭЦ) и относительная эффективность устройства сооружений очистки талого снега из-за отсутствия разбавителей и, вследствие этого, малых объемов очищаемых вод.

Существенным недостатком снеготаялок на природном топливе является необходимость расхода дорогостоящих энергоносителей.

В настоящее время в Москве находится в эксплуатации снегоплавильное сооружение на дизельном топливе мощностью 10 т снега в час.

Как следует из сравнения технико-экономических показателей различных технологий утилизации снега (табл. 2.11) наиболее предпочтительной оказывается переработка убираемого с дорог снега на снегоплавильных пунктах, расположенных на канализационных коллекторах. Эта технология связана с наименьшими затратами и обеспечивает наименьшее загрязнение водных объектов в черте города.

Снегоплавильные камеры на канализационной сети могут сооружаться на магистральных коллекторах, как напорных, так и безнапорных, с расходом не менее 220 л/с, имеющих наполнение в зимний период не ниже проектного значения.

Применение других способов утилизации снега оправдано лишь в случаях, когда по конкретным местным условиям затруднена организация снегоплавильных пунктов на канализационных коллекторах:

отсутствуют сети с требуемыми параметрами,

отсутствуют свободные площади для размещения камер и удобный подъезд транспорта.

В качестве альтернативных вариантов выступают снегоплавильные камеры на сбросных теплых водах ТЭЦ, являющиеся более дорогими, но

необходимыми сооружениями при невозможности устройства снегоприемных пунктов на канализации.

Одним из преимуществ снегоплавильных камер на водах ТЭЦ является возможность снижения теплового загрязнения поверхностных вод сбрасываемыми в них термальными водами. При строительстве снегоприемных пунктов большой производительности на ТЭЦ с высоким тепловым ресурсом и возможности использования в технологическом процессе мощностей имеющихся очистных сооружений поверхностного стока, стоимость утилизации 1 м³ снега на этих сооружениях может быть существенно снижена.

Существующие «сухие» снегосвалки могут быть использованы в условиях поэтапного строительства снегоприемных пунктов на канализации.

2.5. Распределители технологических материалов для борьбы с гололедом

Распределители технологических материалов служат для распределения по поверхности дорожного покрытия твердых минеральных материалов — песка, золы и т.п., а также жидких химических материалов — хлорида и специальных реагентов, с целью борьбы с гололедом и скользкостью. Распределители бывают самоходные (на автомобильном шасси) и прицепные.

Изготавливаемые промышленностью *распределители твердых минеральных материалов* имеют общую схему устройства (рис. 2.12). В кузове 5 с наклонными боковыми стенками размещены материалы, которые с помощью скребкового транспортера 4, движущегося по дну, подаются в заднюю часть кузова и через разгрузочное окно под действием силы тяжести поступают на горизонтально вращающийся диск 1, осуществляющий распределение материала. Передняя и задняя стенки сварного кузова имеют окна для прохода верхней несущей ветви транспортера. В передней части кузова вмонтирован механизм натяжения транспортера.

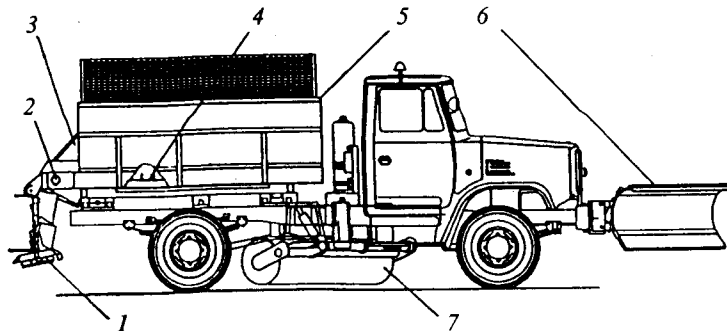


Рис. 2.13. Распределитель твердых технологических материалов

Таблица 2.12. Техническая характеристика машин для распределения твердых технологических материалов

Наименование показателя	Единицы измерения	Величина показателя
Объем кузова	м ³	2,2...4,5
Ширина посыпки	м	4...9
Плотность посыпки	г/м ²	25...100
Диаметр разбрасывающего диска	мм	700...800
Частота вращения диска	об/мин	100...480
Рабочая скорость движения машины	км/ч	10...25
Масса специального оборудования	кг	100...1 300
Средняя производительность	тыс. м ² /ч	40...220

В бункере 3 и в кузове установлены редуктор 2 привода транспортера и ведомый вал с приводными звездочками. Разбрасывающий диск 1 снабжен на верхней части ребрами, которые вовлекают материал при вращении диска в движение по периферии диска.

В передней части базового автомобиля навешивается плужный снегоочиститель 6, а в средней части между колесами — цилиндрическая щетка 7.

Гидравлическая система машины состоит из двух самостоятельных систем: первая — для привода распределяющего оборудование, т.е. привода транспортера и разбрасывающего диска, вторая — только для подъема в транспортное и опускание в рабочее положение плуга и щетки.

Техническая характеристика машин для распределения твердых технологических материалов в условиях города приведена в табл. 2.12.

Основной рабочий орган распределителя твердых минеральных материалов представляет собой горизонтально расположенный диск с вертикальной осью вращения, оснащенный радиальными ребрами-лопастями. При вращении диска частицы материала, подаваемые на диск питателем, вовлекаются во вращение, приобретают определенную скорость и, покидая диск, распределяются полосой по поверхности дороги за машиной.

По диску вдоль его ребра частицы материала движутся под действием центробежных и аэродинамических сил, сил трения и сил взаимодействия частиц между собой. В наибольшей степени на характер движения влияют центробежные силы и силы трения.

Мощность силового оборудования, кВт, необходимая для работы распределителя материалов:

$$P = P_{\Pi} + P_{\text{дс}} + P_{\text{м}}, \quad (2.79)$$

где P_{Π} — мощность для привода механизма подачи материала на диск; $P_{\text{дс}}$ — мощность для привода разбрасывающего диска; $P_{\text{м}}$ — мощность для перемещения машины.

Наиболее распространены два способа подачи материала на диск: с помощью наклонного лотка, совершающего колебательные движения, и с помощью скребкового конвейера.

Мощность, кВт, необходимая на приведение в действие наклонного лотка, совершающего колебательные движения с помощью кулачкового механизма, определяют по формуле:

$$P_{\text{л}} = J \frac{e^2}{l^2} \omega^2 \frac{n_K}{6 \cdot 10^4 \cdot \eta_1}, \quad (2.80)$$

где J — момент инерции системы относительно оси поворота лотка, e — эксцентриситет оси кулачка, м; l — расстояние кривошипа до оси поворота лотка, м; ω — угловая скорость вращения кулачка, об/мин; n_K — частота вращения кулачка, об/мин; η_1 — КПД передачи от двигателя к механизму подачи материала.

При вычислении момента инерции приближенно принимается, что на лоток опирается столб материала, равный по высоте половине слоя материала в бункере.

Скребковый конвейер, размещенный на дне бункера, увлекает материал скребками и перемещает его к диску. На материал,двигающийся с помощью скребков, давит слой материала, находящийся над ним в бункере, в виде сдерживающего усилия, вызываемого трением неподвижного и сдвигающего слоев материала. Тогда мощность (кВт), необходимая для работы скребкового транспортера, будет:

$$P_{\text{лс}} = \frac{W v_T}{1000 \eta_1}, \quad (2.81)$$

где W — сопротивление движению цепи конвейера, Н; v_T — рабочая скорость конвейера, м/с.

$$W = (q'_n f'_n + q_k f_k + q''_n f''_n) L \cdot k, \quad (2.82)$$

где: q'_n — нагрузка от материала, перемещаемого конвейером, Н/м; f'_n — коэффициент трения материала о сталь; q_k — нагрузка от частей конвейера, Н/м; f_k — коэффициент сопротивления движению конвейера; q''_n — нагрузка от неподвижного материала, расположенного над перемещающимся материалом, Н/м (толщину слоя материала, оказывающего давление, следует принимать равной половине наибольшей толщины слоя материала в бункере); f''_n — коэффициент внутреннего трения материала; L — длина рассматриваемого участка; k — коэффициент, учитывающий сопротивление в подшипниках, звездочках и от перегиба цепи.

При расчетах следует принимать: $f'_n = 0,50$; $f''_n = 1,0$ и $f_k = 0,11 \dots 0,13$ для цепей с ходовыми роликами и $f_k = 0,25$ — для цепей, движущихся скольжением; $k = 1,25$.

Мощность (кВт), необходимая для привода диска:

$$P_{\text{ДС}} = \gamma B \cdot v_m \omega^2 R^2 \left\{ [1 + (K - f^2)] + 2f(K - f)(1 - \frac{r_1^2}{R^2}) \right\} \frac{1}{2000 \eta_2}, \quad (2.83)$$

где γ — плотность распределения материала, кг/м²; B — ширина обрабатываемой полосы дороги, м; v_m — скорость движения машины; ω — угловая скорость вращения диска; R — радиус диска; $K = \sqrt{f^2 + 1}$; f — коэффициент трения материала о поверхность диска; r_1 — расстояние от середины окна для подачи материала до оси диска; η_2 — КПД передачи от двигателя к разбрасывающему диску.

Мощность, необходимая для перемещения машины, можно найти по формуле:

$$P_m = G_m (f_{\text{кач}} \pm i) v_m / (1000 \eta), \quad (2.84)$$

где G_m — вес машины, полностью загруженной материалом, Н; $f_{\text{кач}}$ — коэффициент сопротивления передвижению; i — уклон местности; η — КПД передачи от двигателя к ведущим колесам.

Техническая производительность распределителей технологических материалов (м²/ч):

$$P_T = 60m / T\gamma, \quad (2.85)$$

где m — масса песка или реагентов таяния в кузове, кг; T — продолжительность одного цикла работы машины, мин; γ — плотность посыпки, кг/м².

Продолжительность цикла (мин):

$$T = t_p + t_{\text{погр}} + t_{\text{пер}}, \quad (2.86)$$

где t_p — продолжительность одной посыпки в мин; $t_{\text{погр}}$ — продолжительность погрузки материала на складе в бункер машины в мин; $t_{\text{пер}}$ — продолжительность переездов от места работы к складу материалов и обратно, включая время, необходимое для маневрирования во время погрузки на складе, в мин.

Продолжительность одной посыпки, мин:

$$t_p = \frac{mK_p}{60B \cdot v_m \cdot \gamma}, \quad (2.87)$$

где K_p — коэффициент, характеризующий равномерность движения машины во время рабочего цикла и изменяющийся по величине в зависимости от местных условий (интенсивности движения транспорта, наличия перекрестков, светофоров и т.д.) в пределах 1,0...1,2; B — средняя ширина на посыпки, м; v_m — скорость движения машины во время работы, м/с.

Продолжительность погрузки материала на складе, мин:

$$t_{\text{погр}} = m t'_{\text{погр}}, \quad (2.88)$$

где $t'_{\text{погр}}$ — продолжительность погрузки 1 т материала на складе, мин.

На рис. 2.14 представлен распределитель жидких реагентов, смонтированный на одноосном прицепе 3. Распределитель состоит из емкости

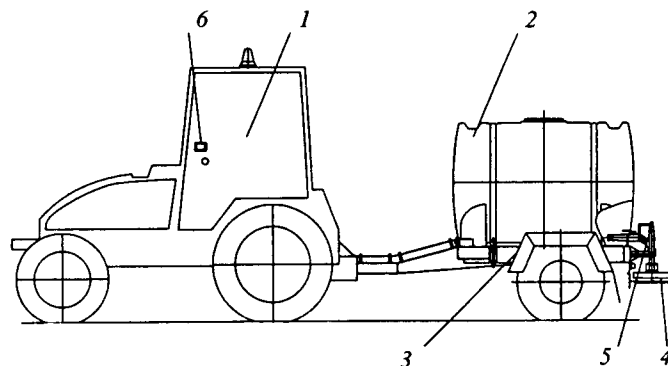


Рис. 2.14. Прицепное оборудование для распределения жидких реагентов

для реагентов 2, разбрызгивателя 4 с приводом от гидромотора 5. В качестве тягача используется трактор ВТЗ-2048А, оснащенный системой электронного дозирования жидких реагентов. Для дозирования жидких реагентов применяют разбрызгивающие устройства двух типов:

форсуночные — реагент распыляется под давлением из сопел-форсунок, расположенных на постоянно установленных или раздвижных трубках;

дисковые — реагент в виде капель распределяется под действием центробежных сил, возникающих при вращении лопастного диска. Машины с форсуночными распределяющими устройствами имеют следующие основные параметры:

ширина рабочей зоны не более 3 м;
 плотность распределения реагента 25...50 г/м²;
 рабочая скорость 50...70 км/ч.

При работе машин с форсуночным распределяющим устройством сама машина и проезжающие мимо транспортные средства менее подвержены попаданию на них реагента и, следовательно, более защищены от его воздействия. Однако из-за присущих этим распределяющим устройствам недостатков (ограниченная ширина рабочей зоны, неравномерное распределение реагента на дорожной поверхности при небольших нормах его расхода, необходимость более тщательной фильтрации реагента) их, как правило, применяют в более простых и дешевых машинах.

Машины с дисковыми распределяющими устройствами имеют следующие основные параметры:

ширина рабочей зоны 2...9 м (регулируемая);
 плотность распределения реагента 10...16 г/м² (регулируемая);
 рабочая скорость до 40...55 км/ч.

Стандартный набор дозирующего оборудования машины с дисковым распределителем включает отсечной клапан подачи реагента, регулиро-

вочные краны для измерения плотности распределения реагента, один или два распределяющих диска и пульт управления, регулирующий частоту вращения дисков. Реагенты из цистерны машины подаются к дискам самотеком через фильтр, отсечной клапан и регулировочные краны.

Плотность распределения реагента регулируется кранами, включенными в трубопровод, подводящий реагент к каждому диску, и оттарированными на предполагаемые для данных дорожных условий рабочие скорости машины. Установленный в гидроприводе оборудования регулятор потока обеспечивает постоянство угловой скорости дисков, т.е. установленную ширину зоны обработки независимо от изменения скорости движения машины.

Контрольные вопросы

1. Перечислите способы выполнения работ по благоустройству городских территорий в холодное время года.
2. Какие химические материалы используются для борьбы с гололедом?
3. Расскажите о снегоочистителях, их классификация и принцип работы.
4. Расскажите о плужных и плужно-щеточных снегоочистителях, их устройстве и области применения.
5. Объясните тяговый расчет плужных и плужно-щеточных снегоочистителей.
6. Расскажите о роторных снегоочистителях, их классификации и принципе работы.
7. Какова методика расчета основных параметров ротора снегоочистительной машины?
8. Расскажите о снегопогрузчиках, их классификации и устройстве.
9. Каковы основы расчета снегопогрузчика с фрезерным питателем.
10. Расскажите о снегоплавильных станциях, их классификации и принципе действия.
11. Какие распределители технологических материалов для борьбы с гололедом вы знаете, приведите их классификацию и расскажите о принципе работы.
12. Приведите основы расчета рабочего органа распределителя твердых минеральных материалов.

Глава 3.

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В ТЕПЛОЕ ВРЕМЯ ГОДА**3.1. Технология и способы выполнения работ**

Механизированная уборка городских дорог, площадей, тротуаров, внутриквартальных территорий в теплое время года предусматривает проведение работ по поддержанию в чистоте и порядке их покрытий, а также очистку поверхностных дождевых стоков.

Весной, летом и осенью на дорогах образуются загрязнения, состав, количество и санитарно-гигиеническая характеристика которых зависят, главным образом, от состояния окружающей среды и прилегающих территорий.

Загрязнения, находящиеся на проезжей части, под воздействием ветра и движущегося транспорта могут подниматься в воздух, загрязнять почву, смываться дождевыми водами в канализационные системы и водоемы, оказывая резко отрицательное влияние на их состояние.

По источникам образования дорожные загрязнения могут быть:

выпадающие из атмосферы с дождевыми осадками;

приносимые ливневыми и талыми водами с прилегающих благоустроенных территорий (продукты эрозии почвы, органические загрязнения, мусор и т.д.);

возникающие в результате движения автомобильного транспорта и пешеходов (продукты истирания асфальта, автомобильных шин, загрязнения с колес автотранспорта, масла и нефтепродукты, пищевые отходы, упаковочные материалы и другой мусор).

Для магистралей, улиц и проездов с усовершенствованным покрытием интенсивность загрязнения составляет в среднем $0,625 \text{ г/м}^2 \text{ час}$. Загрязнения в виде осадков и продуктов износа распределяются равномерно или участками по дорожному покрытию. Продукты эрозии почвы, органические загрязнения, мусор и т.п. скапливаются в основном в лотковой части дороги. Интенсивность загрязнений в неблагоприятных районах при неусовершенствованных покрытиях прилегающих проездов достигает $2,08...3,33 \text{ г/м}^2 \text{ час}$.

В соответствии со СНиП 11-60-75 накопление смета на твердых покрытиях улиц составляет $5...15 \text{ кг}$, или $8...20 \text{ л}$, на 1 м^2 в год. Плотность смета с дорожных покрытий зависит от его состава и колеблется в пределах от $0,6$ до $1,6 \text{ т/м}^3$.

При летнем содержании городских территорий производятся следующие виды работ: подметание; полив и мойка; очистка поверхностных и дождевых стоков.

Для подметания, полива и мойки используются как подметально-уборочные и тротуароуборочные, так и поливочно-моечные машины.

Скапливающиеся вдоль обочин дорог грунтовые наносы убирают весной автогрейдерами или бульдозерами (см. гл. 8) с последующей транспортировкой самосвалами собранной в кучи массы к месту складирования. Погрузку грунтовых наносов в самосвалы производят одноковшовыми погрузчиками (см. гл. 8).

Удаление загрязнений выполняют одним из следующих приемов: механическим отделением загрязнений от дорожного покрытия с дальнейшим перемещением массы транспортным средством к месту складирования;

гидродинамическим отделением загрязнений от дорожного покрытия с перемещением получаемой смеси твердых частиц и жидкости (пульпы) в ливневую канализацию или засасыванием в емкость для разгрузки за пределами дороги.

Механическую очистку поверхностей производят щетками и скребками. Гидромеханическую очистку — струями воды под давлением.

Подметание является основной технологической операцией уборки усовершенствованных (асфальтобетонных и цементнобетонных) дорожных покрытий. На технологический процесс подметания значительное влияние оказывает количество загрязнений и характер их распределения по ширине проезжей части, которые определяются интенсивностью движения автотранспорта.

При интенсивности движения до 60 маш/ч и скорости до 40 км/ч загрязнения распределяются сравнительно равномерно по всей ширине дороги.

На улицах с большой интенсивностью движения загрязнения воздушными потоками, образуемыми в результате движения транспорта, отбрасываются к бортовому камню и сосредотачиваются вдоль него полосой до $1,5 \text{ м}$. На широких улицах, имеющих разделительную полосу, часть загрязнений скапливается на этом участке дороги.

В полосе движения автотранспорта (при соответствующей интенсивности) смета практически нет.

Предельно допустимая норма загрязнения (у лотков) в летний период определяется из условий предельно допустимого накопления загрязнений:

на дорогах с усовершенствованными покрытиями в благоустроенных жилых районах — 30 г/м^2 ;

на дорогах, примыкающих к дворовым территориям с неусовершенствованными покрытиями, — 50 г/м^2 .

Условно принято, что при таких загрязнениях запыленность воздуха на дорогах на уровне органов дыхания человека ($1,5 \text{ м}$) не должна превышать предельно-допустимой нормы.

Гидродинамическое отделение загрязнений от дорожного покрытия осуществляется путем полива и мойки. Разновидностью полива является освежительный полив, называемый увлажнением.

Полив водой и увлажнение снижают запыленность воздуха над загрязненной поверхностью дороги в 2...2,2 раза, повышают влажность воздуха на 15...20 % и снижают температуру окружающей среды также на 15...20 %.

Результаты полива действуют 1...1,5 часа, после чего его нужно повторять. Практически же полив в городе проводят 1...2 раза в сутки, поскольку полив с большей частотой дорог и требует значительного расхода поливочной воды. Фактически полив не является технологической операцией уборки городских дорог, а входит в технологический процесс создания микроклимата на территории города.

Мойка дорожного полотна также производится 1...2 раза в сутки и обеспечивает его 100 % очистку от загрязнений. Расход воды при мойке проезжей части составляет 0,9...1,2 л/м², резервной зоны дороги — 1,6...2 л/м². Пульпа из воды и смета при мойке сбрасывается в ливневую канализацию и подвергается очистке.

Эффективность мойки увеличивается, расход воды снижается (до 4 раз), а производительность работ возрастает в 3 раза, если мойку большим количеством воды при низком давлении (6...7 атм.) заменить очисткой поверхности малым количеством воды при большом давлении (20...30 атм.)

3.2. Подметально-уборочные машины

Подметально-уборочные машины (ПУМ) предназначены для очистки от грязи, мелкого мусора и пыли городских дорог, площадей, внутриквартальных территорий, а также для сбора смёта и его транспортирования. ПУМ классифицируют по принципу действия, по типу рабочего органа, по способу обеспыливания и транспортирования смета в бункер, по способу выгрузки смёта из бункера, а также по типу базовой машины.

В качестве базовых машин для монтажа подметально-уборочного оборудования применяют маневренные автомобили малой и средней грузоподъемности, самоходные шасси, колесные тракторы и одноосные или двухосные прицепы.

В подметальных машинах в качестве рабочего органа используется косоустановленная цилиндрическая щетка, с помощью которой смёт передвигается в сторону от направления движения машины. В отличие от подметально-уборочных машин подметальные машины не оснащаются мусоросборником. Такие машины используются преимущественно для подметания внутриквартальных территорий и для уборки снега в зимний период.

Для подметания используются щетки трех типов (рис. 3.1): цилиндрические; конические (лотковые); ленточные.

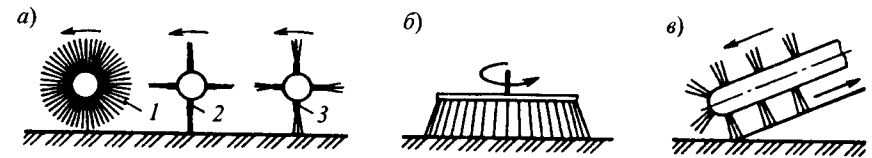


Рис. 3.1. Типы щеток: а — цилиндрическая; б — коническая (лотковая); в — ленточная; 1 — сплошная навивка ворса; 2 — ворс метелкой; 3 — ворс пучком

Цилиндрические щетки (рис. 3.1 а) представляют собой ротор, по периметру которого крепится синтетический ворс (или металлические проволочки). Расположение ворса может быть сплошным, метельчатым или пучковым.

Цилиндрическая щетка при работе совершает два движения — вращается вокруг своей продольной оси и движется поступательно. Вращение щетки производится против её поступательного перемещения по очищаемой поверхности.

Чтобы обеспечить эффект подметания, щетка пригружается. При этом ворс щетки в зоне контакта с очищаемой поверхностью деформируется. Отрыв частиц загрязнений от очищаемой поверхности происходит за счет сил упругости ворса, прикладываемых к частицам загрязнения. Силы упругости ворса обеспечивают также выброс оторванных от очищаемой поверхности частиц на некоторое расстояние от щетки. Направление и дальность отбрасывания частиц регулируются частотой вращения щетки и углом ее поворота относительно продольной оси машины.

Коническая (лотковая) щетка включает несущий диск с приводным валом и ворс, закрепленный по периметру диска (рис. 3.1 б).

При вращении щетки ворсины, в исходном положении закрепленные с небольшим наклоном (в сторону от центра вращения) к поверхности несущего диска, под действием центробежных сил стремятся занять радиальные положения, что снижает эффект подметания. Эта особенность принимается во внимание при назначении рабочей частоты вращения щетки (щетка должна вращаться с максимально возможно частотой, при которой еще не снижается эффект подметания).

Конструктивные особенности конических щеток в отличие от цилиндрических позволяют им работать в стесненных условиях, например при очистке различного рода «карманов», в непосредственной близости от препятствий — бордюрного камня, стен домов, столбов и т.д.

Вместе с тем щетка должна не только отрывать частицы загрязнений от очищаемой поверхности, но и сдвигать их в сторону, в зону действия транспортного узла, перемещающего частицы в бункер-накопитель. В этом плане возможности конических щеток гораздо меньше цилиндрических. Для обеспечения процесса сдвигания плоскость вращения щетки должна быть наклонена на некоторый угол в сторону предполагаемого пере-

мещения частиц загрязнения. Наклон торцевой щетки должен быть таким, чтобы её ворс при вращении отрывался от очищаемой поверхности (если щетка в рабочем положении жестко закреплена относительно продольной оси машины) в точке, максимально приближенной к продольной оси подметальной машины.

При проектировании щеточных устройств определяют следующие основные параметры: диаметр щетки, частоту ее вращения, материал, диаметр и длину ворса и его количество в щетке, величину деформации ворса щетки при работе, рабочую скорость движения машины, допустимые величины износа ворса, необходимое усилие прижатия щетки к очищаемой поверхности.

Общее число ворса в цилиндрической щетке находят по формуле:

$$i_{\kappa} = \pi B_{\Pi} \cdot K_p \cdot v_{\kappa} / 2,6 \arccos \left(\frac{Y_{\kappa} + R_6}{R} \right) r_b \cdot \omega \cdot R, \quad (3.1)$$

где B_{Π} — ширина полосы подметания, м; K_p — коэффициент неравномерности расположения ворса на образующей поверхности барабана щетки ($K_p = 2 \dots 2,5$); R — радиус вращения щетки; ω — угловая скорость вращения щетки; v_{κ} — поступательная скорость движения щетки ($v_{\kappa} = 0,7 \dots 6,0$ м/с); Y_{κ} — расстояние между ободом барабана и горизонтальной поверхностью дороги; r_b — радиус поперечного сечения прутка (диаметр стального прутка $0,8 \dots 1,0$ мм; диаметр синтетического ворса $2 \dots 3$ мм); R_6 — радиус барабана цилиндрической щетки, на которой крепится ворс.

Для эффективной работы щетки необходимо соблюдать соотношение $\omega R = (2 \dots 1,2) v_{\kappa}$.

Коэффициент 2 применяется для неизношенной щетки; коэффициент 1,2 — для изношенной. Если щетка перебрасывает смет через себя, то коэффициент принимается равным $3,5 \dots 4,5$;

Суммарная вертикальная нагрузка цилиндрической щетки на очищаемую поверхность, H , находится по формуле:

$$T_{\kappa} = 0,17 E J \frac{S^6}{Y_{\kappa}^8} i_{\kappa} \arccos \frac{Y_{\kappa} + R_6}{R}, \quad (3.2)$$

где EJ — жесткость ворса; E — модуль упругости ворса (для стального прутка $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; для синтетического ворса $E = 7,1 \dots 8 \cdot 10^3$ МПа); J — момент инерции поперечного сечения прутка относительно оси, перпендикулярной плоскости вращения; S — свободная длина прутка ворса, м;

$$Y_{\kappa} = S - h, \quad (3.3)$$

где h — деформация ворса щетки, м.

Вертикальную реакцию (H), действующую на коническую щетку при работе, определяют по формуле:

$$T_{\kappa} = 5 \cdot 10^{-3} E J i_{\kappa} \beta \frac{S^5}{Y_{\kappa}^9} \sqrt{\frac{S E J}{q_{cp}}}, \quad (3.4)$$

где i_{κ} — количество ворса конической щетки; β — центральный угол контакта ворса с дорожным покрытием в плоскости вращения щетки (в оптимальном случае $\beta = \pi$).

$$i_{\kappa} = 2\pi v_{\kappa} / d_B \omega. \quad (3.5)$$

q_{cp} — распределенная центробежная сила инерции вдоль прутка ворса длиной S при вращении щетки; d_B — диаметр щетки, м.

$$q_{cp} = 2m_B \cdot \omega^2 \cdot R_{cp} / S, \quad (3.6)$$

где m_B — масса ворса, кг; ω — угловая скорость щетки, рад/с; R_{cp} — средний радиус вращения прутка, м.

Подметально-уборочная машина, показанная на рис. 3.2 а, смонтирована на базе автомобиля 10. Подметально-уборочное оборудование состоит из цилиндрической щетки 5, двух торцовых (лотковых) щеток 8, разбрызгивающих форсунок 9 с баком 3 для воды объемом $0,8 \dots 1,0$ м³, скребкового конвейера 7 и мусоросборника 1 объемом $1,6 \dots 5,0$ м³. Цилиндрическая щетка расположена за задними колесами машины перпендикулярно ее продольной оси. Торцовые щетки установлены на раме автомобиля справа и слева за кабиной водителя на параллелограммных конструкциях, позволяющих копировать профиль дороги и бордюрного камня тротуаров. Торцовые щетки перемещают смет в зону захвата цилиндрической щетки. Цилиндрическая щетка направляет смет на шнековые питатели 6, перемещающие его к центру, после чего он попадает на наклонный скребковый конвейер и транспортируется в контейнер. Разгрузка и замена контейнеров механизированы и производятся с помощью разгрузочного механизма с гидроприводом. Также от гидросистемы осуществляется подъем и опускание рабочих органов, привод торцовых щеток машины.

В состав элементов гидросистемы входят два гидронасоса, два бака 4 с рабочей жидкостью (индустриальным маслом), гидрораспределители, трубопровод и гидроцилиндры. Изменение положения щеток осуществляется водителем из кабины, а загрузка и выгрузка контейнеров — с помощью рычагов, расположенных в кузовной части машины 2.

Кинематическая схема машины показана на рис. 3.2 б. От двигателя 1 через коробку отбора мощности 2 вращение передается карданными передачами 3, 5, 7 на раздаточный 6 и далее на конический 8 редукторы, затем цепной передачей 9 на привод конвейера 12 и секции шнека 11, а также на вращение цилиндрической щетки 10.

Один из валов коробки отбора мощности соединен с гидронасосом 14 системы привода торцовых щеток, вращение которых осуществляется гидромоторами через червячные редукторы.

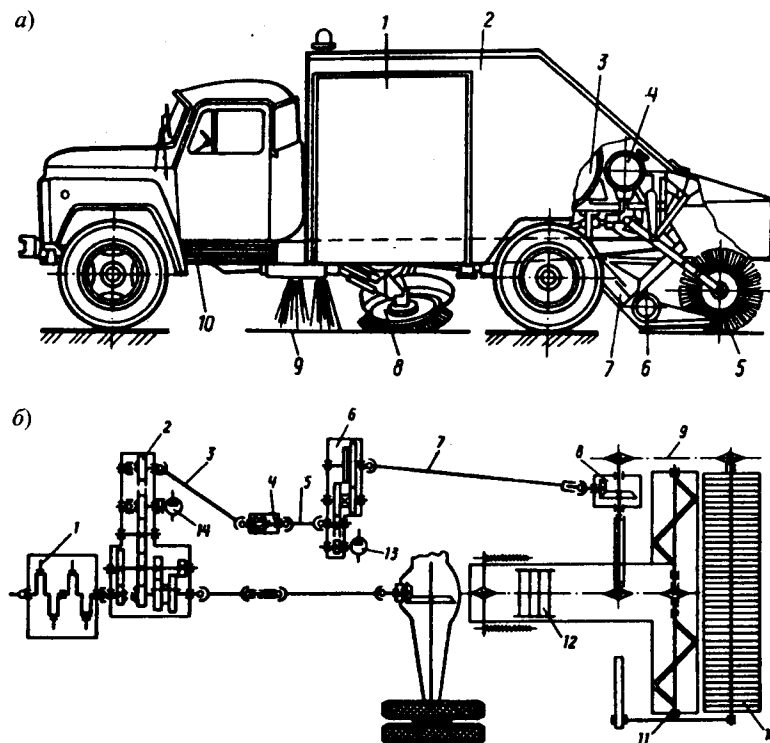


Рис. 3.2. Подметально-уборочная машина со щеточным рабочим оборудованием: а — общий вид; б — кинематическая схема

Конструкция раздаточного редуктора позволяет изменять ступенчато частоту вращения задней главной щетки и вала привода конвейера: при подметании проезжей части дороги, где меньшее количество смета, используется вторая передача, а при работе вблизи бордюра — первая передача раздаточного редуктора.

Нижний вал раздаточного редуктора соединен с водяным насосом 13 системы увлажнения, который начинает работу одновременно с включением конвейера и цилиндрической щетки.

Для защиты трансмиссии машины от перегрузки и поломки между коробкой отбора мощности и раздаточным редуктором установлена предохранительная муфта 4.

Рабочие органы машины закрыты кузовом с откидной задней частью, что обеспечивает доступ к механизмам привода конвейера и шнеков при ремонте машины или замене цилиндрической щетки. С двух сторон кузова имеет боковые дверцы для выгрузки контейнеров.

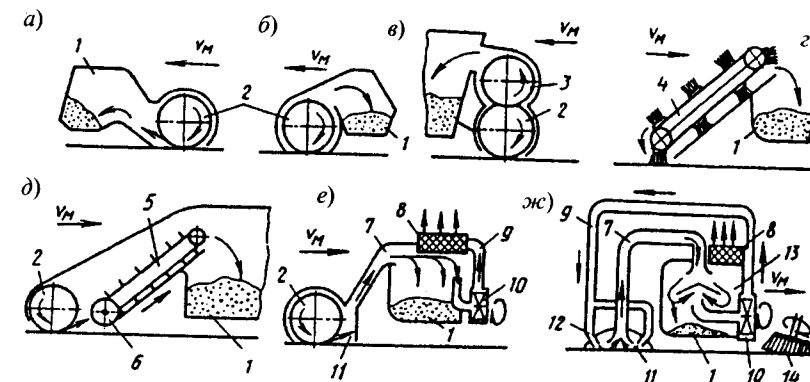


Рис. 3.3. Схемы рабочего оборудования подметально-уборочных машин

Машина работает следующим образом:

торцевыми и лотковыми щетками пыль и грязь отрываются от очищаемой поверхности на полосе, равной ширине захвата машины, и концентрируются на полосе меньшей ширины, равной захвату бросающей щетки; бросающая (главная) цилиндрическая щетка забрасывает пыль и грязь в приемную зону конвейерной системы;

конвейерная система перемещает пыль и грязь в бункер-накопитель или в контейнеры, установленные на раме базового шасси машины;

бункер, заполненный сметом, транспортируется базовым шасси машины к месту разгрузки и опорожняется там;

разгрузка бункера производится его опрокидыванием вбок или назад в специальный контейнер для твердых бытовых отходов (ТБО) или на подготовительную площадку для последующего вызова или уничтожения.

Контейнеры для ТБО, заполненные сметом, могут разгружаться в кузов большегрузного мусоровоза с последующим перемещением смета на свалку.

Ось вращения цилиндрической щетки располагается горизонтально под углом 90° или меньшим к продольной горизонтальной оси симметрии базовой машины.

Если угол равен 90° , весь смет, который щетка отрывает от очищаемой поверхности, перемещается впереди щетки в сторону ее вращения.

Если угол меньше 90° — смет сдвигается щеткой не только вперед, но и вбок — в сторону угла поворота щетки в плане.

На рис. 3.3 показаны схемы рабочего оборудования подметально-уборочных машин. На схеме рис. 3.3 а бункер размещен впереди цилиндрической щетки по ходу его перемещения. Степень заполнения бункера сметом и легким мусором в этом случае составляет 40...50 %.

Если щетка перебрасывает мусор и смет через себя (рис. 3.3 б, г), степень заполнения бункера увеличивается до 85...100 %.

Наличие бункера большой вместимости создает определенные трудности переброски смета из зоны действия щетки в бункер. Как правило, расстояние от щетки до бункера гораздо больше, чем дальность бросания смета, подхватываемого ворсом щетки с очищаемой поверхности. Поэтому бункер для смета либо нужно непосредственно приблизить к зоне действия щетки, что невозможно практически, т.к. надо не просто переместить смет в донную часть бункера, а перекинуть его через стенку бункера, либо между щеткой и бункером поместить конвейерный узел, обеспечивающий доставку смета из зоны действия щетки до полости бункера-накопителя. В связи с этим в настоящее время находит применение многоступенчатое механическое транспортирование смета со шнековым подбором, параллельным оси вращения цилиндрической щетки и цепочно-скребковым транспортом (рис. 3.3 д.)

Равномерность распределения смета в бункере достигается изменением угла наклона транспортера к горизонту. Недостаток такой системы заключается в большой металло- и энергоемкости. Для удешевления и облегчения транспортного узла в некоторых кинематических схемах механических подметально-уборочных машин исключен шнек, а тяжелый скребковый транспортер заменен ленточным транспортером с накладными рифлениями, предназначенными для удержания на его поверхности смета. В этом случае ширина транспортной ленты должна быть больше ширины захвата цилиндрической щетки на 20...25 %.

Можно также считать перспективным и механическое транспортирование смета в бункер с помощью промежуточного лопастного метателя (рис. 3.3 в), который позволяет увеличить дальность забрасывания смета в сравнении с вариантом, представленном на рис. 3.3 а, на 25...30 %.

При щеточно-вакуумном (пневматическом) транспортировании (рис. 3.3 е) вспомогательная цилиндрическая щетка уменьшенного диаметра подает смет в вакуумный подборщик; на машинах может быть также установлен промежуточный транспортер.

В струйно-вакуумном подборщике (рис. 3.3 ж) щеточный ворс заменен сдувающими соплами, воздушные потоки которых обеспечивают отрыв загрязнений от дорожного покрытия и перемещение их к всасывающему трубопроводу. Пылеватые частицы задерживаются тканевыми фильтрами с устройствами для их периодической регенерации встряхиванием, вибрацией, обратной продувкой и др. При струйно-вакуумной системе транспортирования через фильтр в атмосферу выбрасывается не более 20...25 % воздуха, остальная его часть без очистки от пыли подается в сдувающие сопла, частично замыкая систему циркуляции воздуха.

В качестве дополнительного оборудования подметально-уборочных машин используют выносной вакуумный подборщик для уборки опавших листьев и загрязнений из труднодоступных мест, а также электромагнитный брус для подбора металлического мусора.

Способы разгрузки подметально-уборочных машин: гравитационный, когда смет высыпается из бункера под действием собственного веса при

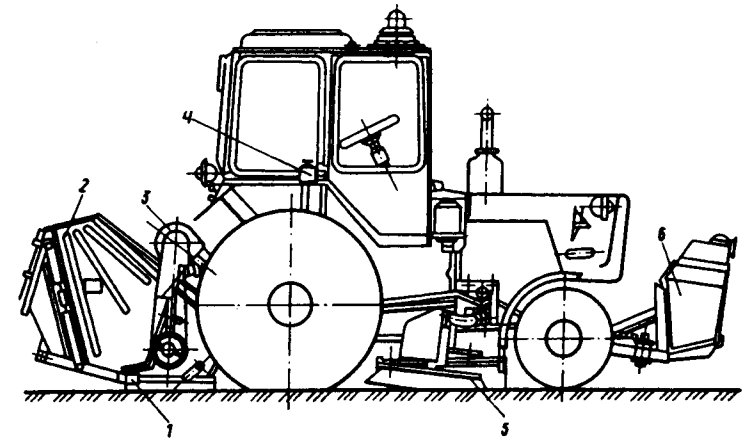


Рис. 3.4. Универсальная тротуароуборочная машина с подметальным оборудованием

открывании люка или задвижек; самосвальный — поворотом бункера или контейнера; принудительный — эжектированием вбок или назад с помощью подвижной стенки-выталкивателя с механическим или гидравлическим приводом. При небольшой вместимости бункера (до 2...3 м³) целесообразна разгрузка смета непосредственно на обслуживаемом участке. Поэтому некоторые машины оборудуют сменными стандартными контейнерами, а также механизмами выгрузки смета в контейнеры или приемный бункер мусоровоза.

По способу обеспыливания воздушной среды при подметании различают влажное обеспыливание путем мелкодисперсного разбрызгивания воды под давлением 0,2...0,3 МПа через форсунки перед подметальными щетками и пневматическое обеспыливание, совмещенное с вакуумной системой транспортирования смета. Норма расхода воды при влажном обеспыливании 0,02...0,025 кг/м² поверхности дороги; при увеличении расхода происходит прилипание смета к щетке и дорожному покрытию, отчего резко снижается качество подметания. Перспективным является термовлажное обеспыливание подачей водяного пара в зоны интенсивного пылеобразования.

Для механизированной уборки тротуаров и внутриквартальных территорий получили применение универсальные тротуароуборочные машины на базе малогабаритных тракторов, которые имеют сменные рабочие органы и позволяют выполнять ряд операций в летнее и зимнее время. На рис. 3.4 показана тротуароуборочная машина с летним подметально-уборочным оборудованием. Она состоит из подборщика 1 с приводом 3 и бункера — мусоросборщика 2, смонтированных в одном блоке и навешенных сзади базового пневмоколесного трактора 4, торцевой (лотковой) щетки 5, установленной в межбазовом пространстве

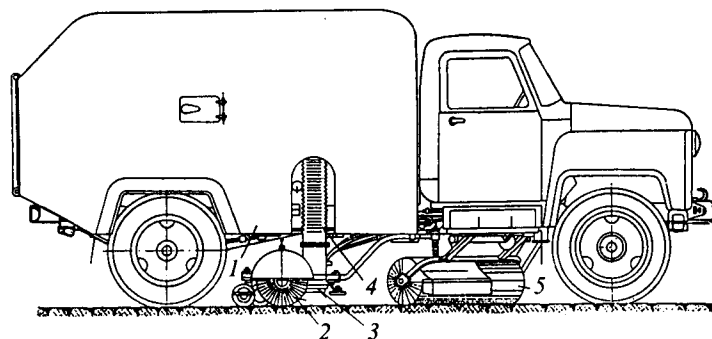


Рис. 3.5. Вакуумно-подметальная машина

справа по ходу машины. Система увлажнения 6 состоит из водяного бака, установленного на передней раме трактора, насоса, трубопровода и пяти распыляющих форсунок, три из которых установлены перед щеткой-подборщиком и две — перед лотковой щеткой. Подборщик представляет собой цилиндрическую щетку с системой регулировки щеточных секций, позволяющих сохранить наружный диаметр щетки в процессе износа ворса. Цилиндрическая щетка перебрасывает смет через себя в мусоросборник, расположенный за ней. Щетка закрыта кожухом, часть которого выполнена из эластичной резины, что исключает поломку машины при наезде на препятствие.

Подъем и опускание торцевой щетки осуществляются гидроцилиндром, на корпусе которого установлена пружина, позволяющая регулировать прижим щетки к дорожной поверхности. Кроме того, диск щетки выполнен из резины, что дает возможность лучше копировать дорожную поверхность и избегать поломок при касании с бордюрным камнем. Регулировка угла установки щетки обеспечивается перемещением точки закрепления верхних тяг четырехзвенника в пазах кронштейна и поворотом механизма подвески.

В сравнении с подметальными и подметально-уборочными машинами более высокое качество уборки территорий обеспечивают **вакуумно-уборочные машины**, оснащенные вакуумным подборщиком и пневматической системой транспортирования смета в бункер-накопитель, а также **вакуумно-подметальные машины**, на которых вакуумный подборщик используют в комбинации с подметальными щетками. По качеству очистки вакуумно-подметальные машины в сравнении с вакуумно-уборочными обладают преимуществом, так как щетки эффективно подают смет в вакуумный подборщик. Однако вакуумно-уборочные машины могут работать на более высоких скоростях с большой производительностью, поскольку скорость их движения не ограничена максимальной скоростью взаимодействия ворса щеток с дорогой.

На рис. 3.5 изображена **вакуумно-подметальная машина**. Ее оборудование состоит из двух цилиндрических щеток (передней 5 и боковой 2),

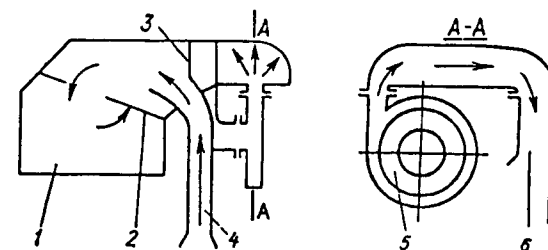


Рис. 3.6. Схема работы вакуумной системы подметальной машины

системы пневматического транспорта смета со всасывающим соплом 3 и шлангом 4, бункера-циклона 1, системы увлажнения, механизма привода рабочих органов гидросистемы и механизмов управления. Вакуум во всасывающем рукаве и бункере-циклоне создается вентилятором.

Передняя цилиндрическая щетка установлена под углом 60° к направлению движения машины. Позади нее перед правым задним колесом установлена цилиндрическая боковая щетка.

Вакуумно-подметальные машины способны проводить работу как на проезжей части улиц, так и на лотковой части дороги вблизи тротуаров.

Машина работает следующим образом. Цилиндрическая щетка сметает смет с увлажненной полосы и направляет его в зону действия лотковой щетки, которая подметает соответствующую полосу и подбрасывает весь смет к заборному соплу, где он увлекается потоками воздуха и транспортируется по всасывающему рукаву 4 (рис. 3.6). В заборном сопле смет вторично увлажняется. Попадая в бункер 1, воздушный поток теряет скорость и встречает на своем пути отбойный лист 2, в результате чего отделяются наиболее крупные частицы смета. Окончательно очищается поток воздуха при его движении через сетку 3, установленную перед входом в вентилятор 5. Проходя через вентилятор, воздух попадает в отсек, имеющийся в передней части кузова, а затем через выхлопной патрубок 6 выбрасывается в атмосферу.

На рис. 3.7 изображена **уборочная машина струйного действия**, в которой забор смета с очищаемой поверхности осуществляется по схеме «сдув—всасывание». Такие машины обеспечивают высокое качество удаления мусора и имеют хорошие экономические показатели. Подметальное устройство и оборудование для сбора мусора включают лотковую щетку 1, всасывающий раструб 2 вакуумной системы и кузов для сбора мусора 5.

Привод машины и рабочего оборудования осуществляется двумя двигателями: основным для обеспечения движения базовой машины и дополнительным 8 — для привода вентилятора вакуумной системы и водяного насоса для системы увлажнения мусора.

Мелкий смет закачивается непосредственно через раструб гибкого шланга 4, опирающийся на колеса 3. Вакуум во всасывающем гибком

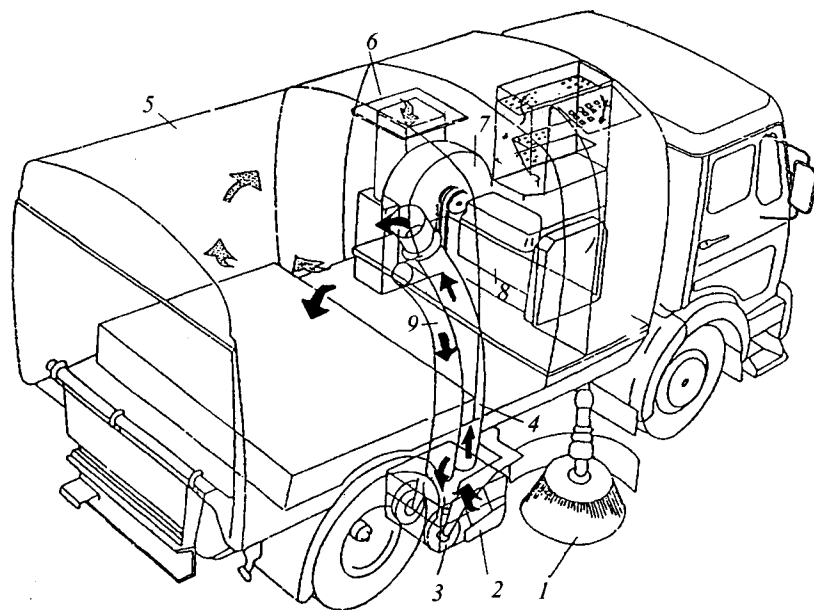


Рис. 3.7. Уборочная машина струйного действия

шланге создается вентилятором 7. Благодаря вакууму, смет через гибкий шланг подается в кузов-мусоросборник 5. Скорость в мусоросборнике существенно снижается по сравнению со скоростью воздуха в шланге благодаря значительно большему сечению мусоросборника по сравнению с сечением шланга, поэтому мусор оседает на дне кузова-мусоросборника. Отработанный воздух проходит через сито 6 в вентилятор 7 и по отводному каналу 9 подается в зону действия щеточного рабочего органа, перемещающая смет к всасывающему раструбу.

Таким образом, создается кольцевая циркуляция воздуха. Причем до 70 % воздушной массы используется повторно, что значительно уменьшает выброс в атмосферу запыленного и загрязненного воздуха, т.е. уборка проводится экологично.

В шахте всасывания воздух вместе со сметом увлажняется форсунками. Смет и мелкая пыль слипаются, становятся более тяжелыми, что обеспечивает их осаждение в бункере-накопителе и повышает эффект обеспыливания.

Распыляемая вода препятствует налипанию грязи на внутренних поверхностях воздухопроводов. Скопившаяся в бункере-накопителе вода удаляется через патрубок, снабженный фильтром.

Закольцованный поток воздуха за счет сжатия нагревается до температуры +20...25°C, подогревая тем самым все элементы и саму шахту всасывания, что позволяет использовать машину и в межсезонье при минимальных отрицательных температурах до -5 °C.

Таблица 3.1. Техническая характеристика подметально-уборочных машин

Наименование показателей	Подметальные и подметально-уборочные машины	Вакуумно-подметальные и вакуумно-уборочные машины	Струйные уборочные машины
Ширина подметания, м	2,7...2,9	1,8...1,9	1,9...2,3
Рабочая скорость, км/ч:			
у лотка	5...8	5...8	5...8
по осевой линии	12...23	10...16	10...16
Диаметр щеток, м			
торцевой	0,8...0,9	0,5...0,7	0,7...0,8
цилиндрической	0,7...0,75	0,45...0,5	0,45...0,5
Ширина захвата сопла, м	—	0,45...0,5	0,5...0,6
Объем бункера для смета, м ³	0,8...1,5	1,6...1,8	1,6...5
Объем бака для воды, м ³	0,9...1,1	0,75...1,0	0,75...1,2
Средняя производительность, тыс. м ² /ч	до 25	до 20	до 20

Техническая характеристика подметально-уборочных машин приведена в табл. 3.1.

Мощность, затрачиваемая на работу подметально-уборочных машин, складывается из следующих составляющих:

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma} + P_K + P_H + P_T + P_D, \quad (3.7)$$

где P_{Σ} — мощность, потребляемая для привода цилиндрической щетки; P_K — то же для конической щетки; P_H — мощность, потребляемая для работы насоса системы увлажнения; P_T — мощность, привода системы транспортирования смета в бункер; P_D — мощность, необходимая для передвижения машины.

Мощность (кВт) привода цилиндрической щетки:

$$P_{\Sigma} = T_{\Sigma} f_B (R_{\Sigma} - h) \omega K_{\Sigma} / (1000 \eta_{\Sigma}), \quad (3.8)$$

где T_{Σ} — суммарное значение вертикальной реакции цилиндрической щетки, Н; f_B — коэффициент трения ворса щетки о дорожное покрытие (для высоко углеродистой стальной проволоки $f_B = 0,34$; для малоуглеродистой $f_B = 0,4$; для синтетического ворса $f_B = 0,41$); R_{Σ} — радиус вращения цилиндрической щетки, м; h — деформация ворса, м; ω — угловая скорость вращения щетки, рад/с; K_{Σ} — коэффициент запаса мощности для преодоления инерционных сил в неустановившемся режиме вращения, сил деформации ворса и аэродинамического сопротивления ($K_{\Sigma} = 1,1$); η_{Σ} — КПД привода цилиндрической щетки.

Мощность (кВт) привода конической щетки:

$$P_K = T_K f_B R_K \omega K_{\Sigma} / (1000 \eta_K), \quad (3.9)$$

где T_K — суммарное значение вертикальной реакции конической щетки, Н; R_K — радиус вращения конической щетки, м; η_K — КПД привода конической щетки.

Мощность, кВт, потребная для работы насоса системы увлажнения:

$$P_n = 10^{-3} B_o v_m q_o P / (\rho_B \eta_{PP} \eta_H), \quad (3.10)$$

где B_o — ширина полосы обеспыливания, которая на 10...20 % больше ширины подметания, м; v_m — скорость поступательного движения машины, м/с; q_o — удельный расход воды при обеспыливании ($q_o = 0,025...0,035$ кг/м²); P — давление, развиваемое насосом МПА; η_{PP} — КПД привода; η_H — объемный КПД водяного насоса ($\eta_H = 0,65...0,75$).

Вместимость (м³) водяного бака системы обеспыливания:

$$V_B = B_o v_m q_o t_o / (\rho_B K_{H.B.}), \quad (3.11)$$

где t_o — продолжительность опорожнения водяного бака, равная или кратная продолжительности наполнения бункера сметом, с; ρ_B — плотность воды ($\rho_B = 1000$ кг/м³); $K_{H.B.}$ — коэффициент наполнения бака водой ($K_{H.B.} = 0,9...0,95$).

Вместимость бункера для смета (м³):

$$V_B = B_n v_m q_c t_n / (\rho_c K_{H.C.}), \quad (3.12)$$

где B_n — ширина подметания, м; q_c — норма загрязненности дорожного покрытия, кг/м²; t_n — время наполнения бункера сметом, равное или кратное продолжительности смены с учетом непроизводительных потерь времени, с; ρ_c — плотность смета ($\rho_c = 1000$ кг/м³); $K_{H.C.}$ — коэффициент наполнения бункера сметом ($K_{H.C.} = 0,85...0,9$).

При использовании вакуумной системы обеспыливания рассчитывается мощность (кВт) привода вентилятора вакуумной системы:

$$P_{вак} = Q p_a / (\eta_a \eta_{np}) 10^3, \quad (3.13)$$

где Q — расход воздуха, обеспечиваемый вентилятором, м³/с; p_a — разрежение воздуха на входе в вентилятор, Па; η_a — объемный КПД вентилятора; η_{np} — КПД привода вентилятора.

Расход воздуха (м³/с):

$$Q = B_n v_m q_c K_{зан} / (\mu_K \rho_{в.н.}), \quad (3.14)$$

где B_n — ширина подметания, м; $K_{зан}$ — коэффициент запаса; μ_K — коэффициент, характеризующий допустимую массовую концентрацию твердых частиц, транспортирующихся потоком воздуха ($\mu_K = 0,05...0,10$); $\rho_{в.н.}$ — плотность воздуха в вакуумном подборщике, (кг/м³).

$$\rho_{в.н.} = p_a (p_a - p_n) / p_a, \quad (3.15)$$

где p_a — атмосферное давление, кПа; p_n — разрежение воздуха в вакуумном подборщике, кПа.

Скорость движения частиц на входе во всасывающий трубопровод:

$$v_a = 1,7 K_{3.C} \sqrt{g d_c \rho_c / \rho_{в.с.}}, \quad (3.16)$$

где d_c — среднестатистический диаметр частиц смета; $K_{3.C}$ — коэффициент запаса скорости, обеспечивающий движение частиц смета во всасывающем трубопроводе ($K_{3.C} = 1,25$); g — ускорение силы тяжести, м/с²; $\rho_{в.с.}$ — плотность воздуха в вакуумной системе.

Для подметально-уборочных машин, используемых в городском хозяйстве, $v_a = 50$ м/с.

Уравнение тягово-динамического баланса подметально-уборочной машины:

$$T_{сч} \geq T \geq W, \quad (3.17)$$

где $T_{сч}$ — сила тяги по сцеплению движителя машины с дорогой; T — сила тяги привода ходового оборудования машины; W — сопротивление движению машины.

Сила тяги по сцеплению движителя машины с дорогой определяется зависимостью

$$T_{сч} = G'_m \phi_{сч}, \quad (3.18)$$

где G'_m — сцепной вес машины, Н; $\phi_{сч}$ — коэффициент сцепления с дорогой.

Сила тяги привода ходового оборудования машины:

$$T = 97,4 P_{дв} i \eta_{мп} / (n_{дв} r_k), \quad (3.19)$$

где $P_{дв}$ — номинальная мощность двигателя, кВт; i , $\eta_{мп}$ — передаточное отношение и КПД трансмиссии машины при движении на соответствующей передаче; $n_{дв}$ — частота вращения вала двигателя при номинальной мощности, об/мин; r_k — радиус ведущего колеса.

Сопротивление движению W , Н, определяют отдельно для рабочего $W_{раб}$ и транспортного $W_{тр}$ режимов:

$$W_{раб} = G_m (f + i_y + \sigma_{вр} f' / g) + (T_u + T_k) f_a, \quad (3.20)$$

где G_m — вес машины, включая рабочее оборудование; f — коэффициент сопротивления качению колес машин; i_y — уклон дороги ($i_y = 0,07...0,09$); g — ускорение свободного падения, м/с²; T_u , T_k — вертикальные силы взаимодействия, соответственно, цилиндрической и конической щеток с дорогой, Н.

$$W_{тр} = G_m (f + i_y + \sigma'_{вр} f' / g) + F_a (v_{мп} + v_a)^2, \quad (3.21)$$

где F_a — коэффициент аэродинамического торможения машины ($F_a = 1,8...3,6$ Нс²/м²); $\sigma_{вр}$ и $\sigma'_{вр}$ — коэффициенты учета вращающихся масс при движении, соответственно, с рабочей и транспортной скоростями машин; j и j' — ускорение машины при движении, соответственно, на низких

и высоких передачах $j = 1, 7 \dots 2$ м/с²; $j' = 0, 15 \dots 0, 3$ м/с²; v_{mp} — транспортная скорость машины, м/с; $v_{\text{в}}$ — скорость встречного ветра; $v = 3 \dots 5$ м/с).

Рабочий цикл машины включает движение машины к месту заполнения бака водой и месту работы, а также подметание и транспортирование бункера, заполненного сметом, к месту его складирования.

Эксплуатационную производительность, м²/ч, подметально-уборочной машины определяют при подметании прилотовой полосы по формуле:

$$P_{\text{э}} = \frac{3600VK_3\rho_c K_H}{q_c \left[\frac{VK_3\rho_c}{bq_c K_M v_M} + t_B + nt_H + \frac{2(l_B + nl_n)}{v_{mp \text{ ср}}} \right]}; \quad (3.22)$$

при подметании проезжей части улицы:

$$P_{\text{э}} = \frac{3600VK_3\rho_c K_H}{q'_c \left[\frac{VK_3\rho_c}{bq'_c K_n v'_M} + t_B + nt_H + \frac{2(l_B + nl_n)}{v_{mp \text{ ср}}} \right]}; \quad (3.23)$$

где V — вместимость бункера для смета, (л); K_3, K_M, K_H, K_n — коэффициенты заполнения бункера сметом, маневрирования, использования машин на линии, перекрытия, соответственно; ρ_c — плотность смета, кг/л; q, q' — удельная загрязненность в прилотовой полосе и на проезжей части, кг/м²; v_M, v'_M — скорости подметания прилотовой полосы и проезжей части, соответственно, м/с; b — ширина подметания, м; t_B, t_H — продолжительность операции по выгрузке смета и наполнения бака для воды, соответственно, с; n — число циклов наполнения бака водой, приходящееся на 1 цикл заполнения бункера сметом; l_n, l_B — расстояние от маршрута подметания до мест выгрузки смета и наполнения водой, соответственно, м; $v_{mp \text{ ср}}$ — средняя транспортная скорость при движении к местам разгрузки смета и наполнения водой, м/с.

Коэффициенты: K_3, K_M, K_H, K_n определяются по формулам:

$$K_3 = V_{\text{см}}/V; K_M = v_M \phi / v_M; \quad (3.24)$$

$$K_H = T_p/T; K_n = \frac{b - b_1}{b},$$

где $V_{\text{см}}$ — объем смета в бункере при его заполнении, л; $v_M \phi$ — средняя фактическая скорость при подметании прилотовой полосы и маневрировании, м/с; T_p — продолжительность подметания и других операций цикла, ч; T — продолжительность пребывания машины на линии при заполнении бункера сметом и его опорожнения, ч; b_1 — средняя ширина полосы, перекрываемой при каждом последующем проходе машины, м.

Скорость подметания снижается при работе в прилотовой полосе в связи с тем, что на ней часто размещаются транспортные средства, а на остановках пассажирского транспорта — пешеходы. При подметании

машине приходится маневрировать, а иногда и останавливаться, что приводит к снижению ее производительности. Это обстоятельство учитывается коэффициентом маневрирования. Проезжую часть подметают за несколько проходов одной машиной или за один проход колонной машин. При этом активная ширина подметания машины не используется, так как для обеспечения нужного качества работ отдельные полосы перекрываются. Снижение производительности машин учитывается введением коэффициента перекрытия.

3.3. Поливночно-мочные машины

Поливочно-мочные машины предназначены для увлажнения и мойки твердых покрытий всех типов, поливки зеленых насаждений, а также могут быть использованы при тушении пожаров. В зимнее время машины оснащают плужно-щеточным оборудованием и используют для снегоуборочных работ.

По назначению поливночно-мочные машины разделяют на специализированные (поливочные и мочные) и универсальные поливночно-мочные. По способу передвижения поливночно-мочные машины бывают самоходные (на автомобильном или тракторном колесном шасси), полуприцепные и прицепные.

По типу насосной установки поливночно-мочные машины можно разделить на машины с низким (до 1,0 МПа) и с высоким давлением воды (более 1,0 МПа). Повышенное давление воды при мойке дорожных покрытий позволяет снизить расход воды на единицу площади покрытия вследствие более высокой кинетической энергии водяных струй, однако требует дополнительных конструктивных мер, предупреждающих преждевременное дробление этих струй и их аэродинамическое торможение.

Поливочно-мочная машина, представленная на рис. 3.8, состоит из базового автомобильного шасси 1, водяной цистерны эллиптического сечения 2, механической трансмиссии привода насосного агрегата 3 и распыляющих воду насадок с соплами 4.

Водяная система машины, рис. 3.8 б, состоит из цистерны 13, которая через центральный клапан 11 и заборную трубу 10 сообщается с водяным насосом. Водяной насос 6 приводится в движение от двигателя через коробку отбора мощности. Вода от насоса под давлением подается в нагнетательную ветвь трубопроводов 2 через распределительные краны 5 к соплам 1, которые производят поливку или мойку дорожного покрытия, или к соплу 4 для поливки зеленых насаждений. Давление воды контролируется манометром 3.

Цистерна представляет собой емкость овального сечения. Внутри нее установлены волнорезы и контрольная труба. В нижней части расположены фильтр, отстойник, цилиндрическая обечайка с приваренным к ней под цистерной фланцем, к которому крепится центральный клапан. Рядом с

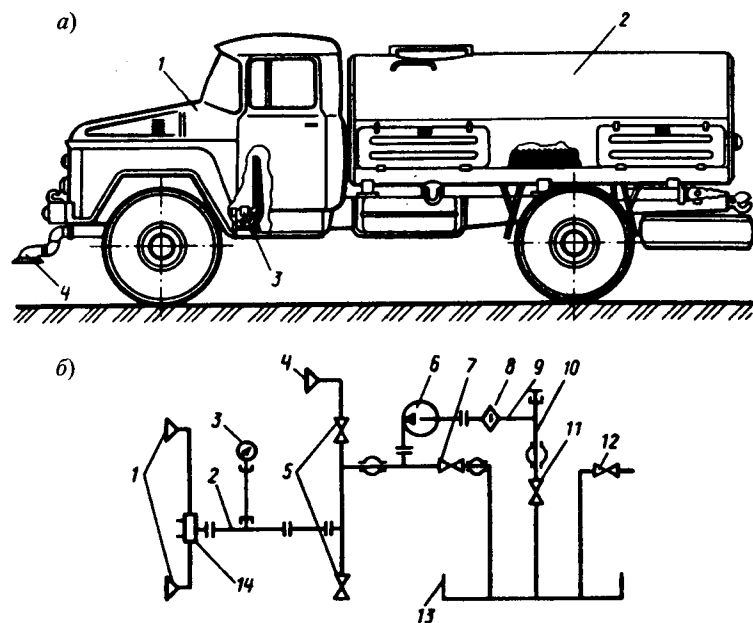


Рис. 3.8. Поливочно-моечная машина

центральным клапаном размещен отстойник. В обечайке имеются два отверстия, служащие для задержания некоторого количества воды в цистерне при ее опорожнении. Эта вода используется для заполнения всасывающей системы трубопровода и водяного насоса при заборе воды из водоема.

Под днищем цистерны смонтирован центральный клапан для перекрытия воды, поступающей из цистерны к водяному насосу. В закрытом положении клапан прижат к седлу корпуса; в нижней части он имеет резиновую уплотнительную прокладку. Управляют центральным клапаном с помощью рычага из кабины водителя. Система трубопроводов состоит из всасывающей и нагнетательной линий. Всасывающая труба крепится к всасывающему патрубку насоса и соединяется с горловиной центрального клапана резиновым патрубком.

Всасывающая труба имеет вывод, к которому при заборе воды из водоема присоединяется водозаборный шланг. Сечение трубопроводов должно обеспечивать скорость воды не менее 0,2...0,3 м/с при минимальных местных сопротивлениях.

Заполнение водой цистерны производится как от водопроводной сети через пробковый кран 12, так и из водоема через заборную трубу 9. Вместимость цистерн отечественных самоходных поливочно-моечных машин составляет 6 000...11 000 л. Для наполнения цистерны водой из водопроводной сети к цистерне с правой стороны крепится заливная труба с краном. В кран вмонтирована соединительная головка для подсоединения водопроводного шланга от гидранта и фильтра 8 для очистки воды. Для

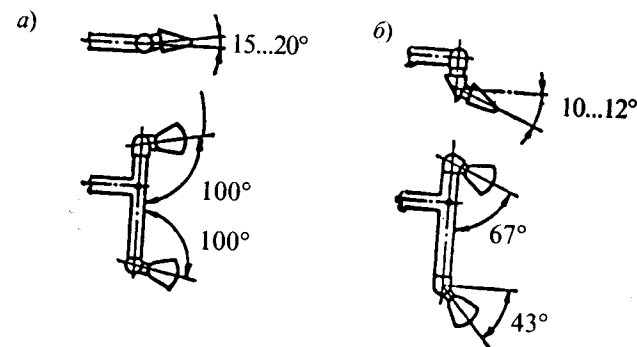


Рис. 3.9. Схема установки насадок: а — для мойки; б — для полива

слива отстоя из цистерны имеется сливная труба, закрытая краном 7, а для предупреждения раскочки воды в цистерне — два волнореза. Поливочно-моечная машина снабжена тремя поворотными соплами. Вода из напорного трубопровода через продольную трубку поступает к головке пожарной колонки 14, которая установлена на передней трубе. От колонки вправо и влево отведены патрубки, на концах которых с помощью резьбового соединения накручены поворотные сопла в сборе. Третье сопло установлено справа за кабиной водителя. Поворотное сопло состоит из поворотного устройства и насадки, в которой для воды имеется щель размером 1,5...2 мм. Поворотное устройство включает в себя два чугунных колена, которые соединены шарнирно с помощью стяжного зажима. Насадки должны располагаться таким образом, чтобы рабочие струи частично перекрывались для получения наибольшей сплошной ширины полива при заданном удельном расходе воды.

Используемые в поливочно-моечных машинах насадки подразделяются на поливочные и моечные.

Полливочные насадки рис. 3.9 а обычно устанавливают симметрично относительно продольной оси машины, повернутыми вверх под углом 15...20° к горизонту и развернутыми в сторону на угол 10°.

Моечные насадки обычно устанавливают повернутыми вниз под углом 10...12° к горизонту (рис. 3.9 б) и несимметрично повернутыми вправо относительно продольной оси машины для перемещения смываемых загрязнений с проезжей части дороги в сторону дорожного лотка, откуда загрязнения удаляются с помощью подметально-уборочных машин. Изменение положений насадок осуществляется с помощью гидропривода.

Производительность насадки (м³/с) при работе выражается следующей формулой:

$$Q_n = \alpha f v = \alpha f \phi \sqrt{2gH} \approx 3,28 d^2 \sqrt{H}, \quad (3.25)$$

где α — коэффициент сжатия, равный, примерно, 1; f — площадь сечения насадки, м²; v — скорость струи, м/с;

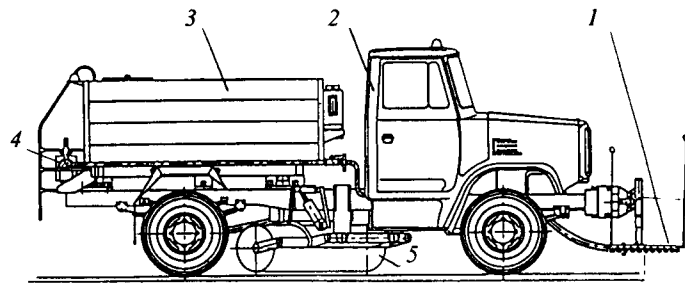


Рис. 3.10. Поливомоечная машина с подачей воды под высоким давлением

$$v = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (3.26)$$

где φ — коэффициент скорости; $\varphi \approx 0,94$; g — ускорение силы тяжести, м/с^2 ; H — рабочий напор у насадки, м.вод.ст. ; d — диаметр выходного отверстия насадки, м .

Расход воды из всех насадок равен:

$$\Sigma Q_n = Q_n n, \quad (3.27)$$

где n — количество насадок, шт.

Ориентировочный расход воды при напоре 196...294 кПа на размыв и транспортировании пульпы в ливневый колодец составляет 3...5 м^3 воды на 1 м^3 осадка.

Если давление воды увеличить в 5...6 раз, эффективность мойки резко возрастает, а расход воды в перерасчете на обработку 1 м^2 поверхности дороги снижается в 2,5...3 раза.

Поливомоечная машина с подачей воды под высоким давлением показана на рис. 3.10. На базовом автомобиле 2 монтируется система сопел, размещаемых на горизонтальной рейке 1, которую с помощью приводных механизмов можно поворачивать в плане или сдвигать вправо и влево от продольной оси машины.

Цистерна 3 оборудуется водяным насосом 4 с приводом от гидромотора и вала отбора мощности.

Поливомоечные машины могут иметь дополнительное оборудование, например, цилиндрическую подметальную щетку 5 со стальным или синтетическим ворсом. Некоторые модели поливочно-моечных машин оборудованы водосгонным косоустановленным ножом, что улучшает качество очистки сильно загрязненных поверхностей и позволяет уменьшить удельный расход воды.

Техническая характеристика поливочно-моечных машин приведена в табл. 3.2.

Расчет поливочно-моечных машин включает определение рациональных параметров процесса поливки и мойки дорожного покрытия и баланса мощности, расчеты водяной системы и гидрооборудования, нагрузок

Таблица 3.2. Техническая характеристика поливочно-моечных машин

Наименование показателей и размерность	Параметр показателя
Вместимость цистерны, л	4 000.. 6 000
Ширина поливки, м	до 18
Ширина мойки, м	до 7
Расход воды	
при поливке, л/м^2	0,25
при мойке, л/м^2	1,00
при мойке лотков, л/м^2	1,00
Рабочая скорость движения:	
при мойке, км/ч	10...21
при поливке, км/ч	17.. 21
Производительность машины:	
при мойке лотков, тыс. $\text{м}^2/\text{ч}$	до 6
при мойке дорожных покрытий, тыс. $\text{м}^2/\text{ч}$	12...17,0
при поливе, тыс. $\text{м}^2/\text{ч}$	до 70
Давление воды у насадки:	
в машинах низкого давления, бар.	3...5
в машинах высокого давления, бар.	до 25

на оси, тягово-динамических характеристик, устойчивости и управляемости машины, производительности и др. Главным параметром поливочно-моечной машины является вместимость цистерны.

Взаимодействие моющих секторов с дорожным покрытием (рис. 3.11) происходит по прямой (реже ломаной) линии C_1D_2 , участок C_2D_1 которой определяет необходимое минимальное перекрытие моющих секторов. Центральный угол каждого моющего сектора $\varphi = 50...60^\circ$ определяется рациональной конструкцией моющих насадок. Вдоль линии встречи C_1D_2 образуется водяной вал, который движется поступательно со скоростью, равной скорости машины v_m , и одновременно смещается вдоль этой линии встречи со скоростью $v = v_m \sin \beta$ (3.27), где β — угол между линией встречи и перпендикуляром к направлению движения машины. Свободно лежащие на дороге загрязнения захватываются и уносятся водяным валом.

В установившемся режиме мойки равновесие линии встречи C_1D_2 определяется равенством количества движения насыщенного загрязнениями водяного вала в направлении векторов v_m и $v_m \sin \beta$ и проекций на эти направления результирующих количества движения моющих секторов, которые в наиболее простом случае направлены вдоль биссектрисы AE каждого моющего сектора и равны:

$$0,5 m v_{cmp} (1 + \cos \alpha), \quad (3.28)$$

где m — масса расходуемой воды через соответствующую насадку в течение промежутка времени t , α — угол наклона биссектрисы AE к горизонтالي; v_{cmp} — скорость элементарной водяной струи моющего сектора в точке E .

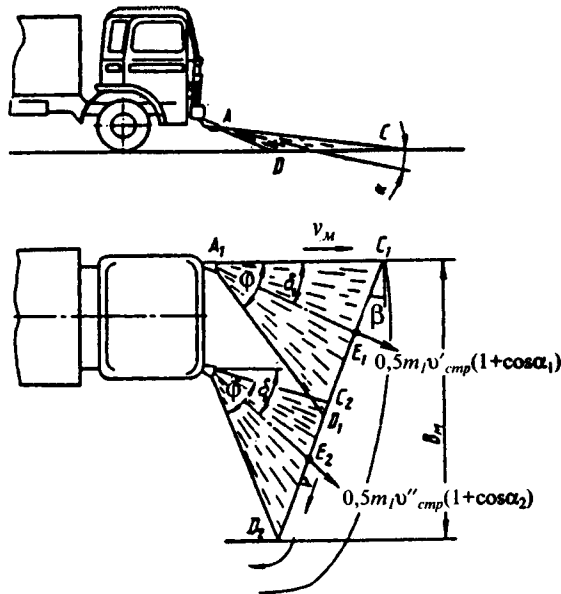


Рис. 3.11. Схема взаимодействия моечного оборудования с дорожным покрытием

Необходимо учитывать, что скорость v_{cmp} значительно меньше начальной скорости струи, v_0 , м/с, в критическом сечении насадки:

$$v_0 = 100\mu\sqrt{20\rho g / \rho_s}, \quad (3.29)$$

где μ — гидравлический коэффициент, $\mu = 0,8\text{--}0,95$; ρ — давление воды на входе в насадку, МПа; g — ускорение свободного падения; ρ_s — плотность воды, $\rho_s = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Снижение скорости v_{cmp} обусловлено увеличением площади моющего сектора, перпендикулярной его биссектрисе AE , пропорционально удлинению этой биссектрисы. В направлении движения машины скорость v_{cmp} геометрически суммируется со скоростью $v_m = 3\text{--}6 \text{ м/с}$. Условие равновесия количества движения воды по линии встреч C_1D_2 позволяет определить оптимальный угол поворота этой линии:

$$\beta = \arctg \frac{\sin \delta}{\cos \delta + \frac{v_m}{v_{cmp}}}, \quad (3.30)$$

где δ — угол биссектрисы моющего сектора относительно направления движения машины.

Зная угол β , можно определить ширину B_m мойки, а также объемный расход воды $q_{s.o.}$ на единицу площади мойки, зависящий от удельной мас-

совой загрязненности дорожного покрытия q_c . При использовании моющих насадок, работающих с давлением $p = 0,3\text{--}0,4 \text{ МПа}$, удельный расход воды будет $q_{s.o.} = 1 \text{ кг/м}^2$ при условии загрязненности дорожного покрытия $q_c = 0,1 \text{ кг/м}^2$. Уменьшение количества движения моющих секторов по сравнению с оптимальным, равновесным значением, например, вследствие падения расхода Q или давления p , приводит к прорыву загрязненной воды из водяного вала под моющие секторы и резкому ухудшению качества мойки дорожного покрытия; увеличение данного количества движения обеспечивает рост объема водяного вала и переход системы в новое равновесное состояние с увеличенной шириной B_m мойки. Ограничениями в последнем случае являются устойчивость водяных струй при повышении давления p .

Уравнение тягово-динамического баланса, расчет сопротивления движению поливочно-моечной машины и управление ее мощностного баланса в транспортном режиме аналогичны рассмотренным выше расчетам подметально-уборочной машины. Сопротивление (H) движению в рабочем режиме определяется по формуле:

$$W_{раб} = G_m(f + i_y + \sigma_{ap}j/g), \quad (3.31)$$

где G_m — вес машины, включая вес рабочего оборудования, Н; f — коэффициент сопротивления качению машины ($f = 0,02$); i_y — уклон дороги ($i_y = 0,07\text{--}0,09$); σ_{ap} — коэффициент учета вращающихся масс при движении с рабочей скоростью машины; j — ускорение машины при движении на пониженной передаче ($j = 1,7\text{--}2 \text{ м/с}^2$); g — ускорение свободного падения, м/с^2 .

Уравнение мощностного баланса поливочно-моечной машины составляют для рабочего и транспортного режимов с учетом потерь мощности на пробуксовку колес машины:

$$P_{де.раб} \geq \frac{10^{-3}W_{раб}v_m}{(1-\delta)\eta_{mp}} + \frac{10^{-3}Qp_n}{\rho_s\eta_{np}\eta_n}, \quad (3.32)$$

$$\rho_{де.тп} \geq \frac{10^{-3}W_{тп}v_{тп}}{(1-\delta)\eta'_{mp}}, \quad (3.33)$$

где Q — массовая подача водяного насоса, кг/с; ρ_s — плотность воды, $\rho_s = 1000 \text{ кг/м}^3$; p_n — давление, создаваемое насосом, Па; η_{mp} и η'_{mp} — КПД трансмиссии при движении машины, соответственно, с рабочей v_m и транспортной $v_{тп}$ скоростями; η_{np} — КПД привода водяного насоса; η_n — объемный КПД насоса; $\eta_n = 0,6\text{--}0,75$; δ — коэффициент буксования, $\delta = 0,15\text{--}0,2$.

Техническая производительность поливочно-моечной машины ($\text{м}^2/\text{ч}$)

$$P_{тех} = 3600(B - B_{пер})v_m, \quad (3.34)$$

где B — ширина поливки или мойки дорожного покрытия, м; $B_{пер}$ — ширина перекрытия проходов машины, $B_{пер} = 0,1—0,2$ м; v_m — рабочая скорость, $v_m = 3...6$ м/с².

Часовая эксплуатационная производительность поливочно-моечной машины (м²/ч) ниже технической и во многом зависит от расстояния между местом заполнения цистерны водой и местом производства работ, вместимости цистерны и организации производства работ:

$$P_3 = 3600VK_zK_u/q_sT_u, \quad (3.35)$$

где V — вместимость цистерны для воды, л; K_z — коэффициент заполнения цистерны водой; $K_z = 0,9...0,95$; K_u — коэффициент использования машины по времени; q_s — норма расхода воды: при мойке $q_s = 1,0$ л/м², при поливке $q_s = 0,25$ л/м²; T_u — продолжительность рабочего цикла машины, с:

$$T_u = t_{нап} + t_{раз} + t_{пер} + t_{н.з}, \quad (3.36)$$

где $t_{нап}$ — продолжительность наполнения цистерны водой, $t_{нап} = Vt'_{нап}$ ($t'_{нап}$ — время, с, для заполнения цистерны одним литром воды; зависит от производительности насоса); $t_{раз}$ — продолжительность разлива, $t_{раз} = VK_1/q_sBv_m$ (здесь K_1 — коэффициент, характеризующий неравномерность движения машины вследствие маневрирования, $K_1 = 1,2$; при работе в ночное время $K_1 = 1$; B — ширина захвата при мойке или поливе, м; $v_m = 2,8...5$ м/с); $t_{пер}$ — продолжительность движения машины от места производства работ до места наполнения цистерны и обратно, $t_{пер} = 2l/v_{тр.ср}$ (здесь l — расстояние от места наполнения цистерны до места производства работ, м; $v_{тр.ср}$ — средняя скорость машины при движении от места наполнения цистерны до места производства работ и обратно, м/с); $t_{н.з}$ — продолжительность подготовительно-заключительных операций, включающих монтаж и демонтаж шлангов и др.

Коэффициент, характеризующий эффективность очистки дорожного покрытия поливочно-моечными и подметально-уборочными машинами:

$$K_{эф} = 1 - q_{ост}/q_n \geq 0,8...0,85, \quad (3.37)$$

где q_n и $q_{ост}$ — соответственно, начальное и остаточное количества загрязнений на единицу площади дорожного покрытия ($q_n \approx 0,1$ кг/м²).

Контрольные вопросы

1. Перечислите способы выполнения работ по благоустройству городских территорий летом.
2. Назовите типы подметальных щеток и основы их расчета.
3. Расскажите о подметально-уборочных машинах, их классификации и принципе действия.
4. Опишите вакуумно-подметальные машины, их устройство и принцип действия.
5. Расскажите об уборочных машинах струйного действия, их устройстве и принципе действия.
6. Проведите расчет мощности, затрачиваемой на работу подметально-уборочной машины.
7. Вспомните уравнение тягово-динамического баланса подметально-уборочной машины.
8. Расскажите о поливочно-моечных машинах, их классификации, устройстве и принципе действия.
9. Проведите расчет эксплуатационной производительности поливочно-моечных машин.

Глава 4.

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ****4.1. Влияние зеленых насаждений
на жизнедеятельность городов**

В общем комплексе мероприятий по очистке атмосферы современного города от загрязнений и снижению уровня шума особое значение придается городским зеленым насаждениям — гигантским зеленым фильтрам — паркам, садам, скверам и бульварам, пронизывающим жилые и промышленные застройки и транспортные магистрали города. В одних случаях зеленые посадки защищают городские объекты от вредных выделений, проникающих со стороны, в других — локализируют и поглощают выбросы предприятий и транспорта и создаваемые ими пыль и шум на ограниченных участках.

Как показывают исследования, зеленые насаждения содействуют образованию постоянных воздушных течений, которые перемешивают и разбавляют воздух, вынося вредные газы в верхние слои тропосферы. Днем освежающее дуновение исходит от зеленого массива, вечером и ночью — наоборот, от сильнее прогретых площадей, к более устойчивому в тепловом отношении зеленому массиву.

Интенсификация воздушных потоков достигается созданием в посадках специальных коридоров. Направления воздушных коридоров стараются совместить с направлением преобладающих в данной местности ветров, что усиливает вентиляционное действие насаждений. Вместе с тем отсутствие коридоров приводит к застоям воздуха. Так, густая изгородь из боярышника снижает скорость ветра с 2,3 до 0,4 м/с, линейная посадка деревьев с кустарниками — с 2,6 до 0,4 м/с, высококронные деревья — с 2,7 до 2,1 м/с.

Растения не только перемешивают массы воздуха, но и ионизируют их. Под ионизацией понимают концентрацию содержащихся в воздухе атмосферных ионов и аэроионов. Различают аэроионы легкие и тяжелые. Наиболее благотворно влияют на организм человека легкие аэроионы. Чем чище воздух, тем больше в нем легких и меньше тяжелых ионов.

Такие растения, как белая акация, карельская береза, белая и плакучая ивы, пихта, сирень, черный тополь и другие, по данным Центрального республиканского ботанического сада Украины в Киеве, повыша-

ют количество легких ионов в воздухе, положительно воздействуя при этом на функциональное состояние периферической и центральной нервной системы человека.

Ионизируя воздух, растения одновременно выделяют и особые летучие вещества — фитонциды, снижающие бактериальную загрязненность воздуха. Больше всего антибактериальная активность свойственна сосновому, буковому и ивовому породам растений. В сосновом лесу вредных бактерий, например, в 2 раза меньше, чем в лиственном, так как сосны обладают высокой фитонцидностью к белому и золотистому стафилококку и наполовину снижают рост их колоний.

Белая акация, липа, осина, сирень, клен и другие растения также способствуют созданию в зоне своего произрастания антибактериального объема воздуха.

Как было подсчитано, хвойный лес с площади в 1 га за сутки выделяет в атмосферу 4 кг летучих фитонцидов, лиственный лес — около 2 кг, поэтому в лесном воздухе по сравнению с городским значительно меньше болезнетворных микроорганизмов. Так, в 1 м³ лесного воздуха содержатся в среднем 490 бактерий, а в 1 м³ городского их количество достигает 36 000.

Особое значение имеют зеленые насаждения как пылезащита. Исследования показали, что насаждения в городе задерживают до 86 % пыли и снижают запыленность воздуха под кронами до 40 %. В лесу же пыли практически не наблюдается, в то время как даже в полевом воздухе, не говоря уже о городском, ее содержится до 25 г/м³. Кроны еловых деревьев в лесопарках, размещенные на площади в 1 га, задерживают ежегодно до 32 т пыли, кроны сосновых деревьев — 36 т, дубовых 56 т, а буковых — 63 т.

Дожди способствуют освобождению древесных насаждений и воздушного бассейна от пыли. При этом листья с морщинистой поверхностью очищаются быстрее и лучше листьев, имеющих войлочное опушение. Клейкие и опущенные листья обладают высокими пылезащитными свойствами только в начале вегетации, затем эти свойства снижаются.

Хотя 1 га леса усваивает в течение года около 2 т углерода, обогащая при этом кислородом свыше 10 млрд м³ воздуха, в черте города поглощающая способность растений не является, как правило, эффективной, поскольку концентрация и объем вредных выделений предприятий часто значительно превышают способность конкретной защитной полосы поглотить все выделения. Поэтому основное внимание в городских посадках уделяют свойствам растений при определенном расположении создавать вентиляционные воздушные потоки, отводящие, как уже отмечалось, вредные газы в верхние слои атмосферы или за черту города, где они рассеиваются.

Санитарно-гигиеническими свойствами обладают не только древесно-кустарниковые насаждения, но и газоны. Зеленая, часто подстригаемая поверхность газона испаряет воды из почвы с 1 м² до 200 г/ч. В ре-

зультате создается повышенная влажность приземного слоя воздуха и снижается его температура. В жаркое время летнего дня температура снижается на 6...7°, и это снижение распространяется на более удаленные от поверхности газона слои воздуха. На высоте корпуса человека в наиболее жаркие летние дни температура на дорожке у газона бывает почти на 2,5° ниже, чем на асфальтовой мостовой.

Травостой газона на занимаемой им территории исключает образование пыли; в то же время пыль, приносимая ветром со стороны, оседает на газон и поглощается его поверхностью. Мощно развитая в виде дерна корневая система газона способствует быстрой минерализации органического вещества, благотворно влияет на очищение почвы от гнилостных и вредных микроорганизмов и многих нечистот, попадающих на газон с пылью.

Немаловажно также влияние подстригаемого травостоя газона как зеленой поверхности, обладающей фитонцидным и ионизирующим действиями на приземный слой воздуха.

Кроме того, газоны, покрывающие большую часть территории городских бульваров и парков, создают «зоны покоя», а полосы газонов, идущие вдоль улиц и разъединяющие сплошные покрытия мостовых, панелей и зданий, обеспечивают некоторое ослабление вибраций, возникающих вследствие движения тяжелого транспорта, создают «зоны безопасности движения» для транспорта и пешеходов и «зоны поглощения уличного шума».

Эффект снижения шума зелеными насаждениями зависит от характера посадок, породы деревьев и кустарников, времени года, а также от частотного состава шума, распространяющегося через эти насаждения. Так, рядовые посадки деревьев на улицах и бульварах городов с открытым подкронным пространством снижают уровень шума незначительно. Звуковая энергия, особенно низкочастотного диапазона, беспрепятственно проходит сквозь такие посадки, и лишь высокочастотные составляющие шума ими частично рассеиваются и поглощаются.

Более существенно снижается шум непрозрачными посадками, т. е. такими, через которые не просматриваются находящиеся сзади них предметы. Эти посадки, как правило, имеют густолистные смыкающиеся кроны, а пространство под кронами сплошь заполнено кустарниками.

Большое влияние на процесс поглощения шума оказывает ширина защитной посадки. Как показали исследования, уже десятиметровая ширина полезащитных древесно-кустарниковых полос снижает уровень шума на 60 %. При двойной ширине такой полосы шум поглощается почти полностью.

Зеленые насаждения в городе кроме санитарно-гигиенических выполняют еще и *декоративно-эстетические функции*. Эти насаждения своим взаиморасположением, формой, цветом и возникающими при их освещении светотенями способствуют устранению отрицательных эмоций и нервной разрядке посетителей парков, садов и скверов, повышают их

общий тонус. Однако возникновение положительных эмоций на внешние зрительные и иные раздражители возможно лишь в том случае, если сочетания глубины, форм и цвета, игра светотеней, а также звуки и запахи, окружающие и сопровождающие зеленые насаждения и образующие всю гамму ощущений, из которых складывается восприятие красоты, будут подчиняться определенным законам, закодированным в психике человека в виде чувства прекрасного и совершенного.

Наблюдатель, подчиняясь этому чувству, располагаясь на таком расстоянии и под таким углом зрения к наблюдаемому объекту, чтобы получаемые от наблюдения ощущения максимально приближались к ощущениям, заложенным в его психике в виде чувства совершенного.

В садово-парковой архитектуре расстояния и углы зрения, как правило, заданы заранее при планировке дорожно-тропиночной сети, с учетом, например, того, что оптимальное расстояние от наблюдателя до кроны красиво растущего дерева должно быть не менее двойной высоты дерева.

С более близкого расстояния будут видны изъёмы кроны, с более дальнего отдельные оттенки цветовой палитры кроны перестанут замечаться наблюдателем.

Регулируют рост и развитие растений, придают им нужные размеры и формы специальными приемами ухода. Наиболее массовой и трудоемкой технологической операцией ухода является подрезка растений. Подрезке подвергают газоны (стрижка газонов), кустарники, деревья (кронирование кустарников и деревьев) и ковровые цветники.

Основными факторами, определяющими особенности конструктивного решения и технические характеристики специальных машин для ухода за насаждениями, являются условия, в которых эти машины работают. Условия создаются не только схемами посадок, но и особенностями развития растений, зависящими, в свою очередь, от своевременного и правильного выполнения агротехнических требований ухода за ними.

Рассмотрим агротехнические требования, предъявляемые к кошению газонов, кронированию деревьев и кустарников.

По целевому назначению, местоположению и характеру использования газоны делят на партерные, обыкновенные, лугового типа и специального назначения.

Партерные газоны создают на парадных местах и выполняют в виде очень плотных травяных покрытий, засеянных преимущественно семенами одного вида. Такие газоны постоянно коротко остриженные, сочнозеленые, чистые и ровные.

Обыкновенные газоны — это газонные покрытия в парках, садах, на бульварах и тому подобных местах наиболее распространенного типа. Обыкновенные газоны создают на больших и малых площадях в разнообразных условиях рельефа почвы. Засевают их различными семенами газонных трав, допуская отрастание травостоя до 15...20 см.

Газоны лугового типа покрывают достаточно большие пространства в парках и лесопарках. Газоны этого типа, как правило, создают на

базе имеющейся в данном конкретном месте естественной луговой растительности. В зависимости от требований газоны лугового типа могут иметь вид цветущего разнотравного естественного луга или сочно-зеленого, ровного и однотонного ковра.

К газонам специального назначения относят различные оперативные, почвозащитные, маскировочные, опытные и тому подобные газоны, а также аэродромные поля. Например, сюда можно отнести газоны на склонах, где они выполняют защитные функции, предохраняя склоны от оползней. В междурядьях цветников, в зоне бордюрного камня, окаймляющего садовые дорожки и площадки, между декоративными плитами покрытий садовых площадок встречаются узкие полосы травостоя шириной 10...30 см — рабатки, за которыми также необходимо регулярно ухаживать.

Систематическая стрижка газонов — одна из основных операций ухода за травяным покрытием. Она вызывает более усиленное развитие молодых побегов и листьев, придает коврам цвет свежей и яркой зелени, ускоряет и усиливает кущение злаков, позволяет эффективно вести борьбу с сорняками.

Агротехнически правильно стричь обыкновенные газоны при достижении травостоем 10...15 см. В цветниках же и партерах, как правило, газоны стригут еще чаще — при высоте травы 6...10 см. Наиболее целесообразная высота скашивания газонов, в зависимости от состава травостоя, — 3...5 см.

Наблюдения показали, что между высотой срезки и длиной корней существует тесная взаимосвязь. Корни низкосрезанных трав не проникают глубоко в землю и попадают в худшие условия питания, что отражается на сопротивляемости трав болезням и сорнякам.

Срез стеблей травы должен быть ровным, а плоскость среза — деформированная. Высота срезанного травостоя должна быть одинаковой во всех точках газона. Все это обеспечивает ровный зеленый фон без резких световых и цветовых переходов. Такой газон обладает наилучшими декоративными характеристиками. В зависимости от погодных условий и состояния газона обыкновенный декоративный газон в течение вегетации скашивается до 10 раз.

Срезанную траву собирают сразу же после скашивания, так как под ее неубранным сплошным слоем газон быстро желтеет. Иногда, если это не нарушает декоративного эффекта, скошенную траву на сутки оставляют на газоне и только по истечении этого срока убирают ту часть травяной массы, которая оказывается поверх стерни скошенного газона. Высохшие же частички срезанной массы, провалившиеся между стеблями трав, играют роль опада и мульчируют поверхность почвы, предохраняя ее от излишнего иссушения и возвращая ей в виде органических остатков вынесенные травами питательные вещества.

Стрижку газонов прекращают осенью с установлением среднесуточной температуры воздуха +10° С. На зиму травостой оставляют высо-

той в 8...12 см. Это, с одной стороны, утепляет дернину, а с другой — предохраняет растения от вымерзания.

Соблюдение агротехнических приемов и правил кошения гарантирует газонам сохранность яркой цветовой гаммы в течение всего периода вегетации и продолжительную стабильность санитарно-гигиенических параметров.

Значительную часть озеленительного комплекса городов составляют древесно-кустарниковые породы. Красиво цветущие кустарники обладают тем преимуществом перед другими видами насаждений, что позволяют получать полный декоративный эффект с первого-второго года посадки. Продолжительность жизни у большинства пород исчисляют десятками, а при оптимальных условиях — и сотнями лет. Содержание же кустарников обходится гораздо дешевле содержания некоторых других насаждений, например, цветочных, и во многих случаях кустарники с успехом их заменяют.

Стрижка является одной из основных мер по уходу за кустарниками и определяет обилие их цветения и плодоношения. Стрижкой удаляют слабые и больные побеги; омолаживают кусты; усиливают рост боковых побегов; увеличивают густоту и поддерживают выровненность крон.

По мере отрастания побегов кустарники стригут несколько раз в год. Так, кустарники, дающие цветы весной на побегах прошлого года, подрезают вскоре после окончания цветения. Растения, цветущие летом или в начале осени, требуют обрезки поздней осенью, зимой или весной до распускания почек. При этом сильная обрезка способствует появлению на растениях немногих, но сравнительно крупных цветов; слабая же, наоборот, вызывает образование цветов многочисленных, но меньших по размеру. В декоративном садоводстве чаще применяют слабую обрезку, обеспечивающую массовость цветения.

По мере старения кустарников нередко наблюдают ослабление и даже приостановку их роста: облиственность растений снижается, листья мельчают, цветение резко уменьшается. Для восстановления нормальной жизнедеятельности требуется операция, называемая омоложением. Омоложение бывает полное и частичное. При полном омоложении срезается вся надземная часть старой древесины до высоты 15...30 см. Из появившихся новых побегов оставляют наиболее сильные для формирования куста. Частичное омоложение проводят в несколько приемов, срезая каждый год наиболее слабые ветки.

Таким образом, стрижка кустарников представляет собой довольно сложный процесс, требующий значительного времени.

Кустарники стригут в горизонтальной плоскости, в плоскостях под углом к горизонту, а также фигурно.

Наиболее распространенными формами живых изгородей являются прямая и обратная трапеции, прямоугольная и параболическая. Из них наиболее часто встречается прямоугольная форма стрижки. Однако у этой формы существенный недостаток — боковая поверхность кроны

кустарника получает значительно меньше света, чем при таких формах стрижки как треугольная и прямая трапеции. В результате происходит изреживание кроны и оголение стволиков кустарника снизу.

Зеленая изгородь может создаваться из цветущих кустарников, например из розы морщинистой, лапчатки, японской спиреи и др. Такие изгороди обычно не стригут. Изгородь из кустарников с плотной кроной, подвергающейся стрижке, образуют такие породы, как кизильник, бирючина, альпийская смородина, крушина, желтая акация и т.д. У однорядной живой изгороди расстояние между кустарниками в ряду обычно составляет 25—30 см. При двух- и многорядных посадках расстояние между растениями в рядах 30, 40, 50 см, а между рядами 20—30 см. Многорядную посадку выполняют в шахматном порядке. Живые изгороди могут достигать высоты 5 м (живая стена). Обычный кустарниковый барьер имеет высоту до 1,5 м. Ширина посадок — 1,0...1,6 м.

В зависимости от местоположения кустарников их стригут по мере необходимости в течение всего вегетационного периода: основная стрижка — в конце мая или начале июня с наращиванием 3 см из прироста текущего года, и две летние повторные — до уровня первой стрижки.

Деревья также подвергают кронированию (обрезке). Обрезка бывает двух видов — санитарная и формовочная. При санитарной обрезке вырезают сухие и поломанные ветви и прореживают крону дерева.

Формовочной обрезкой кроны дерева придают определенную форму, которую выбирают с учетом расположения в пространстве скелетных ветвей кроны. При укорачивании однолетнего прироста скелетных ветвей срез делают непосредственно над почкой, не оставляя пеньков, которые затрудняли бы застание среза. Косой срез или срез ниже основания почки, как правило, следует делать в исключительном случае, поскольку площадь среза ветки при этом увеличивается, прилегающая к срезу верхняя часть прироста подсыхает, и побеги из верхней почки получаются очень слабыми. Срез начинают с противоположной почке стороны на уровне ее основания и заканчивают непосредственно над верхушкой почки. При подрезке полускелетных и отрастающих веток этих требований можно не придерживаться. Качество среза здесь не имеет значения, так как эти ветви периодически омолаживают. Если молодые деревья обрезают в начале весны, когда еще возможны возвратные заморозки, при укорачивании однолетнего прироста над почкой оставляют пенек высотой в 2—3 см. Крупные ветви лучше удалять по частям, предварительно подпилив с нижней стороны на некотором расстоянии от места среза, чтобы предотвратить обрывы коры на дереве при обламывании недопиленной ветви.

При удалении крупных ветвей нельзя оставлять пеньков. Загнивая, они способствуют образованию дупел. У ветвей срез следует делать по самой верхушке кольцевого наплыва, который имеется вокруг основания боковых ветвей. Плоскость среза таких ветвей должна быть почти параллельна оси ствола с небольшим наклоном к верхней части среза (к стволу). Шероховатую поверхность среза следует сгладить ножом или

стамеской для того, чтобы на ней не задерживалась влага, а затем, если срезы в поперечине более 1,5 см, покрыть садовым варом или масляной краской на натуральной олифе.

Приведенным агротехническим требованиям должны, очевидно, соответствовать и типы режущих аппаратов, используемых в качестве рабочих органов машин для подрезки растений.

В общем случае режущие аппараты должны отвечать следующим требованиям:

1) иметь минимально возможные и стабильные в процессе работы зазоры между режущими парами в аппаратах опорного резания с активным и противорежущим ножами или соответствующую скорость движения ножа, работающего без противорежущего элемента, обеспечивающую ровный и недеформированный срез стеблей растений;

2) перерезать наибольшее количество стеблей, попадающих в зону их действия;

3) удалять максимально возможное количество срезанных стеблей из зоны своего действия;

4) иметь максимально уравновешенные движущиеся массы, так как виброколебания, возникающие при движении неуравновешенных масс, передаются в этих машинах, как правило, непосредственно на руки оператора.

4.2. Машины для подрезки растений

Газонокосилки. Все многообразие конструкций машин для скашивания газонных трав по основному общему признаку — способу перерезания стеблей трав — можно объединить в две группы: машины, режущие аппараты которых работают по принципу опорного резания; машины с рабочим органом бесподпорного резания. При опорном перерезании стебель зажимается между лезвиями двух ножей. Одно из них играет роль подпорного элемента, а другим стебель перерезается. По принципу опорного резания в озеленительных хозяйствах работают машины с режущим аппаратом вращательно-цилиндрического типа. Название бесподпорное резание достаточно условно, поскольку, как и в первом случае, при перерезании стебля имеется опора. Ее роль выполняют инерционные силы, возникающие при надвигании ножа на стебель с большой скоростью.

По принципу бесподпорного резания работают газонокосилки с плосковращательными режущими аппаратами, которые получили наибольшее распространение в результате сравнительно простой конструкции, возможности использования на всех газонах встречающихся типов, уменьшения случаев повреждения корневой системы травы за счет увеличения скорости перерезания и более высокой производительности работ по сравнению с машинами, оборудованными режущими аппаратами других типов.

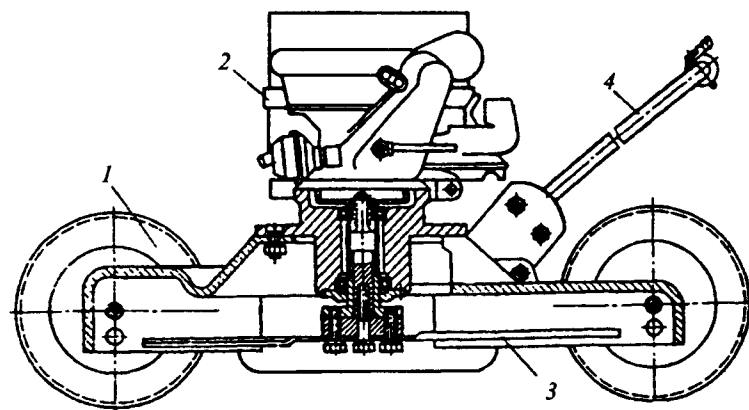


Рис. 4.1. Схема газонокосилки, перемещаемой вручную

В основу конструкции аппарата положен нож, вращающийся в горизонтальной или наклонной плоскостях вокруг оси, перпендикулярной этой плоскости. Для работы необходимо, чтобы нож вращался с частотой 1 400...5 000 об/мин. Так как именно этот диапазон частот реализуется двигателями внутреннего сгорания (двухтактным и четырехтактным) и электродвигателями, то нож монтируют непосредственно на выходном валу двигателя. На рис. 4.1. показана конструктивная схема газонокосилки, перемещаемой вручную с двухтактным двигателем внутреннего сгорания и вертикально расположенным валом. Машина состоит из четырех основных узлов: несущей конструкции 1 с опорными колесами, приводного двигателя 2, режущего ножа 3 и системы управления 4. Несущей конструкцией газонокосилок, имеющих один вращающийся нож, как правило, является кожух ножа, на котором смонтирован двигатель с режущим ножом и к которому прикреплены опорные колеса и ручка управления для перемещения косилки оператором, идущим за ней следом. Кожух ножа, кроме того, формирует срезанную зеленую массу в компактный поток, направляет его в сторону от машины и является защитным средством, предохраняющим оператора, следующего за машиной, от поражения разлетающимися в случае поломки частей ножа или отбрасываемыми им с большой скоростью камнями или комочками почвы.

Высоту подрезки травы изменяют перемещением опорных колес при помощи специального замка. Замок фиксирует ось колеса в определенных точках кожуха, отстоящих друг от друга на 10...15 мм, или ось колеса просто переставляют в специальных отверстиях, расположенных вертикально в ряд на кожухе, и зажимают болтами.

Существуют газонокосилки двух основных схем перемещения: от двигателя, установленного на косилке; или вручную — оператором, идущим сзади машины.

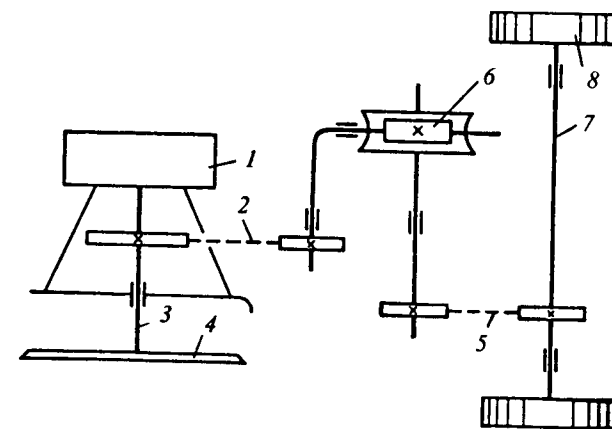


Рис. 4.2. Кинематическая схема самоходной газонокосилки

Если колеса имеют привод от двигателя, установленного на косилке (рис. 4.2), то тем же двигателем обычно вращается и нож 4.

На вертикальном приводном валу 3 смонтирован шкив клиноременной передачи 2, передающей крутящий момент от двигателя 1 червячному редуктору 6 и далее через цепную передачу 5 на вал 7 передних опорных колес 8. Оба колеса жестко сидят на одном валу.

Рассмотренная газонокосилка относится к классу машин средней производительности. Ширина захвата таких газонокосилок — 0,3...0,6 м. Установочная мощность двигателя (электрического или внутреннего сгорания) не превышает 6 кВт, а общая масса — 50 кг. Производительность газонокосилки — 800 м²/ч.

Опорные колеса газонокосилок неуправляемы. Маневрируют машиной путем вывешивания передних колес над газоном и ее поворотом на задних колесах. Известны конструкции газонокосилок, в которых в качестве опоры используется воздушная подушка (французская фирма Flimo). Такая опора позволяет машине вращаться на одном месте.

Газоны, имеющие большую площадь (свыше 1 000 м²) с незначительным количеством отдельных деревьев и кустарников, целесообразно подстригать газонокосилками большой производительности (свыше 1 000 м²/ч).

Большая производительность косилок достигается путем увеличения ширины захвата рабочего органа и скоростей перемещения. Такие косилки изготавливают на базе специального четырехколесного шасси с сиденьем для оператора. Режущий аппарат, состоящий из одного—трех вращающихся в горизонтальной плоскости ножей, закрытых сверху кожухом, обычно монтируют между опорными колесами шасси, что позволяет сократить длину машины.

Вместе с тем при повреждении кожуха, поломке или затуплении но-

жей машину для обслуживания и ликвидации неисправностей следует ставить на специальную яму или опрокидывать на бок. И то, и другое в условиях эксплуатации не всегда возможно, так как чаще всего оператор работает один и в отдалении от базы. Опрокидывание же машины в одиночку даже с помощью специального приспособления весьма трудоемко.

Учитывая это, в отечественной самоходной газонокосилке СГ большой производительности режущий аппарат разместили в передней части базового шасси. Оператор имеет к нему свободный доступ. Ширина захвата режущего аппарата косилки — 1 м, установочная мощность двигателя 7,3 кВт. Тяговое усилие на крюке в 2 000 Н позволяет использовать косилку для выполнения и некоторых других работ, например перевозки грузов, аэрации почвы, распределения удобрений и др. Производительность машины до 1 500 м²/ч.

У плосковращательных режущих аппаратов качество стрижки в сильной степени зависит от физико-механических свойств подрезаемого травостоя. У вращательно-цилиндрических аппаратов с опорным срезом качество стрижки зависит лишь от конструктивных параметров и режимов работы аппарата. Это сделало их незаменимыми при уходе за партерными и спортивными газонами, а также газонами специального назначения, например аэродромными полями.

Газонокосилки с вращательно-цилиндрическими режущими аппаратами в зависимости от типа устройства, приводящего в движение рабочий орган и весь агрегат, делят на безмоторные и моторные. В безмоторных газонокосилках ножевой барабан вращается за счет силы тяги, возникающей от сцепления ходовых колес с поверхностью травяного покрытия при толкании косилки оператором вручную или специальным тягачом.

На рис. 4.3 изображена безмоторная газонокосилка с вращательно-цилиндрическим режущим аппаратом. В этих газонокосилках ножевой барабан 1 вращается за счет силы тяги, возникающей от сцепления ходовых колес 2 с поверхностью травяного покрова при толкании рукоятки 3 косилки оператором вручную. Передача крутящего момента от ходового колеса на ножевой барабан осуществляется через зубчатую передачу 4. Стебель травы или слой стеблей при этом подхватывается спиральными ножами, закрепленными на режущем барабане и работающими как планки мотвила, подводится к противоположащему ножу и перерезается. Безмоторные косилки обычно имеют небольшую ширину захвата и рассчитаны для работы на небольших площадках с невысокой периодически срезаемой травой. Они находят применение в очень стесненных условиях на небольших газонах, где не могут работать газонокосилки других типов.

Английская фирма Ронсомес, фирма Хако (Германия), фирма Сэйведж (США) и некоторые другие выпускают безмоторные прицепные газонокосилки тяжелого типа. Принцип работы косилок тот же, что и ручных. Отличаются они большей массой, шириной захвата и возможнос-

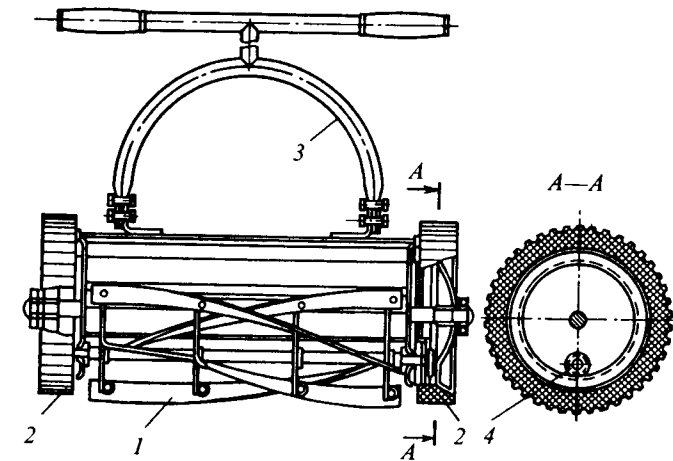


Рис. 4.3. Безмоторная газонокосилка с вращательно-цилиндрическим режущим аппаратом, перемещаемая вручную

тью в специальной сцепке агрегатироваться с такими же косилками. Агрегат из нескольких косилок, буксируемый колесным трактором, применяют для стрижки газонов большой площади, аэродромов и футбольных полей. Общая ширина захвата такой сцепки может достигать 12 м.

Для работы на небольших участках, где трактору приходится часто маневрировать, эти же фирмы выпускают оборудование, позволяющее использовать навесные косилки.

Моторные газонокосилки с вращательно-цилиндрическим режущим аппаратом имеют для привода ножевого барабана специальный двигатель. Примером такой машины может служить газонокосилка Таффкинг (США), предназначенная для работы на партерных газонах большой площади. С помощью пневмоколес и мощного двигателя она самостоятельно при отсутствии необходимых транспортных средств передвигается по дорогам.

Вследствие низкого расположения центра тяжести такая газонокосилка может работать на склонах с уклоном до 30°. Установочная мощность двигателя 7,35 кВт, масса шасси со спецоборудованием 260 кг, ширина захвата 2 150 мм, максимальная производительность 10 000 м²/ч.

Три режущих барабана косилки имеют плавающую подвеску, что позволяет им копировать неровности газона и избирательно обрабатывать склоны газонных бордюров. Маневрируя режущими аппаратами (поднимая их и опуская), можно проводить фигурную подрезку газона, например в шахматном порядке.

Газонокосилки с плосковращательными режущими аппаратами. Основной особенностью плосковращательных режущих аппаратов является наличие большой частоты вращения их ножей, при перерезании кото-

рыми стебли не успевают отклониться от положения, занимаемого ими до контакта с ножами. Как показывают наблюдения, скорость резания не должна быть ниже определенного предела. Скорость, ниже которой резание может производиться только при наличии противорежущей пластины, называется нижней критической скоростью резания.

Условие, обеспечивающее перерезание стебля лезвием ножа, можно записать в виде

$$Q_{рез} \leq Q_{отг} + F_{ин}, \quad (4.1)$$

где $Q_{рез}$ — усилие, под действием которого ткань стебля разрушается (в данном случае оно зависит от свойств перерезаемого материала и геометрии лезвия ножа); $Q_{отг}$ — усилие отгиба стебля; $F_{ин}$ — сила инерции, вызванная отклонением частей стебля от положения, которое они занимали до контакта ножа со стеблем. Величину $Q_{рез}$ определяют экспериментально для каждого конкретного случая или по эмпирическим формулам [6].

Для стеблей газонных трав нижняя критическая скорость резания, по замерам Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Панфилова (АКХ), находится в пределах 40...43 м/с. Для бесподпорного перерезания отдельно стоящих стеблей кустарников (в машинах для подрезки кустарниковых изгородей) скорость резания должна составлять 20...35 м/с.

Высокая частота вращения ножей газонокосилок, работающих в условиях города в непосредственном контакте с пешеходами, увеличивает опасность поражения оператора и окружающих обломками ножа при его разрушении, а также отбрасываемыми ножом камнями, комочками почвы и другими предметами. Большие угловые скорости режущих ножей вызывают и большую потребность энергии на холостой ход машины. В частности, по замерам АКХ, до 65 % мощности двигателя газонокосилки потребляется на перемещение ножом массы воздуха и на неоправданно большую в связи с этим дальность выброса из кожуха косилки срезанной зеленой массы. В результате для улучшения эксплуатационных качеств режущих аппаратов, работающих по принципу бесподпорного среза, следует стараться как можно больше снизить угловую скорость вращения их ножей.

Особенностью плосковращательных режущих аппаратов, используемых для газонокосения, является взаимодействие их режущих органов со специальным защитным кожухом, который обязателен для машин, работающих в условиях города, и который не только повышает безопасность работы с газонокосилкой, но и участвует в процессе резания.

Особый интерес представляет конструкция кожуха газонокосилок средней производительности с захватом режущего аппарата 0,3...0,8 м, который выполняет следующие основные функции:

- 1) вместе с ножом формирует и направляет движение потока срезанной ножом зеленой массы;
- 2) может являться несущей конструкцией, на которой смонтированы двигатель, режущие ножи, опорные колеса и другие узлы машины;

3) в совокупности с вращающимся ножом создает пневматический подпор, улучшающий качество среза стеблей трав;

4) является защитным устройством, предохраняющим оператора и окружающих от случайного поражения вращающимся с большой скоростью ножом или от удара разлетающимися обломками ножа при его поломке или другими предметами, захватываемыми и бросаемыми ножом с поверхности газона.

В некоторых конструкциях газонокосилок средней производительности кожух не является несущим, но все его остальные функции сохраняются.

Как показывают эксперименты, наибольшее влияние на энергоемкость процесса кошения, а также на эксплуатационные показатели работы машины, оказывает способность системы кожух — нож выбрасывать всю срезанную ножом зеленую массу из полости кожуха в возможно более короткий промежуток времени после ее срезания вращающимся ножом. В результате предотвращается забивание кожуха срезанной массой и уменьшается количество стеблей, перерезаемых два раза и более, на что, как известно, затрачивается дополнительная энергия.

Для предотвращения слипания частиц травы в полости кожуха необходимо создать направленный поток воздуха, а срезанным частицам травы обеспечить наименьшую вероятность столкновения с вертикальной стенкой кожуха, на которой в основном и налипают срезанная масса.

Столкновение частиц со стенкой кожуха можно уменьшить или предотвратить, если по мере поворота ножа от точки, где нож начинает срезать травостой, до диаметрально противоположной точки кожуха, где процесс перерезания стеблей прекращается, стенка кожуха будет удаляться от кромки ножа с некоторой скоростью. Кожух в плане в этом случае делают улиткообразной формы.

Подобные кожухи стали все больше распространяться в конструкциях отечественных и зарубежных газонокосилок. Такой кожух, по существу, является быстроходным вентилятором центробежного типа.

Под быстроходностью понимают такую частоту вращения колеса вентилятора (в нашем случае — ножа косилки), которая на режиме максимального КПД подает 1 м³/с воздуха, развивая напор H_0 (мм вод. ст.).

Быстроходность для вентилятора выражается формулой

$$n_{yo} = 1062 \frac{Q_a^{1/2}}{H_0^{3/4}}, \quad (4.2)$$

где Q_a — расход воздуха, м³/с; H_0 — напор, создаваемый вентилятором (мм вод. ст.).

Чтобы предохранить оператора и окружающих от поражения при аварийных поломках, нижнюю кромку козырька делают зубчатой. Зубцы пропускают стебли трав, но задерживают камни и другие предметы перед кожухом. Иногда козырек имеет откидывающуюся планку-дефлектор, который также предохраняет водителя от травмы.

В некоторых газонокосилках кожух изготавливают овальной формы или в виде прямоугольника со свободным пространством перед ножом, которое служит для выпрямления стеблей под кожухом перед их перерезанием. Режущие ножи газонокосилок некоторых типов кроме перерезания травостоя выполняют еще и другие функции, например, транспортируют срезанные стебли травы в специально смонтированные для этого на газонокосилке емкости. Если емкости нет, то срезанная масса, отбрасываемая в сторону от косилки, формируется и направляется кожухом.

Стремление как можно больше снизить степень опасности при работе с газонокосилками, оборудованными плосковращательными режущими аппаратами, заставило искать новые конструктивные решения, не ограничиваясь пассивными методами защиты, например, с помощью кожуха, предохраняющего оператора и прохожих от разлетающихся обломков ножей и других предметов. Одним из таких решений явилось использование в качестве режущего ножа гибких нитей (из тонкой проволоки, капроновых и нейлоновых нитей и т.п.), находящихся под действием центробежных сил.

По требованиям агротехники поверхность газона после стрижки должна быть однотонной. Это возможно, если высота срезанных стеблей во всех точках газона будет одинаковой, что у малогабаритных газонокосилок, перемещаемых вручную, достигается специальной расстановкой опорных колес.

Макроповерхность реальных газонов, особенно естественных газонов в парках и лесопарках, состоит из комбинаций выпуклостей, впадин и плоскостей. Так как размеры ходовой части косилки постоянны, а макрорельеф поверхности меняется, реальная высота стерни после прохода косилки будет различной.

При скашивании выпуклостей возможны случаи скальпирования газона, а при кошении вогнутостей высота стерни может значительно превысить требуемую, что снизит декоративную характеристику газона.

Условие, при котором на выпуклости произойдет скальпирование, можно записать в виде:

$$h_K \leq 0,5 \left[(D + D_1) - \sqrt{(D + D_1)^2 - L_0^2} \right], \quad (4.3)$$

где h_K — расстояние от плоскости вращения ножа до линии, касательной к опорным колесам (продольный клиренс косилки); D — диаметр колес газонокосилки; D_1 — диаметр обкашиваемой выпуклости; L_0 — расстояние между передней и задней осями колес.

Формула (4.3) показывает, что увеличение L_0 приводит к скальпированию при большем клиренсе. Следовательно, чтобы возможность скальпирования выпуклостей была наименьшей, следует максимально снизить расстояние между осями опорных колес косилки. Из формулы

также видно, что увеличение диаметра D опорных колес приводит к снижению вероятности скальпирования, так как оно будет происходить при меньшем клиренсе h_K .

При обкашивании вогнутостей (впадин) основным вопросом является потеря косилкой проходимости из-за упора передней кромки кожуха косилки о препятствие. Условие потери проходимости в этом случае можно записать в виде:

$$[D/2 \sin(\alpha_B + \beta_B)] \leq L_1 - L_0, \quad (4.4)$$

где α_B — угол наклона продольной оси косилки в момент потери проходимости; β_B — угол наклона дна впадины к горизонту; L_1 — расстояние между осью переднего колеса косилки и передней выступающей кромкой ее кожуха.

Из формулы (4.4) видно, что с уменьшением разности $L_1 - L_0$ снижается возможность потери проходимости. Чем больше расстояние между осями опорных колес при неизменном расстоянии L_1 от оси задних колес до передней выступающей кромки кожуха, тем меньше вероятность потери проходимости. С увеличением L_0 при обкашивании впадин улучшаются также и условия копирования режущим аппаратом поверхности впадин, так как чем дальше оси опорных колес отстоят от оси вращения режущего ножа, тем, по закону подобия, на меньшее расстояние плоскость вращения ножа отклоняется от заданной высоты стрижки при изменениях уровня расположения опорных колес. Увеличение диаметра колес, так же как и в случае обкашивания выпуклостей, приводит к снижению вероятности потери проходимости. Все сказанное для продольных размеров косилки относится и к ее поперечным размерам.

Таким образом, косилка при обкашивании выпуклостей должна иметь минимальное расстояние между осями опорных колес, а при обработке впадин — максимальное. В конструкциях некоторых малогабаритных газонокосилок, перемещаемых вручную, это достигается максимальным выносом одного из передних опорных колес вперед за кожух машины и максимальным приближением другого опорного колеса передней пары к соответствующему заднему колесу. Обычно оси опорных колес сближают со стороны выбросного патрубка кожуха газонокосилки, совмещая при этом ось вращения колеса с поперечной центральной осью симметрии машины.

При обкашивании выпуклостей выдвинутое за габарит машины переднее колесо зависит над поверхностью газона и машина опирается на два задних и одно переднее колесо, придвинутое к задней оси машины. При обкашивании впадин косилка опирается на выдвинутое переднее колесо и на два задних.

Насыпные искусственные газоны, которые ежегодно укатываются и за которыми регулярно ухаживают, имеют выпуклости, диаметры которых стремятся к бесконечности. Это значит, что форма обрабаты-

ваемой поверхности газона в пределах продольного и поперечного габаритных размеров косилки будет приближаться к плоскости. Тогда вся правая часть формулы (4.3) для выпуклостей будет стремиться к нулю. Это значит, что скальпирование режущим аппаратом поверхности будет возможно лишь при минимальном клиренсе машины.

Для снижения стоимости и общей массы газонокосилки уменьшают диаметры колес до размеров, соизмеримых с клиренсом машины или убирают их совсем, заменяя опорой на воздушной подушке.

В газонокосилках на воздушной подушке использована так называемая камерная схема подушки, характерным отличием которой от других схем создания подушки является равномерное распределение избыточного давления по всей площади горизонтального сечения камеры.

Одним из основных показателей, характеризующих эффективность камерной схемы, является коэффициент влияния близости земли:

$$A_B = R_{зем}/T_{\infty} \quad (4.5)$$

где $R_{зем}$ — полная подъемная сила; T_{∞} — сила тяги вне влияния близости земли.

Подъемная сила:

$$R_{зем} = \Delta p F_{кам} \quad (4.6)$$

где Δp — избыточное давление, создаваемой вентилятором в воздушной камере;

$$\Delta p = \rho v_{ист}^2 / 2;$$

$F_{кам}$ — площадь поперечного сечения камеры диаметром D_M круглой в плане ($F_{кам} = \pi D_M^2 / 4$).

Сила тяги:

$$T_{\infty} = m_B v_{ист}, \quad (4.7)$$

где $m_B = \rho \pi D_M h_{ист}$; $v_{ист}$ — скорость истечения воздуха через кольцевую щель между кожухом и поверхностью газона; ρ — плотность воздуха; $h_{ист}$ — высота кольцевой щели.

Подставляя формулы подъемной силы и силы тяги в уравнение, определяющее A_B , находим:

$$A_B = \frac{\rho \frac{\sigma_{ист}^2}{2} - \frac{\pi D_M^2}{4}}{\rho \pi D_M h_{ист} v_{ист}^2} = \frac{1}{8 \frac{h_{ист}}{D_M}} = \frac{1}{8 h_{отн}}, \quad (4.8)$$

где $h_{отн}$ — относительная высота,

$$h_{отн} = h_{ист} / D_M. \quad (4.9)$$

При $h_{отн} = 0,2 \dots 0,03$ наблюдается увеличение подъемной силы газонокосилки в 4...6 раз.

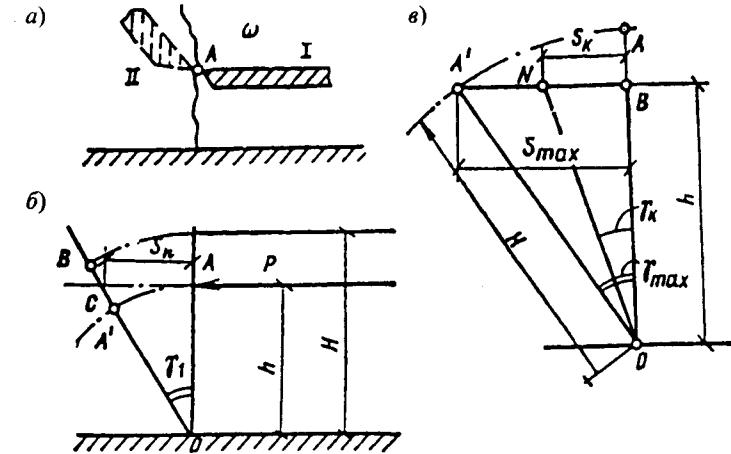


Рис. 4.4. Схема взаимодействия стебля с ножами режущего аппарата вращательно-цилиндрического типа

Газонокосилки с вращательно-цилиндрическими режущими аппаратами. Вращательно-цилиндрический режущий аппарат газонокосилок включает вращающийся относительно горизонтальной оси, перпендикулярной продольной оси машины, ножевой барабан с комплектом спиральных ножей и неподвижный противорежущий нож, размещенный под ножевым барабаном (рис. 4.4).

Перерезание стеблей газонных трав ножами режущего аппарата производится по принципу Пуансона, поскольку подвижные и противорежущий ножи соприкасаются друг с другом своими вершинами, выполненными в виде плоскостей. Зазор между плоскостями стремится к нулю.

Взаимодействие каждого спирального ножа барабана с противорежущим ножом аналогично взаимодействию режущих лезвий ножниц. Разница лишь в том, что у барабана угол между лезвиями ножа и противорежущим ножом в процессе резания остается постоянным, а у ножниц он уменьшается. Процесс взаимодействия режущего лезвия спирального ножа с лезвием противорежущего ножа по всей длине спирального ножа называют резом. За каждый оборот барабана произойдет столько резов, сколько спиральных ножей установлено на барабане.

Каждый спиральный нож вращающегося барабана перед перерезанием стебля подводит его к противорежущему ножу, выполняя функции мотовила. Чем меньше время контакта между ножом и стеблем, тем выше качество среза. Это время определяется отношением $v_m/v_{лин}$ и подсчитывается по формуле:

$$v_m / v_{лин} = \frac{S_{max} \sin \gamma_{max}}{K_p \sin \gamma_k 2\pi R_T}. \quad (4.10)$$

$$\gamma_K = \arctg \frac{S_{\max}}{hK_p}; S_{\max} = \sqrt{H_c^2 - h^2}.$$

где v_m — скорость движения машины; $v_{\text{лин}}$ — линейная скорость ножевого барабана; $S_{\max}$ — максимальный путь, который может пройти в контакте со стеблем высотой H_c лезвие противорежущего ножа, находясь на высоте h от плоскости заделки стебля; $\gamma_{\max}$ — угол отклонения стебля при перерезании от начального положения; K_p — количество ножей на барабане; R_T — радиус ножевого барабана.

Формула позволяет рассчитать отношение $v_m/v_{\text{лин}}$ для наихудшего положения ножа мотовила относительно стебля, так как, чтобы их перерезать, барабан следует повернуть на угол $360^\circ/K_p$ (где K_p — количество спиральных ножей на барабане). Чтобы перерезать все стебли без отклонения их от положения, занимаемого ими до контакта с противорежущим ножом, необходимо, чтобы отношение $v_m/v_{\text{лин}}$ стремилось к нулю. Так как большие угловые скорости барабана нецелесообразны из-за чрезмерного увеличения энергоемкости процесса, то практически $H_n > h$, где H_n — высота перерезания стеблей, h — высота расположения противорежущего ножа над газоном. Заранее задаваясь $H_n > h$, по формуле (4.10) определяют отношение $v_m/v_{\text{лин}}$ для точек ножей барабана, находящихся на максимальном удалении от перерезаемых стеблей.

Качество подрезки связано с количеством резов. Чем больше резов приходится на единицу пути перемещения режущего аппарата, тем больше H_n приближается к h и тем выше качество резки. Поэтому эффективность работы вращательно-цилиндрических режущих аппаратов в мировой практике определяется количеством резов, приходящихся на 1 м пути их перемещения.

Количество резов зависит от скорости перемещения газонокосилки с барабаном и линейной скорости ножей и определяется по формуле:

$$n = \frac{K_p}{2\pi \left(\frac{v_m}{v_{\text{лин}}} \right) R_T}, \quad (4.11)$$

где n — количество резов, которые делает барабан с K_p ножами на пути 1 м.

Для расчета режущего аппарата задаются радиусом R_T режущего барабана, количеством ножей K_p — смонтированных на барабане, скоростью v_m перемещения машины, высотой стерни H_n , оставляемой после подрезки, высотой h установки режущей кромки противорежущего ножа над поверхностью газона. Диаметр ножевых барабанов колеблется между 0,12...0,3 м, количество ножей — 3...6 шт. Для ручных косилок с приводом от опорных колес диаметр барабана и количество ножей принимают меньшими, а для моторных косилок — большими. Для стрижки спортивных площадок некоторые фирмы, например Ронсомес (Англия), увеличивают количество ножей до 10. Скорость перемещения моторных самоход-

ных косилок находится в пределах 3...4,5 км/ч. (изредка до 6 км/ч). Высота установки режущей кромки противорежущего ножа в зависимости от конструкции косилки и требуемой после подрезки высоты травостоя:

$$h \approx H_n - (0,006...0,012), \quad (4.12)$$

где для обыкновенных газонов $H_n = 0,01$ м; для партерных газонов $H_n = 0,05$ м; для спортивных площадок $H_n = 0,02...0,04$ м.

Машины и механизированный инструмент для кронирования кустарников и деревьев. Для кронирования отдельных кустов, подстрижки кустарниковой изгороди различных видов, обрезки мертвых веток и сучьев применяют ручной малогабаритный моторизованный инструмент и специальное навесное оборудование к тракторам.

Ручной моторизованный инструмент отличается тем, что механизмирует небольшие объемы работ, обычно выборочного характера. Ширина захвата инструмента колеблется от 300 до 900 мм при максимальной толщине срезаемых ветвей 5 мм. Инструмент работает от пневматического, электрического или механического приводных устройств. Для снижения массы и уменьшения габаритных размеров силовой узел (электрический генератор, компрессор или двигатель внутреннего сгорания) инструмента в большинстве случаев располагают на некотором расстоянии от режущей головки, находящейся в руках оператора, и соединяют с ней электрическим кабелем, шлангом со сжатым воздухом или гибким приводным валом. Силовой узел может находиться от обслуживающего рабочего на расстоянии до 8 м при механическом, до 45 м при пневматическом и до 140 м при электрическом приводе. Подобная компоновка инструмента увеличивает его маневренность, повышает производительность труда и дает возможность стричь в местах, недоступных машинам других видов.

В ручных моторизованных инструментах применяют в основном *возвратно-поступательные плоскостные режущие аппараты*.

В современных инструментах наиболее совершенных конструкций для снижения вибрационных нагрузок на рукоятках управления используют режущий аппарат с двумя рядами активных ножей и двойным кривошипно-шатунным механизмом. К таким инструментам можно отнести кусторез «Литл-Вонде» швейцарской фирмы Мариба и отечественный ручной электрофицированный инструмент (рис. 4.5).

Инструмент состоит из возвратно-поступательного плоскостного режущего аппарата 4, электродвигателя 1, редуктора 2, двойного кривошипно-шатунного механизма 3, преобразующего вращательное движение выходного вала редуктора в возвратно-поступательное, и двух поддерживающих ручек. Выходной вал электродвигателя жестко связан с одноступенчатым редуктором, приводящим в движение сдвоенный кривошипно-шатунный механизм.

Когда активный нож перемещается на размер шага его режущих сегментов в одну сторону, то противорежущий нож перемещается на тот же шаг в другую сторону, что позволяет почти полностью ликвидировать

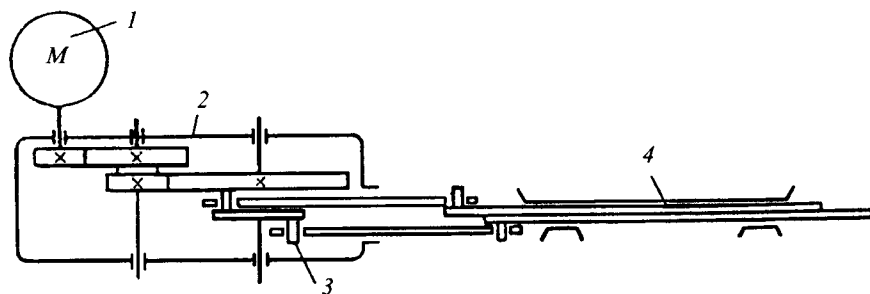


Рис. 4.5. Ручной электрофицированный инструмент для кронирования кустарников с двумя рядами активных ножей

инерционные нагрузки, возникающие при разгоне и торможении подвижных ножей. Активный и противорежущие ножи выполнены из цельных металлических полос и имеют 22 режущих сегмента, шаг которых равен 35 мм. Угол заточки сегмента 30° , толщина ножевой полосы 1,5 мм.

Двигатель и режущий блок жестко прикреплены к корпусу редуктора, который таким образом является несущим. К корпусу в задней его части прикреплена также поддерживающая ручка для левой руки, и здесь же имеется гнездо с резьбой для крепления поддерживающей ручки для правой руки.

На инструменте установлен электродвигатель мощностью 270 Вт. Ширина захвата инструмента 710 мм; длина питающего кабеля 12 м, масса инструмента 4,1 кг. Производительность одного электроинструмента до 130 м²/ч.

Для подрезки кустарниковых изгородей применяют специальные самоходные машины на базе колесных тракторов класса 0,6 тс и более с навесным оборудованием для подрезки. Ими стригут изгороди в горизонтальной, вертикальной и наклонной плоскостях. Режущий аппарат машины, состоящий из пальцевого бруса и вложенных в него сегментных ножей с возвратно-поступательным движением, имеет ширину захвата 1,2...1,6 м.

Большинство режущих аппаратов смонтировано консольно на конце подвижной стрелы, которая позволяет маневрировать рабочим органом в широких пределах. Привод рабочего органа в таких конструкциях индивидуальный — от двухтактного одноцилиндрового двигателя или от электромотора с питанием от генератора. Двигатель привода обычно устанавливают таким образом, что он является противовесом рабочего органа. Усилия от двигателя к рабочему оборудованию передаются клиноременной трансмиссией, одновременно выполняющей роль фрикционной муфты.

У одних моделей стрела вращается на собственной раме, смонтированной в передней или средней части трактора в зависимости от его конструкции; при этом возникает необходимость в дополнительном рабо-

чем для того, чтобы улучшить управление машиной, повысить качество работы и производительность.

В других моделях стрелу крепят в задней части трактора, а рабочий орган имеет привод от отдельного двигателя или от вала отбора мощности. В этом случае дополнительный рабочий не требуется.

Режущий аппарат навесного оборудования для подрезки кустарников на базе трактора Т-25 имеет два ряда подвижных ножей, совершающих колебательные движения навстречу друг другу. Ширина захвата машины 1,4 м. Привод рабочего органа — электрический. Ширина кустарниковой изгороди, обрабатываемой с одного прохода, 1 380 мм, высота изгороди 600...1 700 мм, толщина срезаемых веток до 8 мм. Производительность машины до 1 000 м²/ч. Зона действия режущего аппарата машин для подрезки изгородей от внешней кромки колес трактора 1,6...3,0 м.

Режущий аппарат машины копирует поверхность, по которой движется трактор. Поэтому навесное оборудование используют для стрижки только тех изгородей в городе, которые растут вдоль дорожек с благоустроенным покрытием — асфальтовым, гравийным и т.п.

Специальные устройства для удерживания режущего аппарата на одном уровне подрезки при движении машин — дороги и обычно не используются.

Кроме возвратно-поступательных плоскостных режущих аппаратов на кусторезах устанавливают и *плоскоколебательные* аппараты типа «многоножевой» секатор, ножи которых самозатачиваются и обеспечивают ровный недеформированный срез стеблей. Режущие пары этого типа используют также в конструкциях секаторов для кронирования деревьев.

Машины и инструмент, выпускаемые для кронирования деревьев, можно разделить на три основные группы: ручной инструмент, ручной моторизованный инструмент, приспособления и оборудование для подъема оператора непосредственно в зону работ.

Наибольший интерес представляют вторая и третья группы, так как входящие в них инструмент и приспособления позволяют до минимума сократить время работ.

Выпускаемые средства механизации для кронирования деревьев рассчитаны на непосредственное нахождение оператора в кроне дерева, так как только в этом случае возможно выборочное удаление сухих и нежизнеспособных ветвей и побегов и обрезка кроны в соответствии с индивидуальными особенностями ее формы.

Ручной моторизованный инструмент можно подразделить на *секаторы* и *пилы*. *Моторизованные секаторы* по виду привода разделяют на пневматические и гидравлические, однако гидропривод используют редко, так как гидравлические секаторы значительно тяжелее пневматических. Моторизованный секатор состоит из рабочего органа — двухножевого секатора с активным и пассивным (противорежущим) ножами, металлической телескопической штанги с регулируемой длиной 1,2...2,5 м и системы привода рабочего органа.

Приводится рабочий орган в движение от пневмо- или гидроцилиндра, смонтированного или непосредственно около рабочего органа, или для балансировки всей системы вблизи рук оператора. В этом случае силовой цилиндр связан с активным ножом секатора системой тяг. Воздух или гидрожидкость подаются от автономно работающей установки через шланг.

Для доставки оператора непосредственно к кроне дерева используют автовышки различных типов, предназначенные, например, для производства работ на электрических и контактных сетях (см. раздел 8.2). Особенно широкое распространение получили вышки с выносной рабочей площадкой, позволяющей оператору работать непосредственно в кроне дерева.

Основными факторами, влияющими на процесс перерезания ветки между двумя лезвиями секатора, как показал академик В.П. Горячкин, являются геометрия режущих кромок лезвий и характер расположения лезвий относительно друг друга.

С целью уменьшения усилия, прикладываемого к лезвию при перерезании ветки, кромки активного и пассивного лезвий секатора располагают под некоторым углом друг к другу, чем достигается скользящее резание.

Для прямых лезвий коэффициент скольжения быстро уменьшается от центра поворота лезвия, при этом уменьшается и давление подвижного ножа секатора на ветку, поэтому очевидно, что лезвия секатора должны быть криволинейной формы.

Расчет машин для подрезки растений. При исследовании технологического процесса, протекающего в машинах для подрезки растений, обосновывают и увязывают производительность машин с основными параметрами их рабочих органов и, в первую очередь, с шириной захвата режущего аппарата.

Рассмотрим эту связь у машин для скашивания травостоя газона, а также для кронирования кустарников и деревьев.

Работа газонокосилок на эксплуатационных участках определяется двумя основными показателями: 1) качеством обработки травостоя газона; 2) экономической эффективностью использования машин на данном эксплуатационном участке.

Качество обработки травостоя зависит от конструктивных особенностей режущего аппарата машины, режимов его работы, микрорельефа поверхности газона, вида растений, составляющих травостой газона, и является результатом работы машины, определяющим цель ее создания в виде данной конкретной конструкции.

Экономическая эффективность использования газонокосилки определяется в основном стоимостью ее изготовления, обслуживания и эксплуатационной производительностью. Стоимость изготовления и обслуживания машины зависят от требуемого качества обработки травостоя в заданных условиях, уровня развития данной отрасли машиностроения

и финансовых возможностей предприятия, в котором машина находится в эксплуатации. На эксплуатационную производительность газонокосилок, как показало их использование отечественными хозяйствами, в основном влияет ширина захвата режущего аппарата.

Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова был разработан «Типаж газонокосилок». Согласно ему для механизации косения газонов, всех встречающихся в городах размеров и конфигураций, необходим комплект газонокосилок, ширина захвата которых: 0,25; 0,50; 1,00 и 1,40 м.

Газонокосилки имеют конструктивно заданную скорость перемещения и рассчитаны на определенную среднюю производительность работ.

При прочих равных условиях (скорости перемещения, ширине захвата, режиме работы режущего аппарата) максимальная производительность косилки достигается если число ее маневров при работе минимально. Под маневром понимают любое изменение направления первоначального движения машины. Для проведения маневра оператор должен оценить, можно ли произвести маневр и как это сделать с наименьшими затратами физических сил. На это им расходуется определенное количество нервной энергии. Кроме того, любой маневр, за некоторым исключением, снижает производительность машины.

В самом деле, если допустить, что маневр выполняют со скоростью первоначального прямолинейного движения, а радиус кривизны внешней кромки прокоса равен ширине захвата режущего аппарата косилки (т.е. поворот происходит при фиксации одной из сторон рабочего органа относительно плоскости перемещения), то площадь, проходимая рабочим органом газонокосилки при повороте за время $t_{\text{п}}$:

$$F_1 = 0,49 H_p v_m t_{\text{п}}, \quad (4.13)$$

где H_p — ширина захвата рабочего органа; v_m — скорость перемещения машины.

Площадь, проходимая рабочим органом за то же время при прямолинейном движении косилки:

$$F_2 = H_p v_m t_{\text{п}}. \quad (4.14)$$

Отсюда производительность косилки при маневре:

$$\Pi_1 = 0,49 H_p v_m, \quad (4.15)$$

при прямолинейном движении:

$$\Pi_2 = H_p v_m. \quad (4.16)$$

Таким образом, производительность газонокосилки при маневре снижается в 2 раза, радиус ее поворота равен ширине захвата рабочего органа. Если при маневре снижается и скорость машины, производительность падает еще ниже.

Если радиус R_m поворота будет больше ширины захвата машины, то при тех же условиях площадь, проходимая при повороте:

$$F_{\Pi} = 0,49 H_p v_M t_{\Pi} \frac{2n-1}{n} \quad (4.17)$$

и производительность машины при повороте:

$$\Pi_{\Pi} = 0,49 H_p v_M \left(\frac{2n-1}{n} \right), \quad (4.18)$$

где $n = R_M / H_p$.

Оптимальным режимом работы газонокосилки на площадке заданной формы будет такой, при котором маневр не влияет на производительность машины. Это условие соблюдается, если $\Pi_2 = \Pi_{\Pi}$, т.е.

$$H_p v_M = 0,49 H_p v_M \left(\frac{2n-1}{n} \right), \quad (4.19)$$

откуда получаем

$$n = 24,5 \approx 25.$$

Таким образом, условие, при котором в случае маневра производительность машины не снижается (при скорости маневра, равной скорости перемещения до маневра), можно записать в виде

$$R_M \approx 25 H_p \quad (R_M — радиус поворота машины). \quad (4.20)$$

На графике (рис. 4.6) показаны зависимости производительности машин при маневрах от их ширины захвата. Если при маневрах радиусы поворотов варьируются от 4 до 15 м, то производительность машины с захватом 1,00 м меняется незначительно. При меньших радиусах производительность резко падает. Для машин с захватом 1,4 м производительность снижается при радиусах поворота ниже 5...6 м; для машин с захватом 0,5 м — при радиусе поворота меньше 1,0 м; для косилок с захватом 0,25 м — при радиусе около 0,75 м.

Сказанное справедливо, даже если на обрабатываемом газоне имеются включения в виде деревьев, кустарников, клумб и т. д. Интенсивность включений будет определять наиболее часто встречающиеся радиусы поворота, которые, в свою очередь, будут указывать на предпочтительный выбор ширины захвата машины, пригодной для обработки данного участка газона.

Отсюда можно сделать вывод о том, что участки газона с малым числом включений (деревьями, кустарниками и т.д.) следует обрабатывать машинами с рабочим органом захвата 1,0 м. Использование машин с захватом 1,4 м желательно на участках, не имеющих таких включений совсем. Машиной с захватом 0,5 м можно обрабатывать газоны, имеющие большое количество включений, а также участки вокруг приствольных лунок деревьев и кустарников. Газонокосилку с захватом 0,25 м можно использовать даже в очень стесненных условиях.

Таким образом, один и тот же газон в зависимости от характера имеющихся на нем включений и их взаимного расположения можно обра-

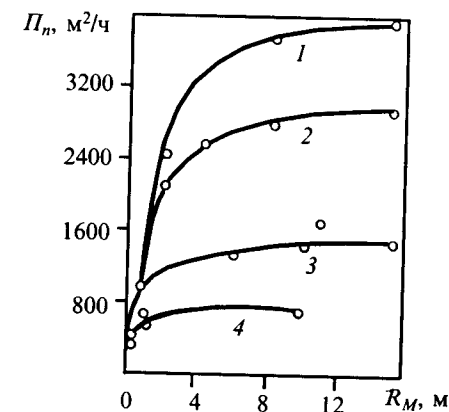


Рис. 4.6. Зависимость производительности газонокосилок при маневрах от их ширины захвата

батывать машинами, подбираемыми из имеющегося ряда 0,25; 0,50; 1,00 и 1,4 м в зависимости от конкретных условий работы.

Навесное оборудование для подрезки кустарниковых изгородей в отличие от ручного инструмента рассчитывают на усредненные условия работы, и оно сплошь подрезает все стебли, попадающие в зону действия режущего аппарата, без учета расположения отдельных стеблей в кроне. Это сразу сказывается на результате подрезки — количество несрезанных стеблей, остающихся после прохода машины с навесным оборудованием, гораздо больше, чем после обработки кроны ручным инструментом. Однако производительность навесного оборудования в 5...8 раз выше, чем у ручных инструментов, и это оправдывает его использование. В отличие от ручного инструмента ширина захвата навесного оборудования не лимитируется физическими возможностями оператора, а обычно зависит от класса базового шасси, его габаритных размеров и особенностей конструкции подвесной системы, с помощью которой режущий аппарат смонтирован на шасси.

Для обеспечения нормальной работы режущего аппарата практически всегда можно подобрать такое базовое шасси, которое позволило бы подрезать любую изгородь с одного прохода на всю требуемую ширину или высоту ее кроны. Поэтому захват навесного оборудования зависит только от размеров подрезаемой кроны, каждую плоскость которой (горизонтальную, вертикальную или наклонную) машина, для получения наивысшей производительности при работе, должна подстричь с одного прохода.

Согласно замерам, проведенным Академией коммунального хозяйства, наиболее часто встречающаяся высота крон кустарниковых изгородей — до 1,5 м, ширина подстригаемой кроны изгороди 1,2...1,5 м, расстояние от бордюрного камня до кроны изгороди 1,5 м. Таким образом, ширину захвата навесного режущего аппарата можно принимать

равной 1,5...1,6 м. Навесная система аппарата должна позволять его удаление от базового шасси на расстояние до 2,0 м (с учетом возможных маневров машины при работе).

Ширина захвата секаторов для кронирования деревьев находится в прямой зависимости от массы приводного устройства секатора.

С возрастанием максимального диаметра ветки, которую данный секатор может перерезать, увеличиваются, как правило, и массы установленных на нем двигателя и трансмиссии, соединяющей двигатель с режущими ножами. Поскольку при работе секатор находится у оператора в руках и масса секатора в сборе воспринимается телом оператора, существует предел, выше которого масса секатора начинает отрицательно влиять на производительность работ по подрезке, снижая ее. Такой предел, независимо от конструкции секатора, практически наступает при захвате в 600 мм. Очевидно, поэтому секаторы с большей шириной захвата встречаются редко.

4.3. Машины и оборудование для распределения технологических жидкостей и материалов

К технологическим жидкостям и материалам, распределяемым по поверхности растений, почвы или в корнеобитаемом слое почвы в зеленом строительстве и хозяйстве, относятся вода для полива, жидкие и порошкообразные ядохимикаты для защиты растений от вредителей и болезней, жидкие минеральные удобрения.

Используются два способа транспортирования жидкостей и материалов:

- перемещение поливочной воды, жидких минеральных удобрений и ядохимикатов по трубопроводам под давлением, создаваемым насосной группой, и выброс через распыливающие устройства на обрабатываемую поверхность;

- введение технологической жидкости или сыпучего материала в транспортирующий поток воды или воздуха (жидкие и порошкообразные ядохимикаты). Давление несущего потока воды в этом случае создается насосной группой, а несущий воздушный поток образуется вентиляционной системой.

При поливе и подкормке растений и защите их от вредителей и болезней технологические жидкости и материалы обычно распределяются по поверхности растений — листьям, ветвям, стеблям, стволам. Однако поливочную воду и жидкие минеральные удобрения можно вносить и непосредственно в корнеобитаемый слой почвы, для чего существуют специальные нагнетательные устройства — гидробуры.

В условиях города, где существует опасность поражения людей и жилой застройки ядохимикатами, их распределяют таким образом, чтобы площади обработки были строго локализованы, а действие яда распространялось только на обрабатываемый объект.

В связи с этим распределение порошкообразных ядов в городской черте крайне ограничено, а при распределении жидких ядов размеры капель не должны быть меньше 100 мк. В противном случае возможен вынос ядов ветром из зоны обработки.

Вместе с тем в больших зеленых массивах парков и лесопарков, где отсутствуют указанные ограничения, могут применяться все доступные механизированные средства распределения технологических жидкостей и порошкообразных материалов.

Дождевальные установки для газонов. Дождевальные установки для газонов по способу перемещения разделяются на стационарные и передвижные. Стационарные устанавливаются на газоне в определенном месте и обслуживают ими только ту площадь вокруг установки, которая может быть обработана в соответствии с ее производительностью и дальностью выброса водяной струи. Если газон больше площади, обрабатываемой установкой с одного положения, на нем размещают несколько установок.

Стационарные дождевальные установки позволяют полностью автоматизировать процесс полива, так как оператору нет необходимости каждый раз перед очередным поливом размещать их по газону (обычно дождеватели устанавливают на весь сезон полива).

Установки, размещенные на одном газоне, как правило, питаются от одного устройства, например насоса, забирающего воду из водоема, который находится поблизости, или из специально подведенной водопроводной магистрали. Недостаток стационарных установок — низкий коэффициент использования во времени, так как они находятся на газоне даже если дождевания не производят. Перемещать их с места на место трудоемко, так как монтаж и демонтаж арматуры трубопроводов сложен.

Передвижные установки требуют специально закрепленного обслуживающего персонала. Примером такой установки может служить короткоструйная установка, изображенная на рис. 4.7, предназначенная для работы на городских газонах. Радиус действия установки — 10 м. Струйная насадка, подвижно закрепленная на треножном штативе, вращается под действием реактивной силы, возникающей при натекании части выбрасываемой струи на дефлекторную пластину. Частота вращения насадки в зависимости от угла установки пластины вокруг вертикальной оси — до 60 мин⁻¹.

Дефлекторная пластина находится со струей в постоянном контакте. Это позволяет более равномерно распределять влагу по площади, орошаемой установкой, особенно непосредственно под насадкой.

Независимо от типа и конструкции дождевальных установок их обязательной составной частью являются дождевые насадки, распределяющие воду в виде дождя по орошаемой поверхности.

По способу дождевания насадки делят на веерные и струйные. Веерные насадки создают поток воды в виде тонкой пленки. Их устанавливают на позиции неподвижно, орошая одновременно вокруг всю приле-

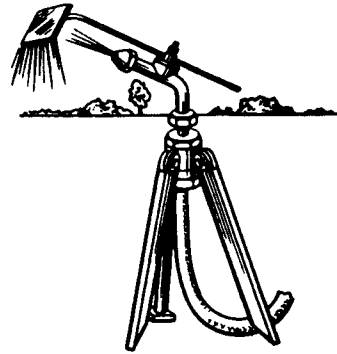


Рис. 4.7. Короткоструйная дождевальная установка

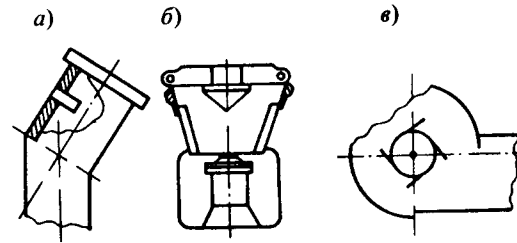


Рис. 4.8. Схема насадок: а — щелевая; б — дефлекторная; в — центробежная

гающую площадь. Струйные насадки создают направленный поток воды в виде симметричной струи или нескольких струй. При поливе эти насадки вращаются вокруг вертикальной оси, последовательно орошая всю прилегающую к дождевальной установке зону. Струйные насадки используют также в машинах для гидропосева семян газонных трав, при инъектировании жидкости в корнеобитаемый слой почвы и в других случаях.

В городских озеленительных хозяйствах наибольшее распространение нашли веерные насадки из-за возможности получения мелкодисперсного распыления воды в непосредственной близости от насадки и сравнительно (со струйными насадками) небольшого радиуса действия (до 10 м), что немаловажно в стесненных условиях городских территорий.

К веерным насадкам относят щелевые, дефлекторные и центробежные. Щелевые насадки (рис. 4.8 а) изготавливают обычно из отрезка трубы, заглушенного с одного конца. В боковой их части делают надрез в виде щели, через которую вода из трубы истекает под давлением.

Расход воды через щелевую насадку:

$$Q_p = 0,7 \frac{\pi d_T \gamma_p b_{щ}}{360} \sqrt{2gH_B}, \quad (4.21)$$

где 0,7 — коэффициент расхода; d_T — внутренний диаметр трубы; $b_{щ}$ — ширина щели; γ_p — угол развертки щели; H_B — напор перед насадкой.

Угол φ_p факела разбрызгивания:

$$\varphi_p = (0,7 + 0,9)\gamma_p. \quad (4.22)$$

Радиус круга, орошаемого насадкой:

$$r_{0.н.} = \frac{H_B}{1,15 + 0,00003(H_B / b_{щ})} < 5000. \quad (4.23)$$

Формула действительна при $2000 < H_B / b_{щ} < 5000$.

У дефлекторной насадки (рис. 4.8 б) имеется сопло, перед которым устанавливают экраны — дефлекторные отражатели различных форм. Выбрасываемая из сопла струя воды натекает на экран, деформируется и образует пленку, форма которой зависит от поверхности экрана. В дальнейшем пленка распадается.

Центробежные насадки (рис. 4.8 в) отличаются тем, что перед выходом из сопла вода закручивается вокруг продольной его оси, например, с помощью винтообразного канала, выпуском потока в сопловую камеру по касательной и другими способами.

Расход воды для центробежной насадки с подводом воды к сопловой камере по касательной, по данным Б.А. Лебедева:

$$Q_p = \frac{x_H}{\sqrt{1 + A_B^2 \frac{x_H^2}{1 - x_H^2}}} f_c \sqrt{2gH_B}, \quad (4.24)$$

где x_H — коэффициент, определяемый графически; $x_H = 0,27 \dots 1,0$; f_c — площадь отверстия сопла; $A_B = r_{дф} r_{ок} / r_{ок}^2$; $r_{дф}$ — радиус диафрагмы сопла; $r_{ок}$ — радиус отверстия подводящего канала; $r_{ок}$ — радиус отверстия сопла.

Угол факела разбрызгивания находят из равенства:

$$\operatorname{tg} \theta_\phi = \frac{2A_B x_H}{1 + \sqrt{1 - x_H^2}}. \quad (4.25)$$

Веерные насадки, выбрасывая жидкость, могут создавать плоскую (щелевые насадки) или конусообразную (дефлекторные и центробежные насадки) пленки. По мере удаления от насадки толщина пленки уменьшается, а затем пленка распадается на капли, что является, согласно современным представлениям о механизме распада, следствием волновых колебаний поверхности раздела жидкой пленки (струи) и окружающего воздуха.

Гидробуры. Наиболее частыми и трудоемкими операциями ухода за древесно-кустарниковыми породами растений являются внесение в почву жидких минеральных удобрений, полив и аэрирование почвы.

Использование системы гидробуров позволяет все три операции объединить в одну. При этом вода и водные растворы жидких минеральных удобрений равномерно распределяются на заданной глубине непосредственно в зоне залегания основной массы корней и, кроме того, значительно улучшается воздухообмен почвы без перештыковки.

Гидробур представляет собой полую штангу с острым конусообразным наконечником, на одном конце которого имеется канал, соединяющий полость штанги с внешней средой. Другой конец штанги через за-

Таблица 4.1. Напор воды, необходимый для размыва грунта

Грунт	Напор	Расход воды, м ³ , на 1 м ³ грунта
Мелкозернистый песок	30	1,2
Легкая (рыхлая) супесь	30	1,2
Лесс рыхлый	40	1,2
Лесс плотный	60	1,5
Легкий (рыхлый) суглинок	20	1,5

порный клапан и гибкий резиновый шланг соединен с поливочной машиной. При необходимости через распределительное устройство к машине можно подключить несколько гидробуров. Оператор устанавливает гидробур наконечником на поверхность приствольного круга дерева или кустарника. Затем включает насос машины, и жидкость под давлением $5 \dots 7 \cdot 10^5$ Па поступает через гидробур в почву, промывая в ней скважину заданной глубины. После этого давление снижают до $1 \dots 2 \cdot 10^5$ Па, и почва увлажняется нужным количеством раствора минеральных солей или чистой воды.

Расход воды при заглублении иглы гидробура можно подсчитать по формуле:

$$Q_p = a_{сж} F_{и} v_{и} = a_{сж} F_{и} \phi_{ск} \sqrt{2gH_B} \approx 3,28^2 d_u^2 \sqrt{H_B}, \quad (4.26)$$

где $a_{сж}$ — коэффициент сжатия ($a_{сж} = 1$); $F_{и}$ — площадь внутреннего сечения иглы, м²; $v_{и}$ — скорость струи, истекающей из иглы; $\phi_{ск}$ — коэффициент скорости ($\phi_{ск} \approx 0,94$); H_B — напор воды, м; d_u — диаметр выходного отверстия иглы.

После заглубления гидробура в почву наступает вторая стадия — насыщение почвы.

Для определения количества уколов, необходимых для насыщения водой или удобрениями корнеобитаемого объема почвы, следует найти объем, насыщаемый за один укол.

Если принять, что жидкость из насадки распределяется по всему окружающему ее объему, то объем почвы, м³, насыщаемый за один укол, будет:

$$v_{уд} = \frac{4}{3} \pi R_{ш}^3 \approx 4,18 v_{фл}^3 T_{нр} t_{ук}^3, \quad (4.27)$$

где $R_{ш}$ — радиус шара, м; $v_{фл}$ — скорость фильтрации жидкости, м/с; $T_{нр}$ — коэффициент неравномерности насыщения объема почвы; $t_{нр} = 0,8 \dots 0,85$; $t_{ук}$ — время укола, с.

Количество уколов, необходимое дереву для полного насыщения его корнеобитаемого объема, можно определить по формуле:

$$n_{ук} = V_{об} / V_{уд}, \quad (4.28)$$

где $V_{об}$ — корнеобитаемый объем почвы одного дерева.

Если основным условием хорошей работы гидробуров считать пол-

ное поглощение почвой жидкости, подаваемой на заданную глубину, то расход жидкости из наконечника гидробура должен быть равен объему жидкости, поглощаемому данным объемом почвы. Этот объем учитывается коэффициентом насыщения,

$$K_H = V_{в.о} / V_{уд} < 1, \quad (4.29)$$

где $V_{в.о}$ — объем воды, поглощенный почвой за один укол.

Объем воды, поглощенный данным объемом почвы:

$$Q_{уд} = V_{уд} K_H = 4,18 v_{фл}^3 T_{нр}^3 K_H. \quad (4.30)$$

Следует иметь в виду, что описанный процесс распределения воды (или раствора удобрений) достаточно схематичен, так как скважины, проделанные иглой гидробура в почве, также заполнены водой, которая постепенно фильтруется через их стенки.

Коэффициент насыщения почвы в городских посадках $K_H = 0,5 \dots 0,65$. Значения скорости фильтрации, м/сут (в зависимости от вида грунтов), приведены ниже.

Галечник (без песчаного заполнителя)	100...1000
Средние пески	10...30
Супесь	0,1
Малоразложившийся торф	1...5

Оптимальное заглубление гидробура в почву для городских зеленых насаждений составляет 0,45 м.

Машины для распределения ядохимикатов. По санитарным требованиям и нормам в городе при борьбе с вредителями и болезнями зеленых растений разрешается использовать только жидкие ядохимикаты, которые распределяются опрыскивателями, распыляющими жидкость на частицы с диаметром в основной массе, 100...200 мкм.

Аэрозольные генераторы для создания аэрозольного ядовитого тумана с частицами диаметром до 2 мкм в условиях города обычно используются со значительными ограничениями ввиду опасности поражения жилых зон ядохимикатами, переносимыми ветром и внутриквартальными воздушными потоками.

Распределители ядохимикатов, применяемые в городе делят на гидравлические и вентиляторные.

В гидравлических и вентиляторных опрыскивателях рабочая жидкость под давлением подается в распыливающую насадку центробежного типа и далее выбрасывается на обрабатываемый объект. В вентиляторных опрыскивателях создаваемая насадком конусообразная пленка жидкости подхватывается воздушным потоком, дополнительно дробится при распаде и в виде водовоздушной эмульсии оседает на обрабатываемые растения.

Гидравлические опрыскиватели работают при давлениях 5...8 мПа, вентиляторные — 2,0...2,5 мПа. Высокие давления используются также в гидравлических дальнобойных опрыскивателях для обработки высоких

деревьев. При этом применяют дальнобойные наконечники пожарного типа, выбрасывающие жидкость без ее предварительного завихрения, струей, распадающейся затем на капли.

Некоторые конструкции распыляющих наконечников имеют камеру завихрения с регулируемым объемом, что позволяет изменять интенсивность завихрения жидкости перед выходом из насадки, а следовательно, факел, дисперсность распыления и дальнобойность струи.

Работа гидравлических опрыскивателей с насадками центробежного типа, а также дальнобойных брандсбойтов аналогична рассмотренным выше дождевальным установкам с центробежными насадками, создающими осесимметричную струю.

Ниже приведены скорости воздушного потока, м/с, достаточные для проникновения в крону деревьев при различных условиях.

Скорости потока воздуха, входящего внутрь плотной кроны дерева большого диаметра	20...35
То же, при обработке разреженной и сравнительно неглубокой кроны	10...20
Скорость потока воздуха, входящего в крону куста или кустарниковой изгороди	8...15
Скорость потока воздуха, который может повредить листья деревьев	40 и более
Наименьшая скорость потока воздуха, который при лобовой атаке листа дерева интенсивно его наклоняет и поворачивает	5...6

Аэрозольные генераторы. Для создания аэрозольного облака ядохимиката при борьбе с сорной растительностью, вредителями и болезнями применяют специальные аэрозольные генераторы непрерывного реактивно-пульсирующего действия.

Принципиальная схема генератора-опрыскивателя непрерывного действия приведена на рис. 4.9. Генератор состоит из центробежного компрессора — КО, камеры сгорания КС, включающей горелку с форсункой подачи топлива, и выхлопной насадки ВН — конфузора с форсункой для подачи рабочей жидкости.

Выпускаемый промышленностью генератор (рис. 4.10) снабжается бензиновым двигателем, на валу которого закреплено рабочее колесо центробежного вентилятора для нагнетания воздуха в аэрозольную трубу, бензобаком и емкостью с рабочим раствором. Бензин к горелке и рабочая жидкость к распылителю подаются под избыточным давлением воздуха до $0,1 \cdot 10^5$ Па.

Выходящий из форсунки горелки бензин распыляется потоком воздуха и смешивается с ним, а при дальнейшем движении воспламеняется от свечи зажигания. На время воспламенения напряжение к свече горелки подводится от магнето двигателя. После разогревания трубы напряжение от запальной свечи переключается обратно на свечу двигателя.

Поступающий в трубу бензин в результате соприкосновения с раскаленными стенками и недогоревшими частицами предыдущего потока

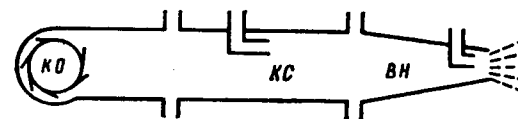


Рис. 4.9. Схема аэрозольного генератора непрерывного действия

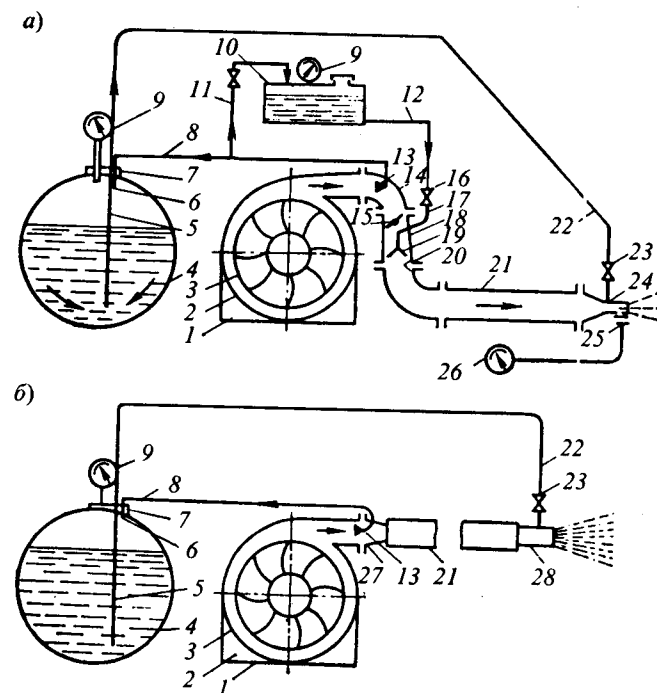


Рис. 4.10. Конструктивная схема аэрозольного генератора-опрыскивателя

воспламеняется. Горячие газы, проходя с большой скоростью из камеры сгорания через суженное сопло, подсасывают рабочую жидкость и распыляют ее.

При высоких температурах рабочая жидкость испаряется в диффузоре сопла. На выходе из сопла парогазовая смесь охлаждается более холодным наружным воздухом и превращается в туман.

В варианте опрыскивателя аэрозольную трубу снимают и к корпусу вентилятора присоединяют поворотное колено со шлангом, трубой, краном и распылителем. Ширина захвата аэрозольной волны 50 м. Производительность аэрозольного генератора — до 20 га/ч.

Успех операции по опылению ядовитым аэрозолем зависит от температуры и влажности. Важно, чтобы образовавшиеся микрокапли тумана не только не слишком стремительно конденсировали влагу из ок-

ружающей среды, но и не оседали слишком быстро, а также не испарялись. И в то же время желательно, чтобы испарившаяся в струе газа рабочая жидкость после соприкосновения с окружающим воздухом достаточно быстро вновь конденсировалась. При неблагоприятных погодных условиях жизнеспособность микрочастиц аэрозоля зависит от их размера. Будет капля испаряться или конденсировать влагу — зависит от давления паров на ее поверхности и от кривизны самой поверхности. Мелкие капли быстрее испаряются и гибнут, крупные — лучше конденсируют влагу. Слияние капель способствует нарастанию жидкой фазы. Теоретически возможно флуктуационное образование центров конденсации, практически этими центрами служат микрочастицы пыли, дыма, кристаллики солей. Нарастание процесса конденсации эквивалентно выделению тепла, порой значительному, в результате возникает так называемый парниковый эффект тумана.

Минимальный размер зародышевых частиц тумана можно оценить из примерного равенства энергозатрат на испарение массы жидкости и энергозатрат на раздробление этой массы на аэрозольные микрочастицы.

Пренебрегая энергозатратами, связанными с явлениями термодинамического (и электрического) характера и энергий поступательного и вращательного движений, а также принимая во внимание исключительно приращение поверхностной энергии натяжения, следует оценить порядок минимального диаметра d частиц аэрозольного тумана. В оценке можно исходить из того, что диаметр частиц одинаков.

Расчет производится исходя из следующих соотношений: масса рабочей жидкости m с плотностью γ занимает объем V :

$$V = \frac{m}{\gamma}; \quad (4.31)$$

микрообъем одной капли v диаметром d :

$$v = \frac{\pi}{6} d^3; \quad (4.32)$$

количество частиц n_M , полученных дроблением объема V на микрообъемы:

$$n_M = \frac{V}{v} = \frac{6m}{\pi d^3 \gamma}; \quad (4.33)$$

поверхность S одной (шаровой) капли диаметром d :

$$S = \pi d^2; \quad (4.34)$$

суммарная поверхность ΣS всех n_M капель:

$$\Sigma S = n_M S = 6 \frac{m}{\gamma d}; \quad (4.35)$$

энергия (работа A) по испарению массы рабочей жидкости:

$$A = mr, \quad (4.36)$$

где r — удельная теплота парообразования.

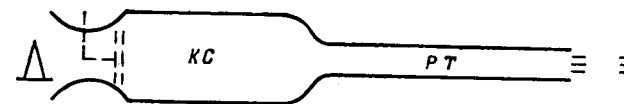


Рис. 4.11. Аэрозольный генератор реактивно-пульсирующего действия

На рис. 4.11 приведена схема реактивно-пульсирующего аэрозольного генератора.

Прямоточный резонансный реактивно-пульсирующий аэрозольный генератор состоит из камеры сгорания $КС$, входного диффузора $Д$, отделенного от камеры сгорания клапаном, и резонансной трубы $РТ$. Вспышка горючей смеси в $КС$ (подвод тепла к рабочему телу) приводит к резкому повышению давления, клапан закрывается, и газы с большой скоростью вытекают через резонансную трубу. Истечение газов сопровождается понижением давления в камере сгорания. В силу инерционности газовой струи давление в некоторый момент становится ниже давления в диффузоре, клапан открывается, и свежая порция рабочего тела попадает в камеру сгорания. Вместе с тем разрежение вызывает обратное движение газов в резонансной трубе. Это обратное движение производит необходимое сжатие горючей смеси, что и обеспечивает начало новой вспышки. Количество вспышек за единицу времени равно или кратно числу колебаний газовой волны в резонансной трубе. Пульсирующая струя газа, вытекающая из резонансной трубы, используется для получения аэрозоля из рабочей жидкости, подаваемой через форсунку на выход трубы.

Низкие экономические показатели прямоточных бескомпрессорных резонансных пульсирующих генераторов газа обусловили их применение в областях, где критерии — простота и дешевизна — имеют первенствующее значение.

Аэрозольный генератор реактивно-пульсирующего действия (рис. 4.12) включает: емкость для горючего и емкость для жидкого ядохимиката; систему принудительной подпитки форсунки жидкостью; систему зажигания; камеру сгорания с аэрозольной (резонансной) трубой; смеситель (диффузор); распылитель рабочей жидкости.

Камера сгорания 22 и аэрозольная (резонансная) труба 23 заключены в теплозащитную рубашку 24, предназначенную для предохранения рабочего от действия инфракрасных лучей и возможных ожогов. Между стенками теплозащитной рубашки и аэрозольной трубы с камерой сгорания образуется воздушный поток за счет эжекции, способствующей дополнительному отводу тепла от рубашки 24.

Смеситель 17 снабжен обратным клапаном 14 для предотвращения выхода газов из камеры сгорания и предназначен для смешивания бензина, поступающего из резервуара 8 под давлением 19...24 кПа, с воздухом.

Распылитель 1 служит для смешивания и распыления рабочей жидкости с потоком газа, выбрасываемого из камеры сгорания 22 через аэрозольную трубу 23; состоит из насадки, представляющей собой окон-

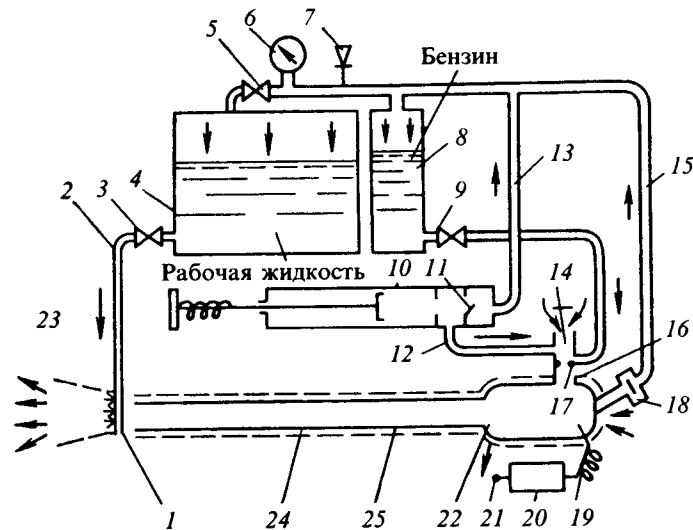


Рис. 4.12. Конструктивная схема аэрозольного генератора

чение аэрозольной трубы 23, и трубопровода 2 для подвода рабочей жидкости из резервуара 4.

Ручной воздушный насос 10 предназначен для создания давления в смесителе, а также в резервуарах с бензином и рабочей жидкостью (ядохимикатом) в период начального пуска генератора. Система принудительной подпитки давлением снабжена обратным клапаном 11, предотвращающим утечку сжатого воздуха из резервуаров 4 и 8.

Система зажигания 20 предназначена для создания искры и воспламенения горючей смеси в камере сгорания в процессе пуска и прогрева генератора. Состоит из катушки зажигания, прерывателя, автомобильной свечи 19 и пускового переключателя 21. Питание катушки зажигания осуществляется от батарейки карманного фонаря. Резервуар 4 рабочей жидкости представляет собой герметизированную металлическую емкость, связанную трубопроводом 13 с ручным воздушным насосом 10, трубопроводом 15 с камерой сгорания 22. Резервуар 8 представляет собой емкость для бензина, связанную с трубопроводами 13 и 15, с насосом 10 и камерой сгорания 22.

Сеть принудительной подпитки состоит из: резервуаров 4, 8; смесителя воздуха 19, трубопроводов 13, 12, 15 и ручного насоса 10; смесителя бензином 17 из резервуара 8; трубопровода 16, снабженного краном 9; резервуаров 4 и 8, камеры сгорания 22, трубопровода 15, снабженного клапаном 18 отбора продуктов сгорания, клапаном 7 регулировки давления, выполняющего одновременно функции предохранительного клапана, вентиля 5 и манометра 6; распылителя 1 рабочей жидкости, резервуара 4 для рабочей жидкости и трубопровода 2, снабженного вентилем 3.

4.4. Выкопчные машины

Выкопчные машины предназначены для выкопки саженцев и крупногабаритных деревьев. Выкопка лесопосадочного материала является одной из наиболее трудоемких операций. На рис. 4.13 показана навесная выкопчная скоба НВС-1,2, предназначенная для выкопки сеянцев хвойных и лиственных пород, а также саженцев ягодников и кустарников в питомниках.

Выкопчная скоба состоит из рамы 1 с навесным устройством 7, рабочего органа и двух опорных колес 6. Рабочий орган выполнен в виде прямоугольной скобы, состоящей из двух вертикальных ножей-стоек 3 и горизонтального ножа-лемеха 4. Для лучшего крошения пласта земли к задней кромке горизонтального ножа приварены два желобчатых удличителя 5. Угол наклона ножа-лемеха 4 регулируется фиксатором 2 в пределах от 9 до 230.

При выкопке сеянцев скоба гидродъемника трактора опускается на землю и заглубляется в нее до соприкосновения опорных колес с почвой. Почва подрезается снизу и с боков сеянцев на глубину от 14 до 30 см. НВС-1,2 на легких почвах агрегируется с колесными тракторами МТЗ-82, Т-40, а на тяжелых — с гусеничными тракторами ДТ-74А, Т-74, ДТ-75.

Для отряхивания почвы с корневой части растений для скобы НВС-1,2 было сконструировано виброустройство, придающее рабочему органу колебания. Однако более качественное отряхивание производит выкопчная машина ВМ-1,25.

Выкопчная машина ВМ-1,25 (рис. 4.14) предназначена для выкопки сеянцев хвойных и лиственных пород, а также саженцев кустарников и ягодников в лесных, плодовых и декоративных питомниках. Основные узлы: рама с боковинами-понижителями, выкопчная скоба трапецевидной формы, прутковый элеватор, отряхивающее устройство, два опорных колеса, регулируемых по высоте, и система привода.

Прутковый элеватор включает в себя ведущий вал с четырьмя звездочками для привода элеватора и два прутковых полотна от картофелекопателя КТН-2Б. Отряхивающее устройство крепится на кронштейнах сзади основного элеватора и представляет собой два лопастных колеса, установленных на валу, приводом вращения от ведущего вала элеватора через редуктор и цепные передачи.

В последние годы появились машины, которые при пересадках для предупреждения повреждений пересаживаемых растений корнеобитаемый объем почвы вырезают из почвенного монолита вместе с растением; а затем заключают его в разъемную оболочку — контейнер — и вместе с контейнером транспортируют на специальной грузовой платформе к месту посадки. При посадке разъемный контейнер вместе с заключенным в него почвенным комом опускают в заранее подготовленную посадочную яму и после разъединения по частям вынимают из ямы. При этом поверхность почвенного кома высаженного дерева по-

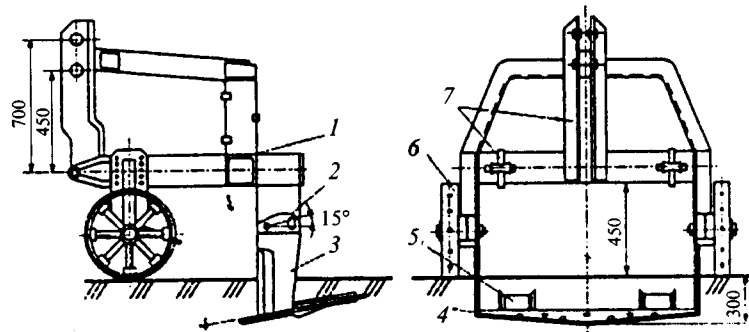


Рис. 4.13. Схема навесной выкопочной скобы ВВС-1,2

лучает минимальные повреждения, а контейнер используют для следующих пересадок.

Когда вместо взрослых деревьев пересаживают саженцы с небольшим плотным почвенным комом, контейнер не требуется, а для упаковки кома применяют мешковину.

Для пересадки крупномерных деревьев в возрасте 15...25 лет используют крупногабаритные машины на базе большегрузных тракторов типа Т-100 М и Т-150 К с обязательным заключением почвенного кома в контейнер. Этот процесс обычно происходит одновременно с вырезанием почвенного кома пересаживаемого дерева.

С наименьшими затратами труда и энергии работают машины, обеспечивающие вырезание корнеобитаемого объема почвы за одну операцию без предварительной подготовки оперативной площадки вокруг пересаживаемого дерева.

Для облегчения заглубления в почву рабочего органа такой машины обычно используют вибропогружатели. На рис. 4.15 показана машина для выкопки деревьев, выполненная в виде навесного оборудования к колесному трактору 1.

Смонтированный в задней части трактора рабочий орган машины представляет собой сходящиеся под углом друг к другу две цилиндрические лопатки 11, каждая из которых снабжена гидроцилиндром 8 и вибратором 10 и перемещается по двум направляющим штокам 9. Гидроцилиндры лопат используются при подъеме лопат в исходное положение во время выкопки или посадки дерева, а также во время упаковки его в контейнер. Лопаты вместе с вибратором и гидроцилиндрами подвижно закреплены на направляющих штоках основания. Само основание 7 подвижно закреплено на промежуточной раме 4, перемещающейся вдоль рамы 6 с помощью гидроцилиндра 5. Для работы навесного оборудования на тракторе установлены гидронасос 2 и бак для масла 3.

Выкапывается дерево с комом земли раздельным врезанием лопат в грунт с последующим подъемом основания. Основным силовым агрега-

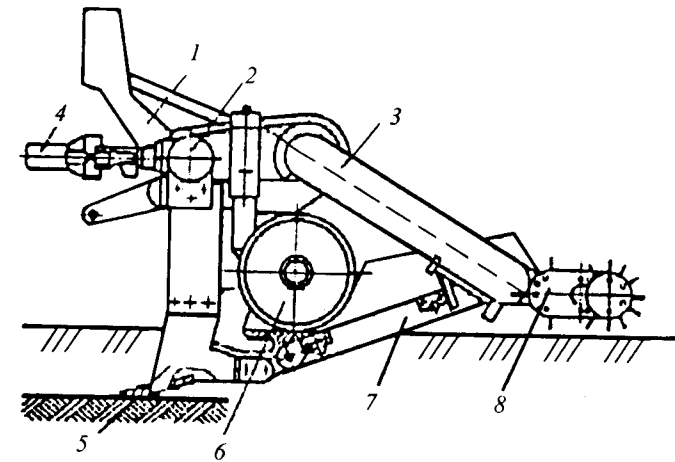


Рис. 4.14. Схема выкопочной машины ВМ-1,25: 1 — рама с навесным устройством; 2 — редуктор; 3 — цепная передача; 4 — карданный вал; 5 — выкопочная скоба; 6 — опорное колесо; 7 — прутковый элеватор; 8 — отрывающие устройства

том рабочего органа машины является вибропогружатель, который представляет собой вибратор направленного действия, снабженный устройством для жесткого присоединения к погружаемому элементу. При этом направление действия возмущающей силы совпадает с направлением погружения элемента.

Рассмотренная конструкция машины обеспечивает вырезание корнеобитаемого объема почвы за одну операцию без предварительной подготовки оперативной площадки вокруг пересаживаемого дерева, что снижает энергоемкость процесса и уменьшает затраты труда.

Направленные колебания вибрационного механизма характеризуются тем, что вынуждающая сила действует только в одном направлении, например по вертикали. Для этого на два параллельных вала насаживают два одинаковых дебаланса, вращающихся с одинаковой скоростью, но в разные стороны. Горизонтальные составляющие центробежных возмущающих сил дебалансов здесь взаимно уравниваются (рис. 4.16).

Центробежную вынуждающую силу определяют по формуле:

$$F = m\omega^2 \text{ или } F = \frac{G}{g} r \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2, \quad (4.37)$$

где m — масса дебалансов, кг; r — эксцентриситет дебаланса, м; ω — угловая скорость вращения дебалансов, рад/с; n — частота вращения дебаланса, мин⁻¹;

$$m = G/g, \quad (4.38)$$

где G — вес дебаланса, Н; g — ускорение силы тяжести, м/с².

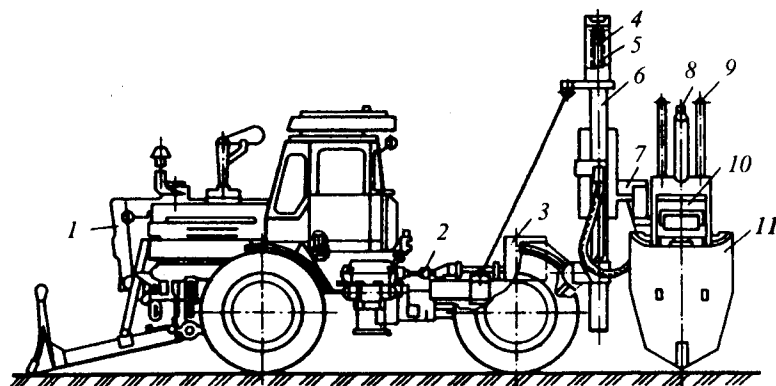


Рис. 4.15. Машина для выкопки деревьев

4.5. Ямокопатели

Для посадки крупномерных саженцев и сеянцев, при подготовке посадочных ям для закладки питомников, на вырубках, на озелняемых площадях используются ямокопатели.

Глубина подготавливаемых посадочных ям зависит от типа почвы, породы и размеров корневой системы древесно-кустарниковых растений.

Размеры посадочных ям, в зависимости от назначения посадки, приведены в табл. 4.2.

Выкапываемая яма должна быть ступенчатой формы глубиной 400 мм. При посадке саженцев на глубину 100 мм в яму диаметром 600 мм почва должна быть разрыхлена и оставлена в яме. При диаметре ямы 300 мм и глубине 400 мм почву из нее извлекают.

При высадке лесных культур вся разрыхленная почва должна быть оставлена в яме.

Таблица 4.2. Размеры ям в зависимости от назначения посадки, мм

Назначение ямы	Диаметр ямы, мм	Глубина ямы, мм
Посадка саженцев деревьев без предварительного плантажа		
плодовых	1 000	600
декоративных	500	600
Посадка саженцев плодовых деревьев по плантажу		
семечковых	800	600
косточковых	600	600
Посадка саженцев в высев лесных культур на участках:		
пригодных для тракторов	600/300	100/400
непригодных для тракторов	250	500

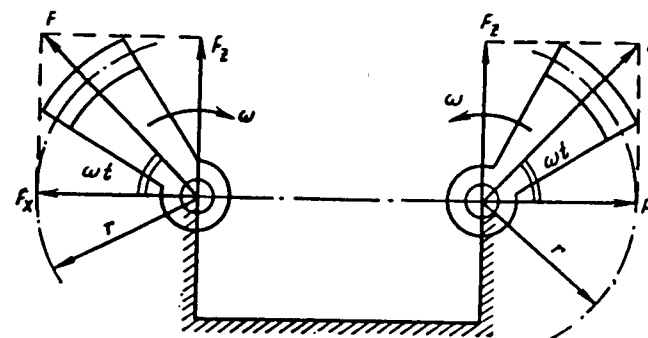


Рис. 4.16. Центробежный вибратор направленного действия

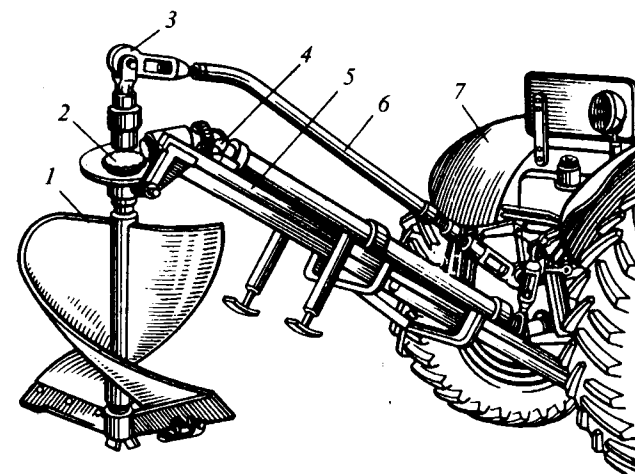


Рис. 4.17. Ямокопатель

В зависимости от назначения ямы почву из нее извлекают полностью или частично.

В ямах, предназначенных для строительных работ, разрыхленный грунт не должен оставаться. При низком содержании гумуса в ямах, предназначенных для посадки саженцев по плантажу, почва также не должна оставаться в яме. При достаточном содержании гумуса в яме должно находиться 25...50 % рыхлой почвы.

Рабочий орган ямокопателя 1, изображенный на рис. 4.17, навешивается на пневмоколесный трактор 7 тягового класса 14 кН сзади с помощью рамы 5. Привод вращения рабочего органа осуществляется от вала отбора мощности 4 трактора через конический редуктор 2. Привод ямобура из транспортного положения в рабочее производится с помощью тяги 6, соединенной с рабочим оборудованием через шарнир 3.

Рабочие органы ямокопателей различают по назначению: транспортирующие, рыхлящие и комбинированные. Транспортирующие буры предназначены для полного извлечения почвы из ямы (рис. 4.18 а, д, е). Рыхлящие буры (рис. 4.18 в, з) всю почву в разрыхленном виде оставляют в яме. Комбинированные буры (рис. 4.18 б) извлекают из ямы только часть почвы. Количество разрыхленной почвы, оставляемой комбинированными бурами в яме, пропорционально расстоянию между лезвиями лемехов и началом винтовой поверхности.

По способу работы различают транспортирующие буры для непрерывного (рис. 4.18 а, е) и прерывистого (рис. 4.18 д) копания ямы. Длина бура H_1 , предназначенного для непрерывного копания, больше глубины ямы H , а для прерывистого — меньше.

По форме транспортирующей поверхности различают лопастные и винтовые буры. Поверхность винтового бура (см. рис. 4.18 а) образуется вращением отрезка прямой вокруг оси бура, перпендикулярного этой оси и перемещаемого по направляющей винтовой линии, вписанной в цилиндр. Поверхность лопастного бура коническая. Она образуется вращением отрезка прямой переменной длины вокруг точки на оси бура (вершина конуса). Конец отрезка перемещается по винтовой линии, вписанной в цилиндр. Поверхность лопастных буров, в отличие от винтовых, разворачивается на плоскости, поэтому она значительно проще в изготовлении. Винтовыми бурами роют ямы, когда требуется следующее соотношение параметров ямы: $H/D_0 = 0,5 \dots 1,6$, где D_0 — диаметр ямы, а лопастными — при параметре ямы $H/D_0 \leq 0,75$.

По числам заходов буры бывают одно-, двух- и трехзаходными. Однозаходные буры снабжаются двумя диаметрально расположенными лемехами, способствующими симметричному нагружению буров силами резания. С ростом количества заходов улучшается центрирование буров в яме, особенно коротких буров, однако энергоемкость работы возрастает.

При $H_1/D_0 > 2$ предпочтительнее однозаходные буры, при $H_1/D_0 < 2$ — двухзаходные.

Наконечники буров — перки — предназначены для резания почвы в центре. Они должны иметь, по сравнению с лемехами, большую величину номинального заднего угла резания ϵ_0 (рис. 4.18 ж). Перки способствуют также центрированию бура при работе. Наименьшее сопротивление заглублению оказывают перки типа, изображенного на рис. 4.18 а. Винтовой конический наконечник должен иметь (рис. 4.18 з) шаг спирали больше, чем величина подачи бура, иначе сопротивление заглублению резко возрастет. Конический наконечник лучше центрирует бур, чем перки.

При непрерывном способе копания непрерывное транспортирование буром почвы на поверхность происходит благодаря тормозящему действию стенки цилиндрической поверхности ямы на почву, находящуюся на буре. Бур прерывистого копания заполняется почвой благодаря подпору нижних слоев почвы. Прерывистое копание ям значительно менее производительно, но дает возможность копания ям большой глубины, используя двигатель малой мощности.

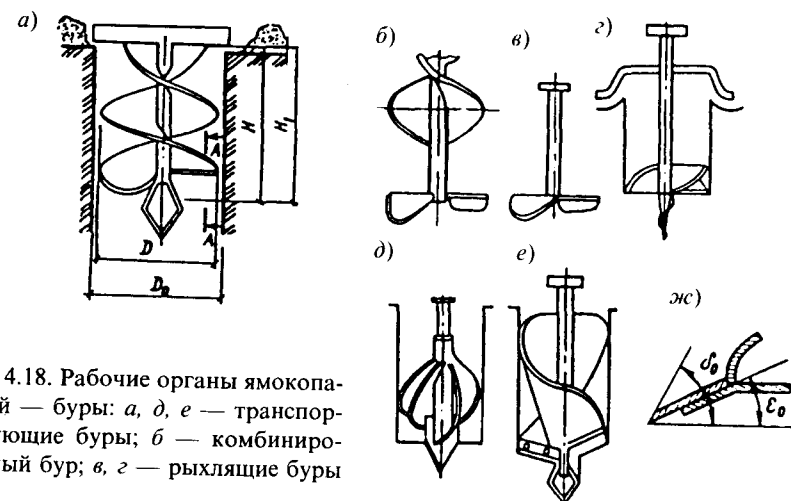


Рис. 4.18. Рабочие органы ямокопателей — буры: а, д, е — транспортирующие буры; б — комбинированный бур; в, з — рыхлящие буры

Мощность трактора, кВт, необходимая для работы бура, определяется зависимостью:

$$P = \frac{0,009 M \omega K_{зан}}{\eta_1 \eta_2}, \quad (4.39)$$

где $\eta_1 = 0,90 \dots 0,95$ — КПД трансмиссии ямокопателя; $\eta_2 = 0,94$ — КПД трансмиссии универсального колесного трактора; $K_{зан} = 1,3$ — коэффициент запаса мощности двигателя трактора по отношению к средней мощности, расходуемой на работу ямокопателя.

4.6. Машины для очистки газонов и дорожек от листьев и мусора

Значительный объем работ представляет очистка газонов и дорожек от опавших листьев. Кроме того, газоны и дорожки очищают от скошенной травы и мусора. Листья и мусор оказывают неблагоприятное воздействие на травяной покров газона: он темнеет, водный баланс почвы резко нарушается, возможна гибель отдельных участков травостоя, что вызывает снижение декоративного эффекта газона. Частота уборки дорожек и партерных газонов до одного раза в сезон в конце листопада. Уборка листьев может совмещаться с прочесыванием газона.

Опавшие листья представляют собой ценные органические удобрения, и их уборка с газонов обедняет почву, поэтому способы и технология уборки листьев должны предусматривать использование их в качестве удобрений.

Уборка опавших листьев может выполняться двумя способами (по двум технологическим схемам).

Первый способ предусматривает уборку опавших листьев в кучи, погрузку их на транспортные средства и их транспортирование в компостные кучи. После перегнивания листьев компост погружают на транспортные средства, транспортируют и вносят в почву в качестве удобрений.

Второй способ предусматривает уборку опавших листьев и их одновременную переработку и внесение в почву в качестве удобрений.

При таком способе листья подбираются, измельчаются, распределяются по поверхности газона. При поливе или дожде частицы листьев переносятся в почву, при этом декоративные качества газона не снижаются. Мелкие фракции листьев имеют большую по сравнению с целыми листьями поверхность контакта с окружающей средой и быстро перегнивают. Этот способ исключает из технологического процесса трудо- и энергоемкие операции, такие как погрузка, разгрузка, транспортировка листьев и компоста и компостирование листьев, что дает значительный экономический эффект.

Для уборки опавших листьев, скошенной травы и мусора с газонов, дорожек и площадок предназначены *газоочистители*. Некоторые типы механических газоочистителей при необходимости могут одновременно с уборкой листьев выполнять и прочесывание газонов.

По принципу действия газоочистители делятся на механические, пневматические и комбинированные.

Механические газоочистители воздействуют на убираемый материал механически — рабочий орган роторного типа поднимает материал с поверхности и направляет в бункер.

Пневматические газоочистители воздействуют на убираемый материал воздушным потоком. По направлению создаваемого воздушного потока они могут быть всасывающими (вакуумными), когда под действием разрежения листья и другие материалы засасываются через раструб в сборник, и нагнетательными (воздуходувными), когда убираемые материалы сдуваются с поверхности в сторону и формируются в валы. Применяются пневматические газоочистители и смешанного типа, сочетающие как нагнетательный, так и всасывающий принципы действия.

Комбинированные газоочистители имеют механический рабочий орган, отделяющий убираемые материалы от поверхности, и пневматический, всасывающий их в бункер.

Механические газоочистители могут иметь различные типы рабочих органов: роторные грабли со стальными стержнями круглого сечения, установленными на роторе через упругую связь (пружину); ротор с шарнирно установленными пластинами; ротор с резиновыми стержнями; ротор (щетка) со стальными или капроновыми стержнями.

Результаты сравнительных испытаний различных типов рабочих органов представлены графиками на рис. 4.19. В качестве основного критерия оценки рабочего органа был принят коэффициент качества (чистоты) уборки K_y , представляющий отношение массы листьев, убранной

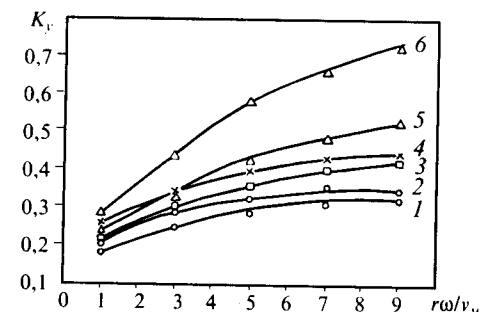


Рис. 4.19. График изменения коэффициента качества уборки K_y в зависимости от кинематического показателя при уборке листьев различными рабочими органами: 1 — ротор (щетка) с капроновыми стержнями; 2 — вал со стальными лопатками; 3 — ротор с резиновыми стержнями круглого сечения; 4 — ротор с шарнирно установленными пластинами; 5 — ротор (щетка) со стальными стержнями; 6 — роторные грабли со стальными стержнями круглого сечения, установленные на роторе через пружину

рабочим органом за один проход, к общей массе листьев на пробной площади. Из графиков видно, что роторные грабли со стальными круглыми стержнями обеспечивают лучшее качество уборки листьев. Следует отметить, что сравнительные испытания указанных рабочих органов проводились в одинаковых условиях. Однако в других условиях отдельные рабочие органы могут дать лучшие результаты.

Принцип действия и устройство механического газоочистителя рассмотрим на примере листоуборочной машины ЛУМ-1,3, принципиальная схема которой представлена на рис. 4.20. Основными частями машины являются рабочий орган 4, бункер 8, рама 13, ходовая часть 12, прицеп 18 и привод рабочего органа 1, 2, 3.

Рабочий орган — роторные грабли со стальными упругими стержнями 5 круглого сечения, установленными на пластинах 6. Ротор закрыт кожухом 7, направляющим поток листьев в бункер 8. К раме рабочий орган присоединен шарнирно. Шарнир 17 имеет две степени свободы и позволяет рабочему органу колебаться в продольной (вертикальной) и поперечной (горизонтальной) плоскостях и копировать микропрофиль газона. Рабочий орган устанавливается на заданную глубину хода с помощью устройства (винтовая пара) 16, смонтированного на опорном элементе (колесе или ролике) 15.

Привод рабочего органа осуществляется от вала отбора мощности агрегируемого трактора, через карданную телескопическую передачу 1, конический редуктор 2 и ременную передачу 3.

Бункер 8 служит для накопления собранных листьев. Он соединен с рамой 13 шарниром, вокруг оси которого бункер может опрокидываться при помощи гидроцилиндра 14. Задняя стенка бункера выполнена в виде двери 10 с горизонтальным шарниром 9. Верхняя стенка

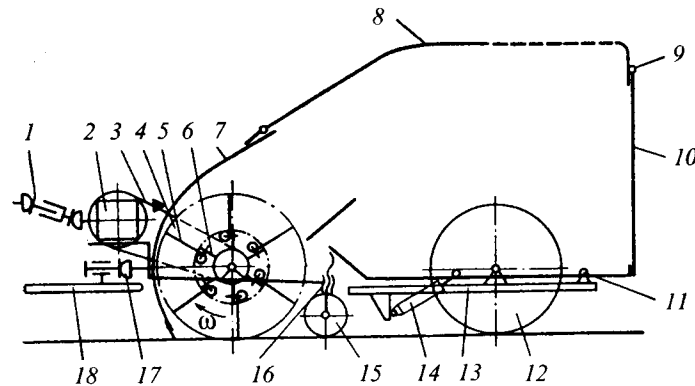


Рис. 4.20. Схема листоуборочной машины ЛУМ — 1,3

(крышка) бункера имеет сетку, обеспечивающую прохождение через нее воздушного потока, генерируемого рабочим органом.

Рама 13 является основанием машины, на ней монтируются все ее части. Рама представляет собой сварную конструкцию, жестко связанную с прицепом 18. Рама своей задней частью опирается на пневматические колеса 12, а передней — прицепом 18 на траверсу механизма навески трактора.

При движении листоуборочного агрегата (машина ЛУМ-1,3 и трактор Т-25 или Т-30) вращение от вала отбора мощности трактора передается через карданную передачу 1, редуктор 2 и ременную передачу 3 на вал рабочего органа 4. При вращении рабочего органа с угловой скоростью ω и перемещении его с поступательной скоростью машины, v_m , стержни, взаимодействуя с лежащими на газоне листьями, поднимают их, разгоняют и бросают в бункер. Перемещение сошедших со стержней листьев в бункер происходит под действием кинетической энергии и воздушного потока, генерируемого рабочим органом.

При наполнении бункера листьями агрегат перемещается в место для складирования листьев и с помощью гидроцилиндра 14 опрокидывает бункер вокруг оси шарнира 11, дверка 10 открывается и листья из бункера высыплются в кучу. Бункер устанавливается в рабочее положение, и процесс уборки листьев продолжается. В транспортное положение машина переводится гидронавесной системой трактора.

Рабочий процесс роторных граблей при уборке опавших листьев с газонов можно разделить на три этапа: захват убираемой массы листьев стержнями ротора; перемещение листьев по стержням и перемещение листьев со стержней ротора до приемного устройства (бункера).

При захвате лиственной массы стержнями ротора происходит удар стержней о лиственную массу, отделение ее от почвы, преодоление сил трения между слоями листьев и сообщение ей начальной скорости, равной окружной скорости стержня в точке их контакта. Затем под влияни-

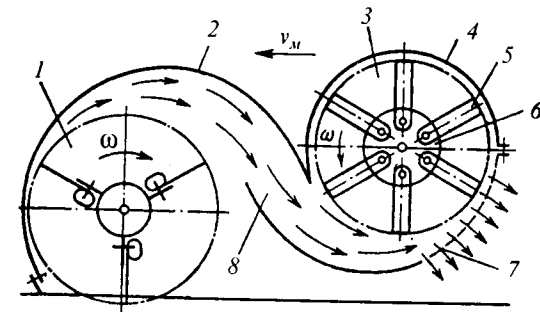


Рис. 4.21. Схема рабочих органов подборщика — измельчителя листьев ПИ-1

ем действующих сил, вращаясь вместе с ротором, листья начинают двигаться вдоль стержней к их наружному краю со все возрастающей скоростью и, достигнув края стержней, покидают ротор.

Машиной, работающей по второму способу уборки листьев, является подборщик-измельчитель листьев ПИ-1, принципиальная схема рабочих органов которого представлена на рис 4.21.

Машина имеет два рабочих органа: подборщик 1 и измельчитель листьев 3. Подборщик листьев представляет собой роторные грабли, устройство и работа которых аналогичны рабочему органу листоуборочной машины ЛУМ-1,3.

Измельчитель листьев — ротор с шарнирно установленными ножами (вилами) 5. Сверху и по бокам рабочий орган закрыт кожухом 4, а снизу установлено ложное дно (рекаттер) 7, которое имеет сквозные продолговатые отверстия.

При движении агрегата (подборщик-измельчитель ПИ-1 и трактор Т-25А, Т-30) от вала отбора мощности или гидроприводом приводятся во вращение рабочие органы: подборщик 1 и измельчитель 3. Подборщик, взаимодействуя своими стержнями с листьями, поднимает их, разгоняет и швыряет в ограниченное кожухом 2 пространство. Кроме того, перемещению листьев от подборщика к приемному окну 8 измельчителя способствует воздушный поток, генерируемый ротором подборщика. Кожух 4 и ложное дно 7 имеют форму, обеспечивающую при вращении ротора 3 разрежение в приемном окне 8. Поток воздуха и листьев устремляется через приемное окно 8 в пространство между ротором 3 и ложным дном 7, встречается с ножами 5, листья измельчаются ими и через отверстия в ложном дне рассеиваются по газону, попадая на почву, где разлагаются и служат удобрением.

Подборщик вместе с листьями поднимает с газона и подает в измельчитель твердые включения (мелкие камни, куски кирпича и т. д.) или разбивает их; его ножи, благодаря шарнирному соединению их со ступицей 6, могут также отклоняться, пропуская включение. После этого

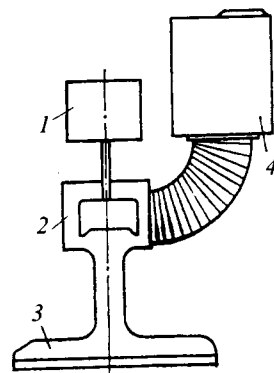


Рис. 4.22. Схема пневматического газоноочистителя всасывающего типа: 1 — двигатель; 2 — вентилятор; 3 — сопло; 4 — травосборник (мусоросборник)

под действием центробежных сил ножи вновь занимают радиальное положение, продолжая надежно функционировать.

Взаимодействие рабочих органов (подборщика и измельчителя) с листьями аналогичны рабочему органу машины ЛУМ-1.3.

Пневматические газоноочистители отличаются от механических (щеточных) более простой конструкцией и некоторой универсальностью, что позволяет использовать отдельные машины не только для уборки мусора и листьев, но и для очистки асфальтированных дорожек и площадок от пыли и листьев.

Пневматический газоноочиститель всасывающего типа (рис. 4.22) состоит из базовой машины, насадки с ворошителем, вентилятора, платформы с рояльным колесом, мусоросборника и воздуховода. Оператор сидит на специальном сиденье, установленном на раме тягача. Имеются машины и в пешеходном варианте, когда оператор идет сзади, поворачивая ее на двух неприводных неуправляемых колесах в нужную сторону.

Машиной можно убирать лишь мусор, который плотно не прилегает к поверхности дернового покрова и выступает над травостоем, например, сухие недавно опавшие листья, бумагу, окурки и т.п. В этом случае расстояние между всасывающим патрубком и почвой газона составляет 75...85 мм. Если мусор находится в непосредственной близости от дернового покрова или он влажный (после дождя), то процесс очистки резко ухудшается. Чтобы в этом случае захватить мусор, надо уменьшить расстояние между всасывающим патрубком и обрабатываемой поверхностью до 2...5 мм. Но тогда вместе с потоком воздуха в бункер машины начинают засасываться частички почвы газона, корневая система травы оголяется, иногда стебли рвутся (особенно при высоте травостоя 80...100 мм). Наконец, из-за неровностей почвы, над поверхностью которой движется всасывающее сопло машины, оно присасывается к дерновому покрову.

Недостатки работы машины на газоне можно компенсировать, применяя ее в комплекте с другими машинами, например с механической щеткой. Механическая щетка собирает мусор с поверхности газона в валки. Идущая за ней пневматическая машина подбирает валки высотой 60...100 мм без повреждения поверхности газона.

Асфальтированные поверхности садовых дорожек очищаются от мусора гораздо эффективнее. В сухую погоду после прохода машины удаляются практически весь мусор и пыль. После дождя эффективность очистки листьев несколько снижается, так как на поверхности асфальта остаются прилипшие к нему листья и бумага, не захватываемые нейлоновой щеткой, которая установлена на нижней кромке всасывающего сопла. Прилипшие листья можно удалить, если расстояние от полости всасывающего патрубка до поверхности асфальта уменьшить до 2...4 мм. Однако в этом случае увеличивается поверхность присасывания сопла к обрабатываемой плоскости и возрастает толкающее усилие, необходимое для перемещения машины, что нежелательно для пешеходных вариантов машины.

При очистке от мусора уплотненных грунтовых дорожек захватываются пылевые образования и мелкие камни. Имеющиеся в матерчатых стенках бункера поры для пропускания воздуха забиваются частицами пыли, бункер герметизируется, создается противодействие, ухудшающее работу машины.

В городских озеленительных хозяйствах обычно применяют машины смешанного типа, т.е. машины, в которых одновременно работают всасывающие и нагнетательные системы. Убираемый с поверхности газона мусор, частички травы и листья пропускаются непосредственно через улитку вентилятора. В этом случае необходимо использовать вентиляторы с малым количеством лопастей и с большим зазором между колесом и кожухом.

При расчете пневмомашин смешанного типа определяют три основные величины, от которых зависит конструкция машины: расход Q_B воздуха, диаметр D_T трубопровода, по которому воздух может перемещаться при данном расходе со скоростью $v_{\text{возд}}$, и потребляемую мощность P_B .

Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q_B = \frac{Q_M}{m_n \gamma_B}, \quad (4.40)$$

где Q_M — заданная производительность пневмосистемы по количеству используемого воздуха; m_n — коэффициент, характеризующий массовую концентрацию в потоке воздуха транспортируемого продукта; γ_B — плотность воздуха ($\gamma_B \approx 1,24 \text{ кг/м}^3$).

Диаметр трубопровода, м:

$$D_T = \sqrt{\frac{4Q_B}{\pi v_{\text{возд}}}}, \quad (4.41)$$

где $v_{\text{возд}}$ — скорость воздуха, необходимая для работы пневмосистемы, не зависящая от скорости питания транспортируемым продуктом и коэффициента сопротивления потока перемещению в трубопроводе.

Потребляемая мощность, кВт:

$$P_B = \frac{Q_B \rho_{CM}}{102\eta}, \quad (4.42)$$

где ρ_{CM} — статическое и динамическое сопротивления перемещению воздушного потока в трубопроводе; η — КПД установки.

В последние годы за рубежом все большее применение находят пневматические машины нагнетательного типа, так называемые концентраторы листьев. Машины применяют для удаления листьев и мусора из приствольных лунок деревьев, кустарников и кустарниковых изгородей, откуда убирать мусор другими типами газоочистителей невозможно, а ручными метлами — трудоемко. Кроме того, машинами расчищают от листьев дорожки, а также собирают листья и мусор в валки, которые затем грузят в транспортные средства с помощью всасывающих машин.

Особенностью рассмотренных всасывающих и нагнетательных машин является их большая производительность по количеству используемого воздуха при низком давлении.

Выпускаемые отечественной промышленностью вентиляторы, установленные на тележку с приводом от двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя, можно применять в городских озеленительных хозяйствах для сдвигания массы листьев в валы или очистки от листьев садовых дорожек.

Для определения параметров воздушной струи, необходимых для транспортирования массы листьев, следует подобрать такие параметры воздушного потока, чтобы, находясь в поле его действия, листья, мусор и частички травы двигались в нужном направлении вектора скорости потока с определенной скоростью.

Листья, обрывки бумаги и т.п. транспортируют в три этапа: отрыв (сдвиг) листьев относительно опорной поверхности; транспортирование листьев по воздуху в сторону действия воздушной струи; осаждение листьев на границе зоны действия воздушной струи.

Возможен вариант без второго и третьего этапов, когда листья сдвигаются с минимальной скоростью, равной ориентировочно скорости v_s витания, определяемой обычно экспериментальным путем. Ниже приведены скорости витания, м/с, для листьев, стеблей трав и некоторых злаковых растений по данным справочников по сельскохозяйственным машинам:

Солома различной длины, мм:	
до 100	5...6
400—500	16...18
Колос пшеницы без зерна	3,5...5

Опавшие листья:

единичные	0,9...1,5
в массе	16...18
Зеленая масса измельченная	5,5...8,3

Скорость воздуха, необходимая для транспортирования листьев, травы и мусора

$$v_{\text{возд}} = B_C v_s, \quad (4.43)$$

где B_C — коэффициент сопротивления, зависящий от массовой концентрации m_n смеси (воздух—транспортируемый продукт); $m_n = G_B/D_{M.P}$ ($G_{M.P}$ — подача продукта; G_B — расход воздуха).

Если сдувающим потоком транспортируется листва, стебли травы или обрывки бумаги, то $B_C = 1$. При сдувании куч или валков из листьев, размеры которых соизмеримы с размерами факела воздуха, например, при $m_n = 0,8...1$, коэффициент сопротивления $B_C = 2,1...2,5$.

Контрольные вопросы

1. Какое влияние оказывают зеленые насаждения на жизнедеятельность городов?
2. Расскажите о машинах для подрезки растений, их классификации, устройстве и области применения.
3. Опишите газонокосилки, их классификацию и принципы действия.
4. Запишите условие, обеспечивающее перерезание стебля под лезвием ножа.
5. Перечислите машины и механизированный инструмент для кронирования кустарников и деревьев, расскажите об их классификации и устройстве.
6. Каковы основы энергетического расчета машин для подрезания растений?
7. Назовите основные положения технологического расчета машин для подрезки растений.
8. Расскажите о выкопочных машинах, их классификации, устройстве и области применения.
9. Опишите машины и оборудование для распределения технологических жидкостей и материалов, расскажите об их классификации и устройстве.
10. Каковы дождевальные установки для газонов, классификация насаждений, расчет расхода воды?
11. Расскажите о гидробурах, их назначении, классификации и принципе действия.
12. Опишите аэрозольные генераторы, их назначение, классификацию и принципы работы.
13. Каковы машины для очистки газонов и дорожек от листьев и мусора, расскажите об их классификации и устройстве.

Глава 5.**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СБОРА И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ***

Рост городов, развитие промышленности, увеличение количества транспортных средств ведут к ухудшению экологических условий проживания людей, особенно в крупных городах, где на ограниченной территории сосредоточена значительная масса населения.

В городах происходит наиболее интенсивное накопление твердых бытовых отходов (ТБО), которые при неправильном и несвоевременном удалении и обезвреживании могут серьезно загрязнять окружающую среду. Поэтому одним из важнейших мероприятий по защите окружающей среды является своевременный сбор, вывоз, обезвреживание и утилизация ТБО.

Возрастающие требования к качеству обслуживания населения, в том числе и в области санитарной очистки территорий, обуславливают высокие требования к используемой для этих целей технике. При выборе машин и оборудования для сбора и транспортирования ТБО необходимо обязательно учитывать их состав и свойства.

5.1. Состав и свойства ТБО

ТБО по морфологическому признаку подразделяют на следующие компоненты: бумага, картон, пищевые отходы, дерево, металлы (черные и цветные), стекло, резина, камни, текстиль, кожа, кости, полимерные материалы, прочие (не классифицируемые фракции), отсев менее 15 мм (табл. 5.1). По единой методике, принятой европейскими странами, при необходимости добавляется компонент «садовые отходы».

Для решения вопроса о целостности использования утильных компонентов ТБО проводят более подробный анализ состава отходов, дифференцируя бумагу на условно чистую (утильную) и загрязненную; металл — на изделия из железа и консервные банки; пластмассу — на упаковочную и изделия из пластмасс.

Сезонные изменения состава ТБО характеризуются увеличением содержания пищевых отходов с 20...25 % весной до 40...55 % осенью, что связано с большим употреблением овощей и фруктов в рационе питания (особенно в городах южной зоны). Зимой и осенью сокращается содержание мелкого отсева (уличного смета) с 20 до 7 % в городах южной зоны и с 11 до 5 % — в средней зоне.

* В главе использованы опубликованные материалы д-ра техн. наук Мирного А. Н.

Таблица 5.1. Морфологический состав ТБО для разных климатических зон, % по массе

Компонент	Климатическая зона		
	средняя	южная	северная
Пищевые отходы	35...45	40...49	32...39
Бумага, картон	32...35	22...30	26...35
Дерево	1...2	1...2	2...5
Черный металлолом	3...4	2...3	3...4
Цветной металлолом	0,5...1,5	0,5...1,5	0,5...1,5
Текстиль	3...5	3...5	4...6
Кости	1...2	1...2	1...2
Стекло	2...3	2...3	4...6
Кожа, резина	0,5...1	1	2...3
Камни, штукатурка	0,5...1	1	1...3
Пластмасса	3...4	3...6	3...4
Прочее	1...2	3...4	1...2
Отсев (менее 15 мм)	5...7	6...8	4...6

Практика показывает, что с течением времени состав ТБО меняется. В частности, в последние годы значительно возросло содержание пластмассовых упаковочных материалов (в том числе 1,5...2 литровых лавсановых бутылок из-под воды) и цветных металлов за счет появления алюминиевых банок из-под пива и воды.

Один из важнейших показателей свойств ТБО является плотность. Плотность ТБО благоустроенного жилищного фонда в весенне-летний сезон (в контейнерах) составляет 0,18...0,22 т/м³; в осенне-зимний – 0,2...0,25 т/м³; для различных городов среднегодовое значение – 0,19...0,23 т/м³.

Другим важным параметром ТБО следует считать его удельную теплотворность, которая равна:

дерево, картон, бумага	2000...2500 Дж/кг·град
вода	4190 Дж/кг·град
стекло, камни	800...1000 Дж/кг·град
черный металл	400 Дж/кг·град

Удельная теплотворность ТБО зависит в основном от влажности и определяется по формуле: $C_{ТБО} 21,9\omega + 2000$, где ω — влажность ТБО в %.

ТБО обладают механической (структурной) связностью за счет волокнистых фракций (текстиль, проволока и т.д.) и сцепления, обусловленного наличием влажных липких компонентов. За счет связности ТБО обладают склонностью к сводообразованию и не просыпаются в неподвижную решетку с расстоянием между стержнями 20...30 см. ТБО могут налипать на металлическую стенку с углом наклона к горизонту до 65...70°. За счет наличия твердых балластных фракций (фарфор, стекло) ТБО обладают абразивностью — свойством истирать соприкасающиеся с ними взаимоперемещающиеся поверхности.

Таблица 5.2. Прессование при сборе, транспортировании и переработке ТБО

Способ прессования	Давление, кг/см ² (10 ⁵ Па)	Степень уплотнения
<i>При сборе</i>		
Прессование «сухих» отходов в учреждениях, торговых предприятиях	1...2	3...6
<i>При транспортировании</i>		
Прессование в мусоровозе	0,2...1	1,5...3
Прессование при перегрузке	0,3...0,6	2...2,5
<i>При переработке и захоронении</i>		
Изготовление крупных блоков для захоронения в море	50...300	10
Прессование на специальных прессах при захоронении на полигонах	50...100	8...10
Послойное уплотнение на полигонах	1	3...4

ТБО обладают слеживаемостью, т.е. при длительной неподвижности теряют сыпучесть и уплотняются (с возможностью выделения фильтрата) без всякого внешнего воздействия. ТБО при длительном контакте оказывают на металл коррозийное воздействие, что связано с высокой влажностью и наличием в фильтрате растворов различных солей.

При проектировании устройств для прессования ТБО необходимо знать компрессионную характеристику материала, т.е. зависимость степени уплотнения ТБО от давления. В табл. 5.2 приведены ориентировочные значения давлений, которые применяются при различных способах прессования ТБО.

В зависимости от нагрузки свойства ТБО меняются следующим образом. При повышении давления до 3...5 кг/см² (0,3...0,5 МПа) происходит ломка различного рода коробок и емкостей. Объем ТБО (в зависимости от его состава и влажности) уменьшается в 5...8 раз, а плотность возрастает до 0,8...1 т/м³. В пределах этой стадии работают прессовые устройства, применяемые при сборе и удалении ТБО.

При повышении давления до 100...200 кг/см (10...20 МПа) происходит интенсивное выделение влаги (выделяется до 80...90 % всей содержащейся в ТБО воды). Объем ТБО снижается еще в 2...2,5 раза при увеличении плотности в 1,3...1,7 раза. Спрессованный до такого состояния материал на некоторое время стабилизируется, так как содержащейся в материале влаги недостаточно для активной жизнедеятельности микроорганизмов. Доступ кислорода в массу затруднен.

В зависимости от первоначальной влажности и условий прессования выдавливание влаги начинается при давлении 2,5...10 кг/см², соответственно при влажности 53...39 %, что следует учитывать при разработке устройств для прессования ТБО. Однако при неподвижном положении ТБО фильтрат может начать выдавливаться и при значительно меньшем

давления, с чем приходится сталкиваться на мусороперерабатывающих предприятиях при использовании бункеров и при аварийных простоях перерабатывающего технологического оборудования.

5.2. Организация работ

Сбор и удаление бытовых отходов в городах и населенных пунктах осуществляются спецавтохозяйствами в сроки, предусмотренные санитарными правилами.

Отходы, образующиеся при строительстве, ремонте, реконструкции жилых и общественных зданий, объектов культурно-бытового назначения, а также административно-бытовых помещений промпредприятий, вывозят транспортом строительных организаций на специально выделенные участки. Неутилизируемые отходы промышленных предприятий вывозят транспортом этих предприятий на специальные сооружения или полигоны для их обезвреживания и захоронения.

Организация плано-регулярной системы и режим удаления бытовых отходов определяются на основании решений местных административных органов по представлению органов коммунального хозяйства и учреждений санитарно-эпидемиологического надзора (СЭН).

Система сбора и удаления бытовых отходов включает в себя: подготовку отходов к погрузке в собирающий мусоровозный транспорт;

организацию временного хранения отходов в домовладениях; сбор и вывоз бытовых отходов с территорий домовладений и организаций;

обезвреживание и утилизацию бытовых отходов.

Жилищный фонд городов и населенных пунктов подразделяется на благоустроенный (газ, центральное отопление, водопровод, канализация) и неблагоустроенный. Неблагоустроенный жилищный фонд подразделяется на коммунальный и фонд на правах личной собственности.

Условно можно принять, что города России, с учетом среднегодовых температур воздуха, расположены в трех климатических зонах (северная, средняя и южная), поэтому их особенности следует учитывать при выборе систем сбора, периодичности вывоза, санитарной обработки сборников и выполнении других мероприятий.

Периодичность удаления бытовых отходов выбирается с учетом сезонов года, климатической зоны, эпидемиологической обстановки, согласовывается с местными учреждениями санитарно-эпидемиологического надзора и утверждается решением местных административных органов.

Как правило, устанавливают следующие сроки удаления бытовых отходов:

- с территорий домовладений — не реже одного раза в три дня;
- с территорий домовладений с особым режимом или в южной зоне — ежедневно.

Таблица 5.3. Ориентировочный состав крупногабаритных отходов

Материал	Содержание, %	Составляющие
Дерево	60	Мебель, обрезки деревьев, доски, ящики, фанера
Бумага картон	6	Упаковочные материалы
Пластмасса,	4	Детские ванночки, тазы, линолеум, пленка
Керамика, стекло	15	Раковины, унитазы, листовое стекло
Металл	10	Холодильники, газовые плиты, стиральные машины, велосипеды, баки, радиаторы отопления, детали легковых машин, детские коляски
Резина, кожа, изделия из смешанных материалов	5	Шины, чемоданы, диваны, телевизоры

Периодичность санитарной обработки мусоросборников: для северной (летний период) и средней зон — один раз в 15 дней; для южной зоны — один раз в 10 дней.

По результатам проведенных в предыдущие годы замеров в Москве в среднем за год на 1 человека накапливается около 40 кг крупногабаритных отходов, которые по габаритам не помещаются в стандартные контейнеры вместимостью 0,75 м³ (табл. 5.3). Примерно 25 % от этого количества составляют обычные ТБО, имеющие линейные размеры до 250 мм и по какой-либо причине попавшие в бункер для крупногабаритных отходов.

Анализ состава крупногабаритных отходов показывает, что более половины по массе составляют предметы из дерева, а 80 % — легкогорюемые компоненты. Сбор крупногабаритных отходов производится в бункера-накопители вместимостью до 12 м³, которые устанавливают на специальной площадке, расположенной на территории домовладения. Площадка должна иметь твердое покрытие и находиться в непосредственной близости от проезжей части дороги. Ее располагают на расстоянии не менее 20 м от жилых домов и не далее 300 м от входных дверей обслуживаемых зданий. Вокруг площадки должны быть зеленые насаждения. Размер площадки выбирают с учетом габаритов бункера-накопителя и условий подъезда к нему автомобиля при его замене. Подъезд к площадке и сама площадка должны быть освещены.

5.3. Технические средства для сбора и удаления ТБО

Мусоропроводы. Вывоз крупногабаритных отходов производится по графику, согласованному с жилищной организацией и утвержденному транспортной организацией, осуществляющей их вывоз, а также

по заявкам жилищных организаций. Сжигать крупногабаритные отходы на территории домовладений запрещается. Число бункеров-накопителей, обслуживающих район, определяют с учетом нормы накопления, плотности крупногабаритных отходов, объема бункера и периодичности вывоза.

Мусоропровод с загрузочными люками в жилых зданиях располагают на площадках отопливаемых лестничных клеток или в поэтажных холлах; в общественных зданиях преимущественно в комнатах для обслуживающего персонала, помещениях для хранения инвентаря и других подсобных помещениях.

На промежуточных площадках лестничных клеток загрузочные люки следует размещать через этаж. В южной климатической зоне ствол мусоропровода может размещаться на неотапливаемых лестничных клетках и в наружных переходах. В северной климатической зоне ствол мусоропровода располагают в глубине здания. Расстояние от квартир или комнат общежития до ближайшего загрузочного люка не должно превышать 25 м. Ствол мусоропровода не должен сужать установленные нормами пути эвакуации людей и препятствовать открыванию и чистке окон, дверей переходных лоджий и т. п., а к его загрузочным клапанам должен быть обеспечен удобный освещенный подход.

Ствол мусоропровода должен удовлетворять следующим требованиям: ствол изготавливается из асбоцементных труб, все неподвижные соединения которого (стыки труб, крепления клапанов и т. д.) должны быть влагостойкими, дымо- и воздухо непроницаемыми;

в месте прохода каналов через кровлю должна быть обеспечена водонепроницаемость;

внутренняя поверхность ствола выполняется гладкой, без уступов, раковин, трещин и наплывов;

открыто расположенный ствол мусоропровода необходимо отделять от строительных конструкций звукоизолирующими упругими прокладками; изгиб ствола мусоропровода допускается не более 20° к вертикали;

выход ствола мусоропровода в мусороприемной камере должен обеспечивать возможность установки под ним стандартного контейнера;

ствол мусоропровода должен иметь эффективную систему вентиляции бункера с проходом воздуха по стволу из камеры;

вентиляционный канал ствола должен быть выполнен из негорючего материала и иметь гладкую внутреннюю поверхность.

Мусороприемная камера должна удовлетворять следующим техническим требованиям:

габариты и планировка камеры должны обеспечивать возможность установки и обслуживания необходимого количества мусоросборников;

камера должна иметь водопровод с краном диаметром 15 мм и шлангом для промывки мусоросборников и помещения камеры (при наличии в доме централизованного горячего водоснабжения иметь подвод горячей и холодной воды);

в полу камеры должен находиться приямок, оборудованный съемной решеткой, имеющий вместимость не менее 30 л;

в камере должны быть предусмотрены раковина с задвижкой на отводной трубе, а также ручной насос для перекачки воды из приямка в канализацию;

дверь камеры с внутренней стороны должна быть обита листовой сталью, иметь по контуру плотный притвор и запорное устройство и открываться в сторону улицы;

ширина дверного проема должна быть достаточной для провоза контейнера;

мусороприемная камера должна иметь искусственное освещение с установкой светильника в пыленепроницаемом и влагозащитном исполнении; температура воздуха в камере должна быть не менее +5°С;

ограждающие конструкции мусороприемной камеры должны быть дымо- и воздухо непроницаемыми и негорючими с пределом огнестойкости не менее 1ч;

камера должна быть обеспечена подъездом для мусоровозного транспорта и удобным подвозом контейнеров (выносом мусоросборника вместимостью до 100 л) к месту остановки мусоровозного транспорта и иметь самостоятельный вход, изолированный глухими стенами от рядов расположенных окон и входов в лестничную клетку;

мусороприемные камеры не должны граничить с жилыми помещениями;

камера должна быть обеспечена естественной вытяжной вентиляцией, осуществляемой через ствол мусоропровода.

Работа по обслуживанию системы мусороудаления в жилых зданиях включает в себя: профилактический осмотр; ежедневное удаление ТБО из мусороприемных камер; уборку (мойку) загрузочных люков и бункеров (контейнеров); устранение засоров, периодическую дезинфекцию.

Планово-предупредительный текущий ремонт мусоропроводов и мусороприемных камер осуществляют один раз в 5 лет, а капитальный — один раз в 9 лет. При работе в мусороприемной камере следует закрывать специальную заслонку (шибер) в нижней части мусоропровода.

При использовании переносных мусоросборников в камере должно находиться такое их количество, которое обеспечит прием отходов между сроками их вывоза. Заполненный мусоросборник следует своевременно заменять, плотно закрывая его крышкой. Применение лебедки, тельфера и других механизмов для подъема мусоросборников и их кантования при уборке и мойке допускается при соблюдении требований техники безопасности.

Стационарный бункер мусороприемной камеры регулярно освобождают от отходов, пересыпая их в переносные мусоросборники. Мусороприемные камеры должны содержаться в чистоте, а после удаления отходов промываться. Помещение камеры и ее оборудование, а также мусоропровод и мусоросборники периодически подвергают дезинфекции

Таблица 5.4. Технические характеристики отечественных металлических сборников для ТБО

Показатель	По ГОСТ 12917-78			По ГОСТ 26257-84	
Вместимость, м ³	0,1	0,55	0,75	0,3	0,6
Масса, кг	21	90	105	82	118
Размеры, мм					
длина	550	980	980	900	900
ширина	600	950	950	480	900
высота	890	875	1 155	1 100	1 100
Диаметр колес, мм	—	—	—	180	180

и дератизации (борьба с грызунами) службой санэпиднадзора с участием рабочих по обслуживанию мусоропроводов.

Сборники для ТБО. В отечественной практике применяются металлические сборники (контейнеры) твердых бытовых отходов вместимости от 0,1 до 0,75 м³. Контейнеры вместимостью 0,1, 0,55 и 0,75 м³ — стационарные. Контейнеры вместимостью 0,3; 0,6 м³ снабжены колесами (рис. 5.1). Контейнеры на колесах могут устанавливаться под каналом мусоропровода. Технические характеристики отечественных металлических сборников для ТБО приведены в табл. 5.4.

За рубежом наибольшее распространение получили пластмассовые мусоросборники вместимостью 120 и 240 л. Такие контейнеры изготавливаются, главным образом, из полиэтилена высокого давления. Срок их службы — 8 лет. Мусоросборники вместимостью 1 100 л изготавливаются из стального оцинкованного листа, с колесами рояльного типа диаметром 200 мм, с тормозным устройством на колеса и запираемой крышкой контейнера (рис. 5.2). Срок службы такого контейнера — 20 лет.

Контейнеры для сбора твердых бытовых отходов необходимо периодически промывать и дезинфицировать.

Площадки под контейнеры должны быть удалены от жилых домов, детских учреждений, мест отдыха населения и т.п. на расстояние не менее 20 м, но не более 100 м. Они должны иметь ровное асфальтовое или

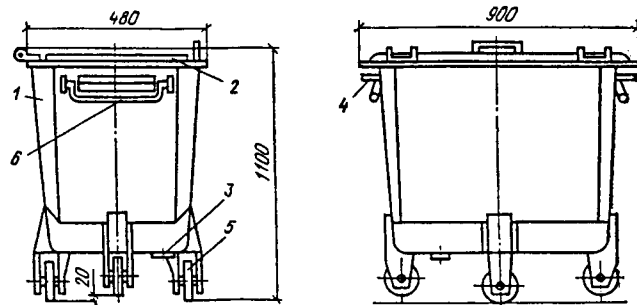
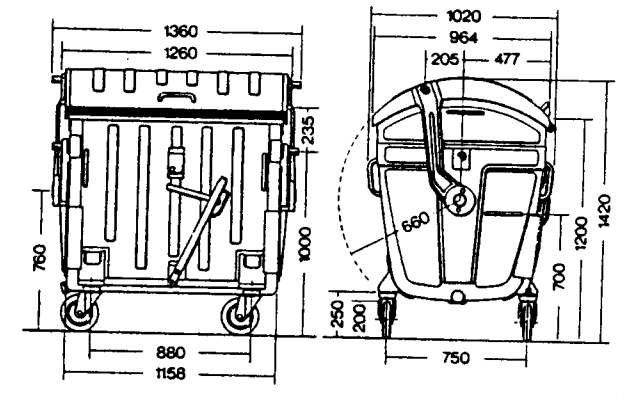
Рис. 5.1. Контейнер вместимостью 0,3 м³

Рис 5.2. Контейнер вместимостью 1100 л

бетонное покрытие с уклоном в сторону проезжей части 0,02 %, ограждены зелеными насаждениями (для создания живой изгороди вокруг контейнерных площадок могут быть использованы декоративные кустарники: смородина золотистая, айва японская, барбарис обыкновенный, боярышник, жасмин и др.) или иметь какое-либо другое ограждение (кирпичное, сетчатое, бетонное и т.п.).

5.4. Машины для сбора и вывоза ТБО

Машины для сбора и вывоза ТБО различаются по грузоподъемности, по способу загрузки, по наличию или отсутствию уплотняющего устройства и по характеру движения уплотняющего устройства (рис. 5.3).

К машинам без механизма уплотнения мусора относятся мусоровозы кузовные и для перевозки контейнеров. На рис. 5.4 показан мусоровоз контейнерного типа. Погрузка и выгрузка контейнеров выполняются с помощью погрузочно-разгрузочных механизмов гидравлического типа, расположенных на машине.

Специальное оборудование машины смонтировано на автомобильном шасси 9 и состоит из гидравлического стрелового крана 1, двух опрокидывающихся платформ 3, сменных контейнеров 2, фиксаторов 4, выносных пультов управления 5, 6, 7 и гидравлического привода 8.

Контейнеры с мусором с помощью самозажимного захвата устанавливаются краном 1 на платформу мусоровоза, с которой предварительно были сгружены порожние контейнеры. На платформах сварной конструкции размещается восемь контейнеров. Заполненные контейнеры мусоровоз транспортирует к местам утилизации или обезвреживания мусора. Выгрузка мусора производится опрокидыванием контейнеров с открытыми крышками. Наклон контейнеров осуществляется при подъеме краном опрокидных платформ, на которых контейнеры закрепляются замками.

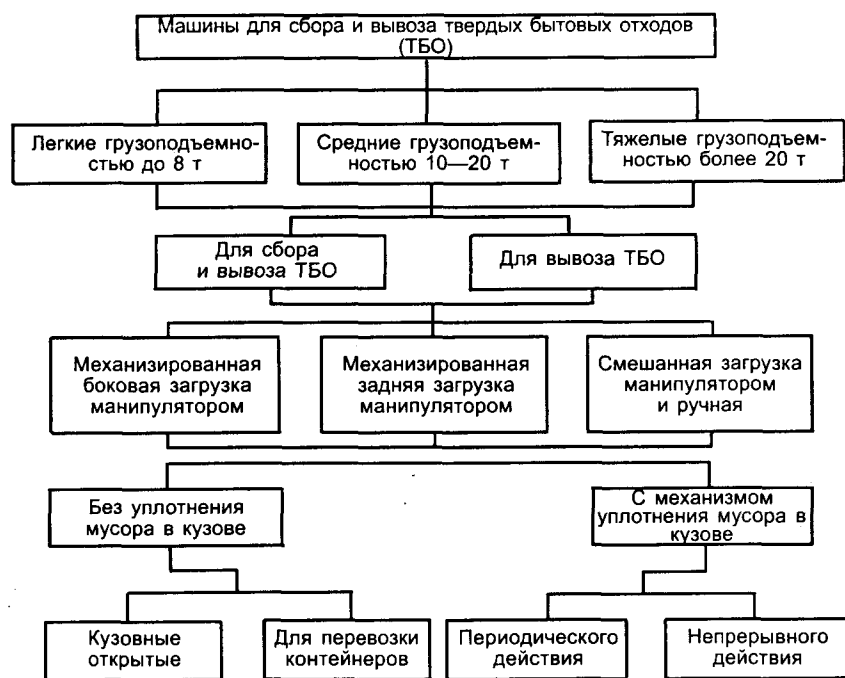


Рис. 5.3. Классификация машин для сбора и вывоза ТБО

Гидравлический привод (рис. 5.5) мусоровоза состоит из масляного насоса 10, приводимого в действие от коробки отбора мощности, маслобака 11, гидрораспределителя 3, гидроцилиндра поворота крана 9, гидроцилиндра подъема 8, гидроцилиндра стрелы 6, гидроцилиндров стабилизации рессор 7 и системы трубопроводов.

Давление масла в гидросистеме создается масляным насосом. Масло в насос поступает из маслобака, установленного на платформе за кабиной. Насос подает масло в гидрораспределитель, а от него по трубопроводам — в гидроцилиндры. На магистрали гидроцилиндра поворота крана установлены дроссели 5, ограничивающие скорость поворота крана. Гидроцилиндры подъема стрелы и стабилизации рессор работают от одной секции гидрораспределителя.

Переключение потока масла в гидроцилиндр подъема стрелы или гидроцилиндры стабилизации рессор осуществляется с помощью двухпозиционного крана ручного управления 4, расположенного с левой стороны кабины. Для очистки масла на сливной магистрали имеется масляный фильтр 1, а для контроля давления масла в кабине установлен манометр 2.

Давление в гидросистеме ограничивается предохранительным клапаном 12, отрегулированным на давление 10 ± 1 МПа.

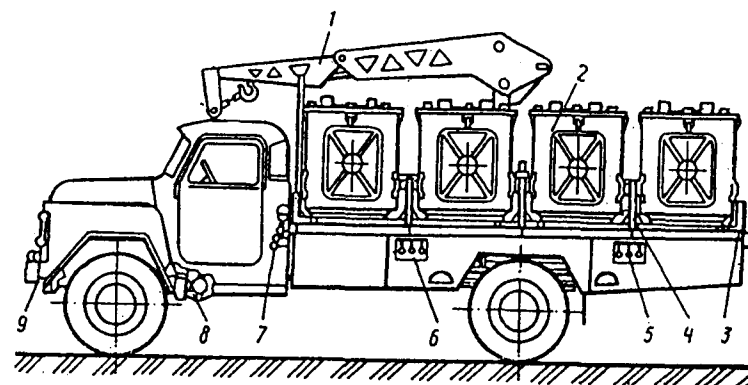


Рис. 5.4. Контейнерный мусоровоз

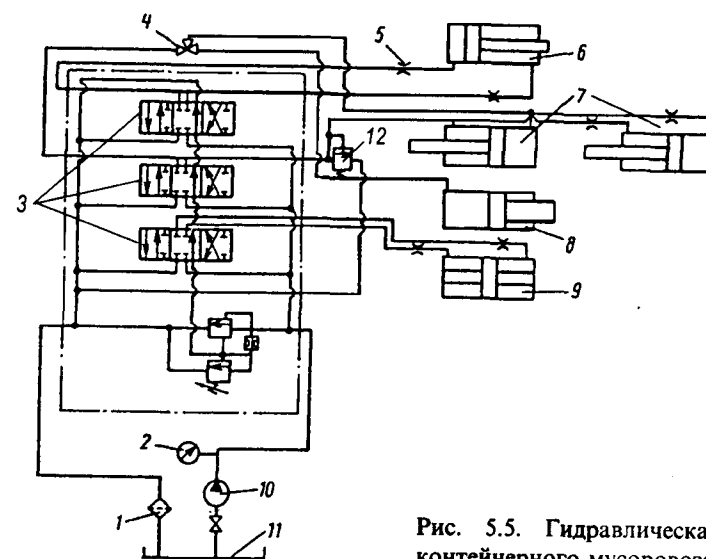


Рис. 5.5. Гидравлическая схема контейнерного мусоровоза

При повороте опрокидных рам в момент разгрузки контейнеров, а также при работе крана во время погрузки груженных контейнеров для устранения деформации рессор и рамы автомобиля и для обеспечения его устойчивости на задней подвеске установлен механизм стабилизации рессор.

Механизм стабилизации состоит из двух гидроцилиндров, расположенных с правой и левой сторон автомобиля и установленных на кронштейнах основания платформы. При подаче масла в верхнюю полость гидроцилиндра поршень со штоком опускается вниз. При этом шток своим торцом упирается в накладку задней рессоры и стабилизирует ее. При поступлении масла в нижнюю полость гидроцилиндра шток воз-

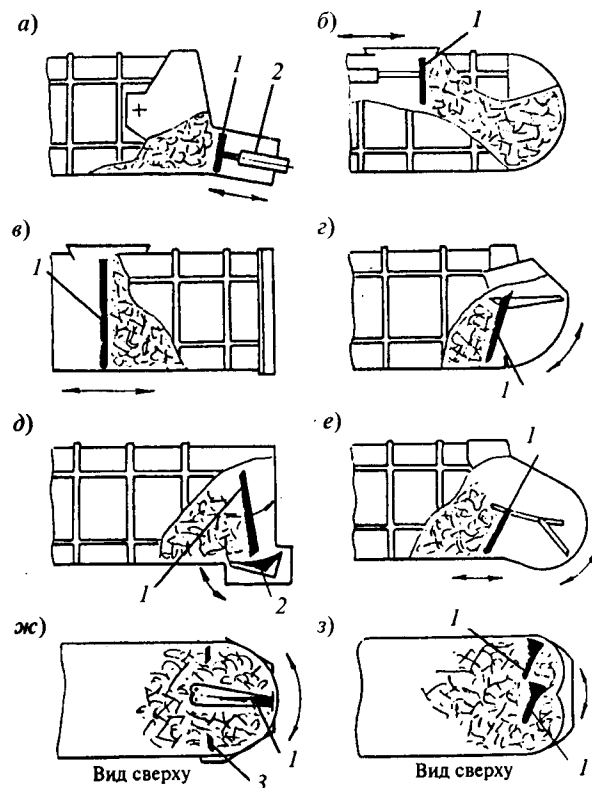


Рис. 5.6. Схемы уплотнителей циклического действия

вращается в верхнее первоначальное положение (стабилизация рессор выключена). Оба гидроцилиндра (левый и правый) работают одновременно, т.к. подключены к гидрораспределителю параллельно.

Так как средняя плотность мусора незначительна ($0,12...0,25 \text{ т/м}^3$), то для улучшения использования мусоровозов мусор уплотняют специальными устройствами (см. табл. 5.2). Последние подразделяются на устройства периодического и непрерывного действия. Во-первых, мусор уплотняется при помощи толкающих или качающихся уплотнительных плит, а также опрокидыванием кузова с мусором (рис. 5.6). Во-вторых, мусор уплотняется шнеками, скребковыми транспортерами или непрерывным вращением кузова с лопастями (рис. 5.7).

Загрузочные устройства в мусоровозах могут располагаться сзади, спереди, на крыше и сбоку кузова. На некоторых мусоровозах устанавливают дополнительные люки для погрузки крупногабаритных предметов.

Загрузочно-уплотнительное устройство, работающее по принципу поступательно-движущейся плиты (рис. 5.6 а) применяют в легких мусоровозных машинах грузоподъемностью до 8 т. Загрузочный бункер

машин располагается в задней части кузова и плита 1 наклонена под небольшим углом к горизонтальной поверхности. Наклон обеспечивает уменьшение высоты погрузки и улучшает заполнение кузова.

Однако при отводе плиты в исходное положение с помощью гидроцилиндра 2 наблюдается сползание отходов из кузова в загрузочный бункер. Это приводит к необходимости устанавливать специальный отсекающий, работающий синхронно с уплотняющей плитой. Достоинство схемы — в простоте конструкции. Ограниченность применения рассмотренной конструкции объясняется невысоким коэффициентом уплотнения мусора в кузове (не более 1,8).

На схеме, показанной на рис. 5.6 б, уплотняющая плита 1, расположенная в верхней части кузова, обеспечивает заполнение и уплотнение отходов выдавливанием их к центральной части кузова. В схеме на рис. 5.6 в плита 1 располагается практически по всему поперечному сечению кузова и выполняет одновременно функции выталкивающей плиты при разгрузке. Такие конструкции обеспечивают невысокую степень уплотнения отходов и имеют большую высоту погрузки, что требует применения сложных устройств для захвата и опорожнения контейнеров.

Загрузочные механизмы с качающейся плитой нашли большое распространение в мусоровозных машинах средней грузоподъемности (11...15 т). При сравнении с первыми тремя конструкциями, схема, показанная на рис. 5.6 г, имеет более высокие динамические показатели, что позволяет при загрузке кузова подвергать отходы значительному уплотнению. В процессе работы отходы загружаются в ковш, который находится в опущенном состоянии. Плита 1 подпирает объем отходов, находящихся в кузове. При подъеме заполненного ковша одновременно с ним поднимается уплотняющая плита. Рабочий ход совершается в обратном направлении. Отходы из ковша перемещаются в кузов и, встречая сопротивление находящихся там слоев, уплотняются.

На рис. 5.6 д показана разновидность этой схемы. Уплотнитель выполнен в виде двух качающихся плит. Нижняя плита 2 выполняет роль загрузочного ковша и обеспечивает предуплотнение. Недостатком этих схем является значительный вес специального оборудования, приходящийся на заднюю ось базового шасси.

Развитие механизмов с качающейся плитой привело к появлению новой конструкции плиты, совершающей в бункере сложное плоскопараллельное перемещение. Сложное движение плиты 1 позволяет полностью реализовать преимущества предыдущей схемы и производить загрузку крупногабаритных отходов (рис. 5.6 е). При загрузке в бункер плита подпирает находящиеся в кузове отходы. Далее уплотняющая плита перемещается к загрузочному проему бункера, одновременно поворачиваясь. Перемещение отходов производится обратным ходом плиты. Изменение угла наклона уплотнителя способствует лучшему заполнению кузова.

Схема устройства с плитой в виде двухплечего рычага 1, вращающейся в наклонном бункере, показана на рис. 5.6 ж. Отходы в бункере

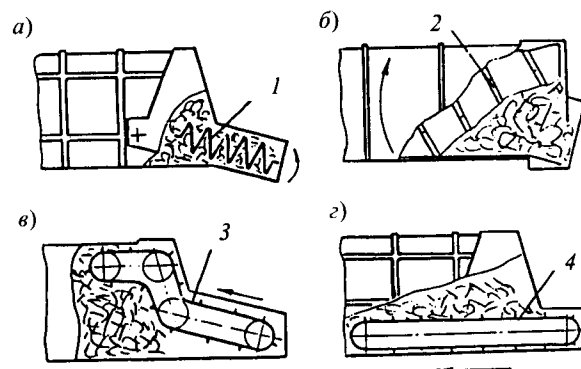


Рис. 5.7. Схемы уплотнителей непрерывного действия

перемещаются в кузов отдельными порциями плитой, поворачивающейся в бункере на 180° . Уплотнитель имеет высокий коэффициент уплотнения отходов. Частичное дробление специальными устройствами 3 и большое уплотнение отходов обеспечиваются значительными удельными давлениями на загрузочной плите (до 0,3 МПа).

Схемой, аналогичной рассмотренной, является конструкция с двумя вращающимися плитами 1 (рис. 5.7 з). Здесь снижение бокового распора отходов компенсируется повышенным уплотнением мусора в центральной части кузова.

Меньшее распространение получили конструкции непрерывного действия (см. рис. 5.7).

Шнековый загрузочно-уплотнительный механизм показан на рис. 5.7 а. Недостатком конструкции является низкий коэффициент заполнения кузова и повышенный износ шнека 1.

На рис. 5.7 б показан принцип работы машины, кузов которой представляет собой полый вращающийся барабан, оснащенный спиральными лопастями 2 на внутренней поверхности. Загрузка производится через задний проем, а перемещение отходов и их уплотнение — вращением барабана. Отходы в этом случае частично измельчаются, что приводит к увеличению степени уплотнения. Сложность привода оборудования, а также значительный износ внутренней поверхности барабана и лопастей ограничивают распространение машин этого типа.

Уплотнители, представляющие собой скребковый транспортер 3 (рис. 5.7 в) и подвижный пол 4 (рис. 5.7 г), не получили практического применения. Не используются также машины с двухсторонним опрокидыванием кузова, в которых уплотнение отходов осуществляется за счет сил гравитации путем переворота кузова в вертикальное положение. На (рис. 5.8 а) показан кузовной мусоровоз с манипулятором. Специальное оборудование мусоровоза смонтировано на автомобильном шасси 1 и состоит из кузова 7 с толкающей плитой 9, манипулятора 8, механизма опрокидывания кузова 4, пульта управления рабочими органами 5, гид-

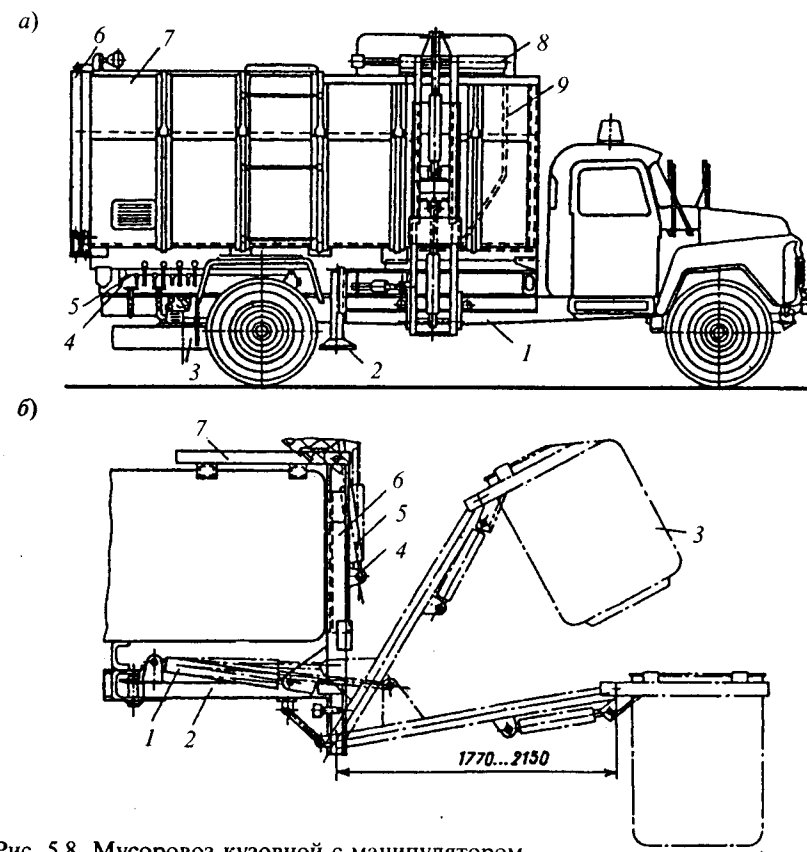


Рис. 5.8. Мусоровоз кузовной с манипулятором

равлической системы и механизма установки запасного колеса 3. Машина снабжена гидродомкратом 2, расположенным у правого заднего колеса шасси.

Кузов сзади закрыт крышкой 6, а спереди — толкающей плитой. На толкающей плите в направляющих закреплен разравниватель мусора. В передней части кузова расположено загрузочное отверстие, которое в транспортном положении закрыто крышкой.

Выгруз твердых бытовых отходов из стандартного контейнера и загрузка их в мусоровоз производится при помощи манипулятора через люк в крышке кузова. Манипулятором осуществляется захват, подъем, опрокидывание, встряхивание и установка контейнера на место. Манипулятор (рис. 5.8 б) состоит из подвижной рамы 2, стрелы 6, каретки 4, захвата 7 и гидроцилиндров 1, 5, осуществляющих все необходимые движения манипулятора. Подвижная рама, на которой смонтирована стрела манипулятора, одним концом шарнирно закреплена на надрамнике под кузовом, а вторым установлена на роликах в направляющих, прива-

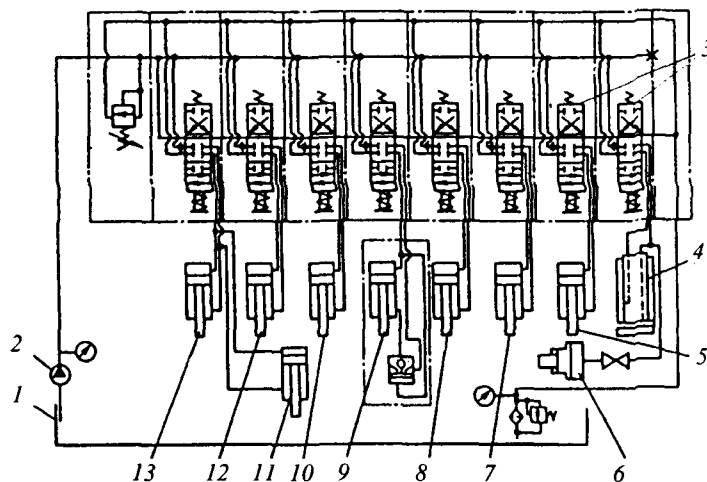


Рис. 5.9. Гидравлическая схема мусоровоза

ренных к надрамнику сбоку кузова. Такая конструкция позволяет раме с помощью гидроцилиндра перемещаться по направляющим вдоль кузова. На подвижной раме шарнирно закреплена стрела, которая с помощью гидроцилиндра может быть поднята или опущена. Грузоподъемность манипулятора составляет 500...600 кг.

Внутри стрелы манипулятора гидроцилиндром перемещается каретка, удлиняя или уменьшая ее вылет при надвиге захвата на контейнер. Захват представляет собой специальную рамку, состоящую из подвижной и неподвижной лап. Для захвата контейнера 3 лапами необходимо повернуть их на 90°, а затем осуществить маневрирование манипулятором, т.е. наклон, перемещение и изменение вылета, а после выставления манипулятора на уровень контейнера произвести захват контейнера передвигением подвижной лапы к неподвижной. Для предотвращения самопроизвольного опускания манипулятора в конструкцию гидроцилиндра наклона стрелы введен обратный клапан с гидроуправлением (гидрозамок).

Распределение мусора по ширине кузова для равномерного заполнения производится разравнивателем, который перемещается гидроцилиндром вдоль толкающей плиты. Уплотняет мусор толкающая плита, перемещая его к задней крышке, которая фиксируется откидными зажимами.

Мусор выгружается из мусоровоза опрокидыванием кузова с помощью гидроподъемника — телескопического гидроцилиндра одностороннего действия. Гидроцилиндр шарнирно закреплен одним концом на надрамнике, а вторым — на основании кузова. После выгрузки кузов и задняя крышка возвращаются в исходное положение под действием собственной массы.

Гидравлическая схема мусоровоза (рис. 5.9) состоит из маслобака 1, гидронасоса 2, гидрораспределителей 3 и гидроцилиндров: толкающей

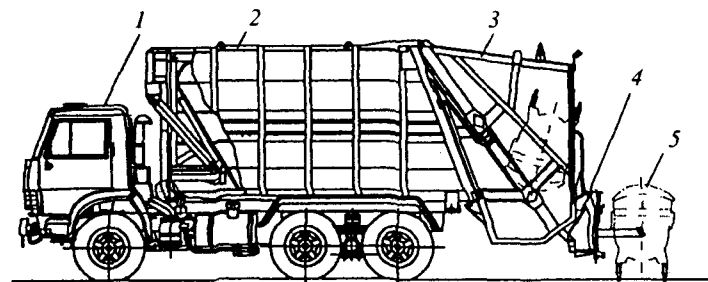


Рис. 5.10. Мусоровоз с уплотняющим механизмом в виде качающейся плиты

плиты 4, разравнивателя 5, подъемника 6, захвата контейнера 7, перемещения манипулятора 8, наклона манипулятора 9, опрокидывания контейнера 10, крышки загрузочного люка 11, каретки 12, домкрата 13.

Кроме этого в состав гидравлической схемы входят предохранительные клапаны, фильтр, арматура и трубопровод, предназначенные для подачи рабочей жидкости к исполнительным механизмам.

Насос гидросистемы приводится в действия от коробки отбора мощности, установленной на коробке перемены передач автомобиля. Рычаг включения насоса расположен в кабине. Пульт управления рабочими органами размещен с правой стороны мусоровоза.

На рис. 5.10 показан мусоровоз с уплотняющим механизмом в виде качающейся плиты. На базовое шасси грузового автомобиля 1 смонтировано рабочее оборудование, осуществляющее загрузку отходов в кузов 2, перемещение и уплотнение их внутри кузова и выгрузку в местах складирования.

Мусор из контейнера 5 манипулятором 4 подается в приемную ванну заднего борта 3 и перемещается в уплотнительный отсек кузова уплотняющим механизмом «Эко-пресс», схема работы которого дана на рис. 5.11.

Подающая плита (каретка) 3 находится в верхнем положении, а прессующая плита (нож) 4 закрыта и повернута вниз. В этом положении производится разгрузка контейнеров с мусором. Для загрузки мусора прессующую плиту поднимают вверх и приемный бункер 5 открывают. Предварительное прессование — подающая плита опускается вниз, за-

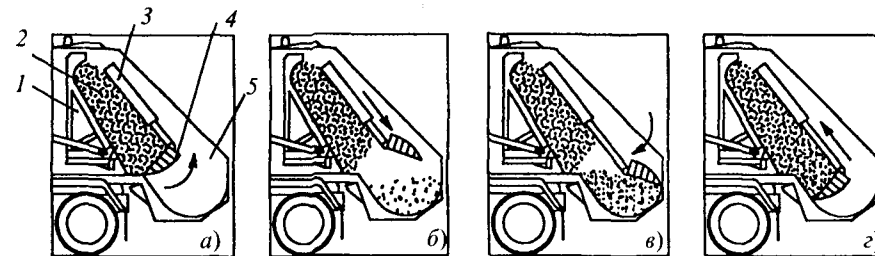


Рис. 5.11. Схема работы уплотняющего оборудования типа «Эко-пресс»

Таблица 5.5. Краткая техническая характеристика отечественных мусоровозов

Модель	Базовое шасси	Объем кузова, м ³	Масса вывозимых ТБО, кг	Коэффициент уплотнения
КО-413	ГАЗ-3307	7,5	3 500	1,8—2,2
КО-413-3	ГАЗ-3309	7,5	3 500	1,8—2,2
КО-413-4	ГАЗ-3307, (ГАЗ-4301)	8,0	3 300	1,8—2,2
КО-413-5	ГАЗ-3307, (ГАЗ-4301)	8,0	3 200	1,8—2,2
КО-33М	ГАЗ-3307, (ГАЗ-3309)	7,5	3 300	1,8—2,2
КО-50/КО431	ЗИЛ-433362	10,0	5 000	1,8—2,2
КО-429	ЗИЛ-133Д4	20,0	8 100	1,8—2,2
КО-415	КамАЗ-53213	22,5	9 100	1,8—2,2
КО-415А	КамАЗ-53213	23,0	9 100	1,8—2,2
КО-424	ЗИЛ-433362	7,5	29 00	1,8—2,2
КО-427	КамАЗ-53213	16,0	8 250	1,8—2,2
КО-427-01	КамАЗ-53213-076	18,0	11 200	1,8—2,2
КО-430	ЗИЛ-133Д4	14,0	7 035	1,8—2,2
КО-431	ЗИЛ-433362	10,0	5 500	1,8—2,2
МКЗ-10	ЗИЛ-433362	10,0	4 500	1,8—2,2
МКЗ-40	КамАЗ-53213	19,0	8 050	2,2—2,8
	КамАЗ-53229	19,0	11 100	2,2—3,5
МКГ	ГАЗ-3307	8,2	3 100	1,8—2,2
	ГАЗ-4501	8,2	2 400	1,8—2,2
МКМ-111	ГАЗ-3307	8,9	2 875	1,8—2,2
	ГАЗ-3309	8,0	2 175	1,8—2,5
МКМ-2	ЗИЛ-433362	9,6	4 700	1,8—2,2
МКМ-25	ЗИЛ-133Д4	18,0	8 250	1,9—2,5
МКМ-35	МАЗ-5337	18,0	7 625	1,9—2,5
МКМ-45	КамАЗ-53213	20,6	9 000	1,9—2,5
МС-91	КамАЗ-54213	22,5	9 100	1,8—2,2

тем прессующая плита поворачивается и уплотняет мусор, находящийся в бункере. Основное прессование — подающая плита перемещается вверх, уплотняя мусор между поверхностью ножа и выталкивающей плитой 1; выталкивающая плита создает противодействие мусору, поступающему в уплотнительный отсек 2. Описанные перемещения подающей 3 и прессующей 4 плит происходят в автоматическом режиме. Выталкивающая плита отходит под действием уплотняющего мусора, освобождая пространство для очередной порции мусора.

Такое перемещение выталкивающей плиты к передней части кузова происходит до ее конечного положения. При этом кузов заполняется уплотненным мусором равномерно по всему объему.

В табл. 5.5 приведены основные технические характеристики отечественных мусоровозов.

За рубежом ряд известных фирм выпускают мусоровозы, отличающиеся большим диапазоном вместимости кузова, разнообразием погруз-

Таблица 5.6. Краткие технические характеристики мусоровозов фирмы «Faun» модели «Variopress»

Тип кузова	10/211	16/211	18/211	20/211	23/211	26/211
Объем кузова, м ³	10	16	18	20	23	26
Габариты кузова, мм:						
длина	5 405	5 975	6 455	6 855	7 455	7 455
ширина	2 000	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
высота	2 410	2 410	2 410	2 400	2 400	2 410
Масса кузова	5 250	5 550	5 800	6 000	6 300	6 600

очных и уплотняющих устройств. В Германии эксплуатируются мусоровозы фирм «Faun», «Haller», Schoring», «Scheele» и др., в Австрии фирмы «MYT», в Швеции фирмы «Norba». Мусоровозы могут обслуживать мусоросборники различной вместимости (80, 120, 240 л) и контейнеры вместимостью до 5,0 м³.

Последние годы в ряде регионов России нашли применение мусоровозы с кузовом фирмы «Faun» на шасси КамАЗ. К достоинству этих мусоровозов относится универсальность, (они могут принимать крупногабаритные отходы, отходы из мусоросборников вместимостью 0,8 и 1,1 м³), а также контейнеры вместимостью до 4,4 м³. Кузова мусоровозов имеют широкий диапазон вместимости от 8 до 26 м³. Мусоровозы малой вместимости 8—10 м³ могут эффективно использоваться в малоэтажной застройке, на узких проездах, в парках и др. труднодоступных местах. В табл. 5.6 приведены технические характеристики мусоровозов фирмы «Faun» модели «Variopress».

Для вывоза крупногабаритных отходов (утилизированные холодильники, телевизоры, мебель, отходы после ремонта квартир и т.д.) применяются специальные машины со съемными кузовами (контейнерами). Показанный на рис. 5.12 мусоровоз (система «мультилифт») осуществляет механизированную погрузку контейнера с крупногабаритными отходами на себя (рис. 5.12 а, б), транспортирование его к месту утилизации (рис. 5.12, в), выгрузку из контейнера самосвальным способом (рис. 5.12, г) и механизированное снятие контейнера с машины. В зависимости от базовой грузовой машины вместимость контейнеров составляет от 6 до 27 м³.

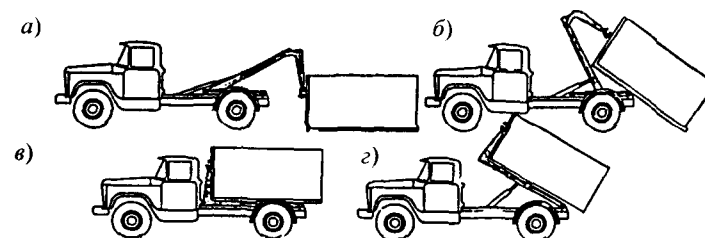


Рис. 5.12. Машина со сменными кузовными контейнерами

Для обеспечения нормальной работы собирающих мусоровозов необходимо иметь развитую сеть проездов к контейнерным площадкам с несущей способностью дорожного покрытия, обеспечивающего проезд техники с нагрузкой на ось не менее 13 т.

Выбор базового автомобиля под мусоровоз осуществляется в основном по критерию грузоподъемности, которая определяет максимальную величину полезной нагрузки с учетом массы спецоборудования и соответствующий ей полезный объем кузова. Полезная грузоподъемность G_n находится как разность между полной грузоподъемностью и массой спецоборудования:

$$G_n = G_{cp} - G_c, \quad (5.1)$$

где G_{cp} — полная грузоподъемность шасси спецавтомобиля; G_c — масса спецоборудования;

$$G_{cp} = G_n + G_c = G_n (1 + G_{уд.с}), \quad (5.2)$$

$G_{уд.с}$ — удельная масса спецоборудования на единицу массы перевозимых твердых отходов: $G_{уд.с} = G_c/G_n \rightarrow \min$.

Масса спецоборудования G_c обычно складывается из массы кузова с задним бортом и вспомогательными металлоконструкциями, загрузочного, уплотняющего и разгружающего устройств, выносных опор (при их наличии), элементов систем привода и управления рабочими органами. Величина массы спецоборудования определяется полезным объемом кузова, сложностью конструкции уплотняющего устройства, мощностью его привода, что, в свою очередь, влияет на степень уплотнения твердых отходов, зависящей от усилий на рабочих органах, конструкцией систем загрузки и разгрузки кузова, используемыми конструкционными материалами и т.п.

При наличии системы принудительной разгрузки твердых отходов посредством выталкивающей плиты масса спецоборудования увеличивается по сравнению с самосвальной или полупринудительной нагрузкой на 0,8—1 т и более однако на большегрузных спецавтомобилях с объемом кузова $V_k > 10 \text{ м}^3$ принудительный способ разгрузки является единственно возможным, обеспечивающим достаточно малое время разгрузки, а также исключая заклинивание твердых отходов внутри кузова.

Перспективным направлением является снижение массы спецоборудования за счет использования в конструкции кузова и рабочих органов легких материалов, например, алюминиевых сплавов и пластмасс, что положительно сказывается на коррозионной стойкости конструкции, а также использование при проектировании металлоконструкций и рабочих органов методов расчета по предельным состояниям, определяемым несущей способностью и развитием опасных деформаций.

Таким образом, полезная грузоподъемность спецавтомобиля определяется зависимостью:

$$G_n = \frac{G_{cp}}{1 + G_{уд.с}} \rightarrow \max. \quad (5.3)$$

Полезный объем кузова спецавтомобиля

$$V_k = \frac{G_n}{\gamma K_{упл} K_{нап}} \rightarrow \max, \quad (5.4)$$

где γ — объемная масса неуплотненных твердых отходов (для эксплуатационных условий Москвы $\gamma = 0,16 \dots 0,23 \text{ т/м}^3$); $K_{упл}$ — коэффициент уплотнения твердых отходов внутри кузова; для контейнерных спецавтомобилей и машин для перевозки пищевых отходов $K_{упл} = 1$; $K_{нап}$ — коэффициент наполнения кузова уплотненными твердыми отходами, учитывающий наличие пустот в верхней части загруженного кузова и неравномерность уплотнения твердых отходов внутри объема кузова, ($K_{нап} = 0,9$).

Полный объем кузова спецавтомобиля

$$V_n = V_k \cdot K_v, \quad (5.5)$$

где K_v — коэффициент использования объема кузова, учитывающий непроизводительные объемы, занимаемые загрузочным ковшом, системами уплотнения и разгрузки, а также вспомогательными механизмами.

Наряду с грузоподъемностью, критериями выбора базового автомобиля и оценки конструкции спецавтомобиля являются радиус поворота и габаритные размеры.

При загрузке кузова спецавтомобиля твердые отходы перемещаются из контейнеров внутрь кузова посредством загрузочного устройства и уплотняются. Основным интегральным параметром процесса и системы уплотнения твердых отходов и всего спецавтомобиля в целом является коэффициент уплотнения, который определяется зависимостью:

$$K_{упл} = \frac{\gamma_{упл}}{\gamma} \rightarrow \max, \quad (5.6)$$

где $\gamma_{упл}$ — объемная масса уплотненных твердых отходов.

Коэффициент уплотнения зависит от геометрии кузова, геометрии, кинематики и динамики механизмов загрузки и уплотнения твердых отходов, физико-механических характеристик отходов. Существующая тенденция гиперболического уменьшения объемной массы насыпных твердых отходов во времени вследствие роста содержания бумаги и упаковочной тары приводит к постепенному увеличению коэффициента уплотнения независимо от совершенства конструкции системы уплотнения и удельного давления на отходы при уплотнении. По этой же причине коэффициент уплотнения, который указывается в технических характеристиках ряда зарубежных машин, может быть выше величины коэффициента уплотнения отечественных спецавтомобилей, что свидетельствует, как правило, не о более совершенной конструкции зарубежных ма-

шин, а о том, что сравнение проводится для различного фона эксплуатации. Сравнительный анализ эффективности отечественных и зарубежных спецавтомобилей, проводимый в одинаковых условиях работы, показывает одинаковую или даже более высокую эффективность отечественных уплотняющих устройств.

Коэффициент уплотнения твердых отходов параболически зависит от удельного давления p на уплотняющей плите. В общем виде данная параболическая зависимость описывается уравнением

$$K_{упл} = A \cdot p^n, \quad (5.7)$$

где A , n — постоянные коэффициенты, зависящие от диапазона давлений на уплотняющей плите, физико-механических характеристик твердых отходов и т.п.

Исследования, проведенные в Академии коммунального хозяйства [18], показали следующие виды зависимостей для коэффициента уплотнения:

$$\text{при давлении на уплотняющей плите } p \leq 0,04 \text{ МПа:} \quad (5.8)$$

$$K_{упл} = 4,29p^{0,21};$$

$$\text{при давлении на уплотняющей плите } p = 0,03 \dots 0,12 \text{ МПа:} \quad (5.9)$$

$$K_{упл} = 5,48p^{0,263}.$$

Таким образом, с увеличением диапазона давлений на уплотняющей плите следует ожидать дальнейшего роста величин коэффициентов A и n . Для современных спецавтомобилей характерна величина коэффициента уплотнения твердых отходов:

$$K_{упл} = 2,5 \dots 5.$$

Решающими критериями выбора варианта конструкции загрузочного устройства спецавтомобилей являются устойчивость машины, время цикла и трудоемкость загрузки, надежность загрузочного устройства, качество его работы. Важным показателем качества работы загрузочного устройства кузовных спецавтомобилей может служить коэффициент просыпания отходов:

$$K_{пр} = \frac{V_{кон} - (V_{загр} + V_{ост})}{V_{кон}} \rightarrow \min \quad (5.10)$$

и коэффициент полноты разгрузки контейнеров:

$$K_{раз} = \frac{V_{кон} - V_{ост}}{V_{кон}} \rightarrow \max, \quad (5.11)$$

где $V_{кон}$ — начальный объем твердых отходов в контейнере; $V_{загр}$ — объем твердых отходов, поступивший в загрузочный бункер при опорожнении контейнера; $V_{ост}$ — остаточный объем твердых отходов в контейнере после его опорожнения.

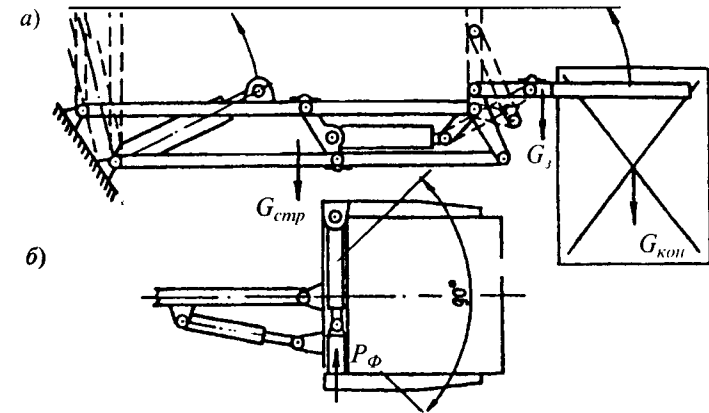


Рис. 5.13. Упрощенная расчетная схема манипулятора: а — механизм поворота в вертикальной плоскости; б — механизм фиксации и поворота в горизонтальной плоскости

Величина указанных коэффициентов существенным образом зависит от конструкции, кинематики и динамики загрузочного устройства. Наихудшие показатели имеет крановое оборудование с гибкой и жесткой подвеской контейнеров, наилучшие — гидравлические манипуляторы и подъемники-кантователи, которые обеспечивают опрокидывание контейнеров точно над окном загрузочного бункера, что позволяет избежать просыпания отходов на дорожное покрытие и элементы конструкции спецавтомобиля (крышу кузова, задний борт и т.п.). Кроме того, возможно использование различного рода предохранительных жестких и гибких кожухов, соединяющих в момент опорожнения контейнера верхнюю его часть с окном загрузочного бункера и т.п. Полнота разгрузки контейнеров определяется действием сил собственного веса и инерции на твердые отходы при замедлении контейнера в конечной точке траектории его опрокидывания. Если суммарная составляющая этих сил, прямо пропорциональных объемной массе твердых отходов, превышает силы внешнего трения и адгезии (прилипания) твердых отходов к стенкам контейнера, то обеспечивается полная разгрузка контейнера; в противном случае необходимы дополнительные операции для опорожнения, например, дополнительный удар контейнером о край загрузочного бункера, что снижает производительность и существенно увеличивает уровень шума при работе загрузочного устройства. На рис. 5.13 схематично показан один из возможных конструктивных вариантов манипулятора с подвижной стрелой параллелограммного типа. Поворот захвата контейнера в вертикальной плоскости для предохранения от просыпания твердых отходов производится автоматически при полностью выбранном ходе штока гидроцилиндра поворота стрелы посредством четырехзвенного механизма (рис. 5.13 а). Цилиндрический шарнир с

вертикальной осью и эксцентрично установленный гидроцилиндр управления обеспечивают поворот захвата в горизонтальной плоскости на 90° ; а дополнительный гидроцилиндр производит плоскопараллельное перемещение одной из губок захвата для фиксации контейнера (рис. 5.13 б). Во время рабочего и холостого хода гидроцилиндр фиксации захвата должен блокироваться, например, при помощи гидрозамка. Другие конструктивные варианты манипуляторов допускают телескопическое выдвижение стрелы, поворот или плоскопараллельное перемещение стрелы в горизонтальной плоскости (вдоль борта кузова при боковом манипуляторе или с левого борта на правый при расположении манипулятора между кабиной и кузовом) и т.п.

Фиксация губками захвата контейнера с твердыми отходами обычно производится за верхний пояс жесткости контейнера аналогично действию клещевого захвата крана, чтобы предупредить смятие стенок контейнера. Выступы пояса жесткости предохраняют контейнер от выскальзывания вниз из губок захвата, поэтому усилие P_ϕ , развиваемое гидроцилиндром захвата, принимается незначительным. Однако необходима проверка этого усилия по условию неподвижной фиксации контейнера губками в момент опрокидывания, если на контейнере отсутствуют конструктивные элементы, предохраняющие его от выскальзывания при перевороте, т.е.

$$P_\phi f_3 > G_{\text{кон}},$$

где f_3 — коэффициент трения губок захвата о стенки контейнера (при обрешеченных губках — коэффициент трения резины по стали); $G_{\text{кон}}$ — собственный вес контейнера.

Главными функциями уплотняющих устройств являются перемещение твердых отходов из загрузочного бункера или ковша внутрь кузова и уплотнение твердых отходов до максимальной степени, определяемой их физико-механическими свойствами и допустимыми значениями энергоемкости и металлоемкости. Поэтому кинематика уплотняющих устройств должна обеспечивать эффективное перемещение твердых отходов, а динамика — эффективное уплотнение. Наиболее распространенными в отечественной и зарубежной практике являются уплотняющие устройства циклического действия, снабженные уплотняющими плитами с поворотным или плоскопараллельным движением. Общая методика расчета и проектирования таких устройств состоит из выбора варианта конструкции, кинематического анализа, определения расчетных положений, статического расчета усилий, действующих на элементы конструкции при достижении заданной степени уплотнения твердых отходов, подбора гидроцилиндров уплотнения, динамического анализа и прочностного расчета элементов конструкции.

Уплотнение твердых отходов плитой, поворотной в вертикальной плоскости. Характерным расчетным случаем уплотнения твердых отходов плитой данной конструкции (рис. 5.14) является заключительный

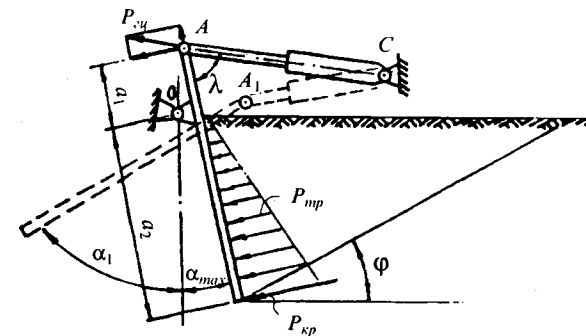


Рис. 5.14. Расчетная схема уплотняющей плиты, поворотной в вертикальной плоскости

этап уплотнения отходов в кузове при максимальных значениях коэффициентов уплотнения и наполнения. Предельное равновесие уплотняемых твердых отходов соответствует максимальному углу поворота плиты относительно вертикали внутрь кузова $\alpha_{\text{max}} \approx 22^\circ$, что обеспечивает сдвиг отходов в кузове под углом сдвига φ к горизонту.

Рассматривая твердые отходы как сыпучую среду со сцеплением, можно принять:

$$\varphi = \frac{\pi}{4} - 0,5\xi, \quad (5.12)$$

где ξ — угол внутреннего трения твердых отходов.

Сдвиг твердых отходов происходит в сторону пустот в верхней части кузова, определяющих величину коэффициента наполнения кузова, или при коэффициенте наполнения, близком к единице, из области максимальных напряжений в массиве отходов к области минимальных напряжений. В течение примерно 70 % времени поворота уплотняющей плиты происходит перемещение твердых отходов внутрь кузова, а в течение 30 % времени — уплотнение твердых отходов.

Давление уплотнения действует нормально к поверхности уплотняющей плиты и изменяется от минимального в верхней части плиты (на уровне минимальных перемещений плиты или на уровне открытой поверхности массива твердых отходов) до максимального у нижней кромки плиты. Главной силовой характеристикой процесса уплотнения твердых отходов поворотной плитой является усилие на внешней кромке этой плиты $P_{\text{кр}}$, которое соответствует интегральным силам давления, развиваемым этой плитой. Момент сопротивления повороту плиты (Н·м) при реализации предельного равновесия отходов с достаточной степенью точности можно определить из условия действия интегральной силы давления в центре эпюры по выражению:

$$M_{\text{пов}} = \frac{2}{3} p F_{\text{пл}} a_2, \quad (5.13)$$

где p — средняя величина давления плиты на отходы, обеспечивающая заданный коэффициент уплотнения, определяется путем обратного расчета из эмпирических формул коэффициентов уплотнения, МПа:

$$p = (0,183K_{упл})^{3,8}, \quad (5.14)$$

$F_{пл}$ — площадь рабочей поверхности уплотняющей плиты:

$$F_{пл} = a_2 B; \quad (5.15)$$

a_2 — максимальная длина рабочей поверхности плиты; B — ширина уплотняющей плиты.

Тогда усилие на кромке уплотняющей плиты (Н):

$$P_{кр} = \frac{M_{пов}}{a_2}; \quad P_{кр} = \frac{2}{3} (0,183K_{упл})^{3,8} F_{пл} 10^6. \quad (5.16)$$

Выбор гидроцилиндров поворота уплотняющей плиты производится по величине хода штока, определяемой из кинематического анализа, и максимальному усилию гидроцилиндра (Н):

$$P_{сч} = \frac{M_{пов}}{a_1 \sin \lambda} = \frac{2a_2 F_{пл}}{3a_1 \sin \lambda} (0,183K_{упл})^{3,8} \cdot 10^6 \quad (5.17)$$

где a_1 — длина поворотных рычагов уплотняющей плиты; λ — угол в вертикальной плоскости между осью гидроцилиндра и продольной осью поворотного рычага при повороте уплотняющей плиты на максимальный угол α_{max} (см. рис. 5.14).

Прочностной расчет уплотняющего устройства проводится по динамическому усилию на кромке плиты:

$$P_{дин} = P_{кр} K_{дин}, \quad (5.18)$$

где $K_{дин}$ — коэффициент динамичности; при средней скорости перемещения внешней кромки уплотняющей плиты 0,06—0,1 м/с можно принять $K_{дин} \approx 1,5$.

Мощность привода поворотной уплотняющей плиты (кВт):

$$N_{пл} = 10^{-3} P_{кр} v_{пл}, \quad (5.19)$$

где $v_{пл}$ — линейная скорость перемещения внешней кромки плиты, $v_{пл} = 0,06...0,1$ м/с.

Уплотнение твердых отходов плитой с плоскопараллельным перемещением. Характерным расчетным случаем для данного конструктивного варианта (рис. 5.15) также является сдвиг твердых отходов в заполненном кузове при максимальном значении коэффициента уплотнения. Для увеличения коэффициента наполнения кузова рабочая поверхность уплотняющей плиты расположена под углом к вертикали $\beta = 16^\circ$. Средняя величина давления на рабочей поверхности уплотняющей плиты (МПа) может быть определена из эмпирической зависимости по заданной величине коэффициента уплотнения твердых отходов:

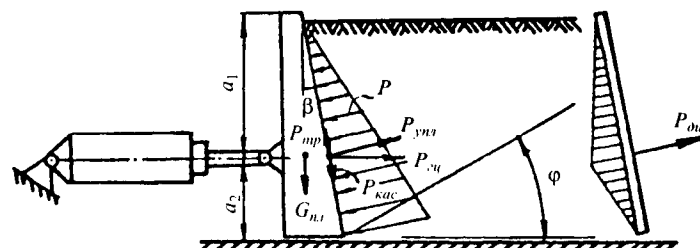


Рис. 5.15. Расчетная схема уплотняющей плиты с плоскопараллельным перемещением и эпюра изгибающих напряжений в плите

$$p = (0,183K_{упл})^{3,8}. \quad (5.20)$$

Тогда статическое пассивное усилие уплотнения твердых отходов (Н):

$$P_{упл} = p F_{пл} = (0,183K_{упл})^{3,8} \cdot F_{пл} \cdot 10^6, \quad (5.21)$$

где $F_{пл}$ — площадь рабочей поверхности плиты.

Пассивное усилие уплотнения твердых отходов $P_{упл}$ направлено нормально к рабочей поверхности плиты. Активное усилие на штоке гидроцилиндра привода плиты (Н), расположенного горизонтально, определяется по выражению:

$$P_{сч} = \frac{P_{упл}}{\cos \beta} = \frac{(0,183K_{упл})^{3,8} F_{пл}}{\cos \beta} \cdot 10^6. \quad (5.22)$$

Одновременно гидроцилиндр обеспечивает действие касательной составляющей силы, направленной вниз вдоль рабочей поверхности плиты:

$$P_{кас} = P_{упл} \operatorname{tg} \beta. \quad (5.23)$$

Касательная сила $P_{кас}$ уравнивает направленную вверх силу трения твердых отходов по рабочей поверхности плиты, которая возникает в результате перемещения отходов вдоль плиты, например, при вязко-пластическом течении:

$$P_{тр} = P_{упл} \operatorname{tg} \delta, \quad (5.24)$$

где δ — угол внешнего трения твердых отходов по поверхности плиты.

При значениях $\beta = 16^\circ$ и $\delta \approx 29...45^\circ$, $P_{кас} = (0,2...0,3) P_{тр}$.

Равновесие плиты в вертикальной плоскости обеспечивается условием:

$$G_{пл} \geq \frac{P_{тр} - P_{кас}}{\cos \beta} = P_{упл} \frac{\operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \beta}{\cos \beta}, \quad (5.25)$$

где $G_{пл}$ — вес уплотняющей плиты.

В противном случае происходит выдавливание уплотняющей плиты вверх во время вязко-пластической деформации твердых отходов. Данный эффект наиболее заметен при вертикальном расположении рабочей поверхности плиты, когда $\beta = 0$ и условие равновесия плиты приводится к виду:

$$G_{пл} \geq P_{тр} = P_{упл} \cdot \operatorname{tg} \delta. \quad (5.26)$$

Таким образом, наклон рабочей поверхности уплотняющей плиты не только улучшает наполнение кузова и повышает КПД привода плиты, но и улучшает условия ее равновесия в вертикальной плоскости. Поскольку центр вращения эпюры давлений на рабочей поверхности плиты лежит на расстоянии a_1 от верхней кромки плиты, равном $2/3 a$, где $a = a_1 + a_2$ — общая высота уплотняющей плиты, то во избежание возникновения на плите разворачивающих моментов, которые могут заклинить ее в направляющих, шарнир крепления гидроцилиндра привода к плите располагается на таком же расстоянии от ее верхней кромки.

Выбор гидроцилиндра управления производится по величине максимального хода штока и статическому усилию P .

Для прочностных расчетов используется динамическое усилие уплотнения:

$$P_{дин} = P_{ст} \cdot K_{дин}, \quad (5.27)$$

где $K_{дин}$ — коэффициент динамичности; $K_{дин} \approx 1,5$.

Прочностные расчеты включают расчет плиты на изгиб в опасном сечении (Н·м) под действием равномерно распределенной динамической нагрузки:

$$M_{изг} = \frac{1}{3} P_{дин} \cdot a_1. \quad (5.28)$$

Мощность привода уплотняющей плиты (кВт):

$$N_{пл} = 10^{-3} P_{ст} \cdot v_{пл}, \quad (5.29)$$

где $v_{пл}$ — линейная, скорость перемещения уплотняющей плиты, равная скорости выдвижения штока гидроцилиндра; $v_{пл} = 0,06 \dots 0,1$ м/с.

Разгрузка кузовных спецавтомобилей для сбора и вывоза твердых отходов осуществляется гравитационным путем за счет действия сил собственной тяжести твердых отходов или принудительно — под воздействием эжекторов-выталкивателей или при реверсировании действия уплотняющего устройства. Самосвальная и полупринудительная гравитационная разгрузка может быть рекомендована для спецавтомобилей с малым объемом кузова ($1 \dots 5$ м³), предназначенных для внутриквартального сбора твердых отходов, а также для машин, перевозящих неуплотненные, например, пищевые отходы. Эффективность гравитационного способа разгрузки обеспечивает преобладание объемных сил

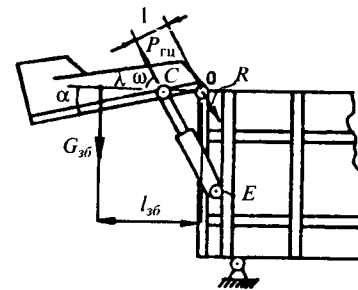


Рис. 5.16. Расчетная схема механизма подъема заднего борта кузова спецавтомобиля

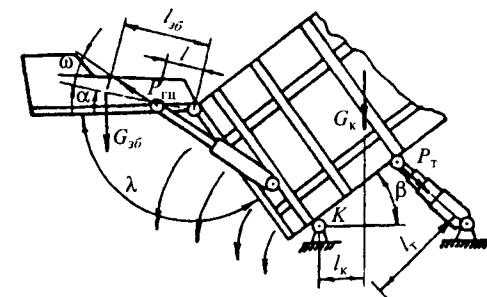


Рис. 5.17. Расчетная схема механизма самосвальной разгрузки кузова спецавтомобиля

веса твердых отходов над линейными силами упругости и поверхностными силами адгезии вследствие достаточно большой объемной массы отходов ($0,3 \dots 0,5$ т/м и более). При меньших значениях объемной массы отходов ($0,1 \dots 0,3$ т/м) необходимо уплотнение отходов в кузове и использование принудительного способа разгрузки.

Начало гравитационной разгрузки кузова определяется условием предельного равновесия твердых отходов в кузове. Минимальный угол наклона кузова при самосвальной разгрузке должен быть больше угла внешнего трения твердых отходов $\beta = 29^\circ$. На практике угол наклона кузова принимают равным $50 \dots 55^\circ$. Опрокидывание кузова производится установленным на раме спецавтомобиля телескопическим гидроцилиндром. Характерными расчетными случаями для системы самосвальной разгрузки являются подъем заднего борта, начальный и конечный моменты поворота кузова, заполненного твердыми отходами.

Кинематика подъема заднего борта спецавтомобиля с самосвальной разгрузкой (рис. 5.16, 5.17) должна обеспечивать свободное высыпание твердых отходов из кузова в процессе его поворота телескопическим гидроцилиндром. Предельный угол λ поворота борта относительно кузова поэтому составляет, как правило, более 90° (см. рис. 5.17). Выбор гидроцилиндров подъема заднего борта производится по величине хода штока, определяемой из кинематического анализа, и усилию подъема. В качестве расчетного обычно принимается максимальное значение усилия подъема из двух расчетных случаев: промежуточного положения заднего борта, когда его центр масс (точка C) находится на одной горизонтали с осью поворота 0 (см. рис. 5.16) и действует максимальный момент сопротивления, и конечного положения, когда задний борт повернут на угол λ (см. рис. 5.17). Как правило, устанавливаются два гидроцилиндра подъема заднего борта с правой и левой стороны кузова, поэтому в промежуточном положении усилие в каждом гидроцилиндре подъема, определяемое из равенства моментов сил, будет:

$$P_{\text{зч}} = \frac{0,5G_{\text{зб}} l_{\text{зб}}}{l}, \quad (5.30)$$

где $G_{\text{зб}}$ — вес заднего борта; $l_{\text{зб}}$ — расстояние между центром тяжести заднего борта и осью его поворота; l — плечо действия силы $P_{\text{зч}}$.

Принудительная разгрузка кузова осуществляется выталкивающей плитой, совершающей плоскопараллельное перемещение по направлению к поднятому заднему борту. Максимальное усилие привода выталкивающей плиты $P_{\text{выт}}$ определяется для предельного случая сдвига всей массы твердых отходов в кузове сопротивлением холостого перемещения плиты, силой трения твердых отходов по дну кузова и силой трения отходов о боковые стенки кузова вследствие заклинивания отходов между боковыми стенками:

$$P_{\text{выт}} = G_{\text{пл}} f + G_0 \operatorname{tg} \delta + P_{\text{бок}}, \quad (5.31)$$

где $G_{\text{пл}}$ — масса выталкивающей плиты; f — коэффициент сопротивления перекачиванию опорных роликов выталкивающей плиты вдоль направляющих или днища кузова ($f = 0,05$); G_0 — масса уплотненных твердых отходов в кузове; δ — угол внешнего трения твердых отходов; $P_{\text{бок}}$ — силы трения отходов о боковые стенки кузова.

Мощность привода выталкивающей плиты (кВт) определяется для наиболее нагруженного участка ее перемещения по максимальному усилию привода:

$$N_{\text{выт}} = 10^{-3} \cdot P_{\text{выт}} \cdot v_{\text{выт}}, \quad (5.32)$$

где $P_{\text{выт}}$ — усилие привода, Н; $v_{\text{выт}}$ — скорость выталкивающей плиты под нагрузкой, м/с.

Кузова спецавтомобилей для сбора и вывоза твердых отходов выполняются сварными из продольных и поперечных профилей (шпангоутов) прямоугольного сечения в виде клетки, открытой с переднего и заднего торцов для доступа к гидроаппаратуре привода выталкивающей плиты и выгрузки твердых отходов из кузова. Изнутри к шпангоутам ручной дуговой сваркой или контактной электросваркой привариваются стальные листы, образующие пол, боковые стенки и крышу кузова. Поскольку шпангоуты образуют продольные и поперечные пояса жесткости кузова, определяющие его прочность при различных видах нагружения, листовая обшивка кузова может не приниматься во внимание при прочностных расчетах; в этом случае дополнительные моменты сопротивления деформации кузова, создаваемые листовой обшивкой, идут в запас прочности кузова. Толщина листовой обшивки принимается для пола 3...5 мм из условия коррозионной стойкости, т.к. в нижней части кузова в основном накапливается и выделяется при уплотнении отходов жидкая фаза, а для боковых стенок и крыши кузова — 1,5—3 мм из условия местной устойчивости на прогиб обшивки в пространствах между шпангоутами и смя-

тие под действием бокового давления на стенки, передаваемого через крупные фракции твердых отходов. Антикоррозионная защита кузова и заднего борта обеспечивается в основном наружной окраской; окраска внутренних поверхностей кузова и заднего борта, а также поверхностей рабочих органов, контактирующих с твердыми отходами, малоэффективна вследствие интенсивного абразивного износа.

Задний борт спецавтомобилей также выполняется сварным в виде продольных и поперечных поясов жесткости со стальной листовой обшивкой и крепится к верхней балке заднего поперечного пояса жесткости кузова при помощи двух шарниров. Фиксация заднего борта в транспортном положении обеспечивается смонтированными в нижней части по бокам накладными винтовыми зажимами или гидроуправляемыми фиксаторами. Для герметичного примыкания заднего борта к кузову между ними монтируется по периметру резиновое уплотнение. От потерь твердых отходов из кузова через загрузочный бункер во время транспортировки предохраняют специальный управляемый отсекающий или поворотный уплотняющий элемент, а также загрузочный ковш в поднятом положении. При расположении загрузочного бункера на крышке кузова он оборудуется управляемой крышкой поворотного или сдвигаемого типа, предупреждающей выдувание отходов из кузова турбулентными потоками воздуха.

Расчет прочности кузова может быть сведен к определению наиболее опасных расчетных положений, которые зависят от сочетания нагрузок на рабочих органах спецавтомобиля, расчленению кузова на ряд статически неопределимых конструктивных элементов, определению напряжений и деформаций в этих элементах и сравнению напряжений с допустимыми значениями. В общем случае кузов испытывает следующие одновременно действующие нагрузки со стороны рабочих органов: вертикальные изгибающие нагрузки на силовые элементы крыши кузова со стороны кранового оборудования при подъеме контейнера с твердыми отходами; горизонтальные растягивающие и сжимающие нагрузки на задний поперечный пояс жесткости кузова в местах установки шарниров и нижних фиксаторов заднего борта под действием усилия уплотнения твердых отходов в кузове; вертикальные изгибающие нагрузки на продольные пояса жесткости в местах их соединения с задним поперечным поясом под действием сил веса заднего борта и вертикальной составляющей усилия уплотнения твердых отходов в кузове; изгибающие нагрузки на продольные поперечные пояса жесткости боковых стенок кузова при действии изнутри распределенных давлений во время уплотнения твердых отходов или принудительной разгрузки кузова выталкивающей плитой и т.п.

5.5. Пневмотранспорт твердых бытовых отходов

Совершенствование технологии сбора и вывоза ТБО происходит в основном путем внедрения более легких и удобных емкостей, эффективных мусоровозов и двухэтапного метода вывоза с применением мусоро-

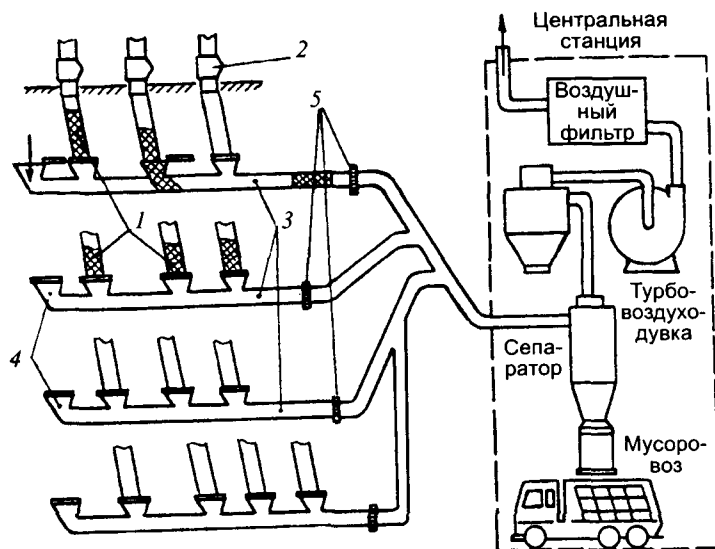


Рис. 5.18. Схема вакуумной системы мусороудаления

перегрузочных станций и большегрузных транспортных мусоровозных машин.

За рубежом все шире внедряется новая технология санитарной очистки городов, позволяющая полностью механизировать и автоматизировать сбор твердых бытовых отходов в жилых микрорайонах и одновременно обеспечить преимущества двухэтапного метода с использованием вакуумных пневмотранспортных систем. Внедрение таких систем полностью ликвидирует ручной труд при сборе и удалении ТБО из зданий, а также исключает контакт отходов с окружающей средой и персоналом.

В соответствии с технологией сбор и транспортирование твердых бытовых отходов в вакуумных системах мусороудаления (ВСМ) осуществляется в нижеследующей последовательности (рис 5.18). Отходы собираются в специальных шахтах-накопителях 1, установленных в зданиях в нижней части мусоропроводов, в техническом подполье зданий, не имеющих мусоропроводов, или в подземном пространстве открытых пунктов сбора ТБО. Отходы в жилых и общественных зданиях микрорайона попадают в шахты-накопители через стандартные мусороприемные люки 2, что ограничивает максимальный размер частиц отходов, вводимых в систему, величиной 300...350 мм. Один-два раза в сутки, в зависимости от темпов накопления ТБО в шахтах, включается система, которая поочередно транспортирует ТБО из шахт-накопителей на центральную станцию. Шахты-накопители соединяются друг с другом трубопроводами, образующими единую пневмотранспортную сеть 3. Центральная станция сбора отходов располагается, по возможности, в центре обслуживаемого систе-

мой микрорайона, поэтому сеть транспортных трубопроводов имеет разветвленную радиальную структуру. В начале каждой ветви трубопроводов, т.е. в наиболее удаленной от центральной станции точке, установлен воздухоприемный клапан 4. Ветвь соединяет не более 25...30 шахт, что снижает величину подсосов воздуха через неплотности клапанов ввода ТБО, т.к. неработающие ветви системы герметизируются специальными клапанами, расположенными в местах их соединения с транспортным трубопроводом. Для транспортирования ТБО после пуска турбовоздуходувки открывается воздухоприемный и герметизирующий клапаны 5 ветви трубопроводов. При этом в ней создается поток воздуха со скоростью 24...26 м/с, обеспечивающий движение компонентов ТБО. По команде с пульта управления открывается ближайший к центральной станции клапан ввода. Под действием собственного веса и перепада статических давлений вся масса отходов из шахты-накопителя переходит в трубопровод. После этого клапан ввода закрывается.

После ввода первой порции ТБО в транспортный трубопровод по команде с пульта управления открывается следующий клапан ввода — осуществляется ввод новой порции ТБО, затем следующий и т.д. Открытие каждого следующего клапана происходит при восстановлении параметров воздушного потока в трубопроводе, т.е. после окончания в нем нестационарных процессов после ввода предыдущей порции. По окончании разгрузки всех шахт-накопителей работающей ветви по команде с пульта закрываются ее воздухоприемный и герметизирующий клапаны. Аналогично производится последовательное опорожнение шахт-накопителей всех ветвей трубопровода.

Основное технологическое оборудование вакуумных систем включает следующие виды оборудования:

- воздуходувное;
- для сепарации отходов от воздушного потока;
- для очистки отработанного воздуха;
- для перегрузки отходов из вакуумной системы в транспортные средства, осуществляющие их вывоз в места обезвреживания или утилизации;
- загрузочное и запорно-регулирующее оборудование транспортного трубопровода.

Основным видом технологического оборудования центральной части сбора отходов, определяющим эффективность работы системы, является воздуходувное, с помощью которого в ветвях транспортного трубопровода создается поток транспортируемого воздуха, движущегося с необходимыми скоростями.

В качестве генератора воздушного потока в вакуумных системах мусороудаления средней и большой производительности чаще всего используют турбовоздуходувки. На основе сопоставления расчетных пределов изменений перепадов давлений и расходов при работе ветвей транспортного трубопровода с характеристиками турбовоздуходувки определяется схема их включения и необходимое количество. При этом

выявляется также зона наиболее эффективной работы машин — в области максимальных значений КПД — и назначаются мероприятия по обеспечению их работы в этой зоне. Наиболее простым способом регулирования суммарной характеристики воздухоудвн станции является включение или отключение одной или группы воздухоудвок.

Для вакуумных систем небольшой производительности с ограниченным радиусом действия могут использоваться вентиляторы высокого давления.

Для обеспечения надежной работы вакуумных систем необходимо резервировать как минимум одну воздухоудвн машину. В качестве оборудования для сепарации отходов от воздушного потока могут применяться различные аппараты. В вакуумных системах большой и средней производительности наиболее часто применяются циклонные сепараторы, обеспечивающие при сравнительно невысоких значениях их аэродинамического сопротивления достаточно высокие значения коэффициента очистки воздуха.

Опыт эксплуатации вакуумных систем мусороудаления в Российской Федерации и за рубежом показал, что целесообразно применять пылеуловители вентиляционного типа ПВМ, обеспечивающие высокие значения коэффициента очистки воздуха и возможность автоматического регулирования процесса. Применяемые за рубежом в ряде вакуумных систем сухие тканевые фильтры кассетного и рукавного типа менее надежны в эксплуатации, трудоемки в обслуживании, что подтвердил опыт эксплуатации ВСМ в микрорайоне Чертаново Северное г. Москвы.

Результаты проведенных исследований воздействий вакуумной системы мусороудаления на окружающую среду показали, что для надежного обеспечения нормативных значений предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при работе системы, необходимо применение после сепаратора двухступенчатой системы очистки воздуха.

В вакуумных системах небольшой мощности, обслуживающих отдельно стоящие здания или небольшие группы зданий, в качестве сепаратора в зарубежной практике применяются в основном специальные контейнеры-осадители. В этих контейнерах, выполненных в виде осадительной камеры или горизонтального циклона и снабженных решетками для предотвращения уноса легких компонентов ТБО, отходы накапливаются. Специальной автомашиной, имеющей самопогрузочное устройство типа «Мультилифт», контейнер-осадитель вывозится в места обезвреживания или утилизации ТБО. Система разгрузочного контейнера, как правило, самосвальная. Контейнер — осадитель, таким образом, совмещает функции сепаратора, систем перегрузки и накопления ТБО и очистки воздуха. В таких системах в атмосферу выбрасывается значительно большее количество вредных веществ, чем в ВСМ, имеющей двухступенчатую систему очистки воздуха. С учетом непродолжительной работы вакуумных систем малой производительности и значительно более высоких нормативных

значений ПДК на выбрасываемые вредные вещества в большинстве зарубежных стран разрешена эксплуатация таких вакуумных систем с упрощенной технологической схемой. При проектировании подобных отечественных систем необходимо предусматривать как минимум одну ступень очистки воздуха с применением более простых, чем в больших системах, но эффективных пылеуловителей для получения значений концентраций вредных веществ в зоне работы системы ниже нормативных.

Система перегрузки и накопления ТБО в крупных ВСМ включает в себя контейнеры для сбора ТБО, в качестве которых могут быть использованы, например, кузова большегрузных транспортных мусоровозов, а также устройства, обеспечивающие непрерывную или порционную загрузку контейнера при работающей вакуумной системе. В большинстве зарубежных систем для перегрузки и накопления ТБО используются компакторы, запрессовывающие поступающие из сепаратора отходы в контейнеры-накопители. Эти устройства испытывают большие нагрузки, т.к. работают при полных разрежениях, создаваемых воздухоудвками, и значительных усилиях, развиваемых гидроцилиндрами компактора. Поэтому они имеют большую массу, что снижает эффективность системы вывоза ТБО. Более целесообразно применение для накопления ТБО кузовов транспортных мусоровозов, оборудованных собственными уплотнителями, а для перегрузки отходов из сепаратора в кузов — шлюзовых камер, позволяющих осуществлять загрузку кузовов без остановки работы вакуумной системы.

Загрузочное и запорно-регулирующее оборудование транспортного трубопровода вакуумных систем должно отвечать двум основным требованиям: обеспечивать в закрытом состоянии высокую степень герметизации трубопровода и иметь высокую надежность.

В качестве воздухоприемных клапанов могут использоваться клапаны дроссельного типа с электроприводом, серийно выпускаемые отечественной промышленностью.

Клапаны ввода ТБО в основном выполняются в виде затворов шиберного типа с электроприводом. Такие же затворы можно использовать и для установки в качестве воздухоприемных клапанов.

Для уменьшения величины подсосов при работе вакуумной системы мусороудаления на каждой ветви транспортного трубопровода устанавливается отсекающий герметичное закрытие всех неработающих ветвей транспортного трубопровода.

Расчет вакуумных систем пневмотранспорта твердых бытовых отходов осуществляется в следующей методологической последовательности:

- сбор данных;
- определение основных исходных расчетных параметров;
- аэродинамический расчет вакуумной системы;
- выбор технологического оборудования систем;
- определение продолжительности рабочего цикла ВСМ и требований к организации вывоза ТБО.

Исходная информация, которую необходимо собрать для расчета вакуумной системы, включает:

характеристику жилого микрорайона, в котором предполагается построить ВСМ;

характеристику свойств ТБО микрорайона;

основные показатели существующей системы сбора и вывоза ТБО из микрорайона.

Перечень данных, представляющих характеристику жилого микрорайона, в котором будет строиться вакуумная система содержит:

общее количество жилых домов на территории микрорайона;

общее количество зданий общественного назначения — школ, детских садов, ясель и др.;

общую площадь территории микрорайона;

общую жилую площадь домов в микрорайоне;

количество жителей микрорайона;

количество сотрудников, учащихся, детей в зданиях общественного назначения;

количество квартир в домах;

число подъездов в жилых зданиях;

этажность всех жилых зданий;

перечень жилых зданий, имеющих мусоропроводы;

генеральный план микрорайона с размещением всех объектов, включая площадки для строительства центральной станции сбора отходов и периферийных объектов системы: открытых пунктов сбора ТБО, отдельно стоящих воздухозаборных камер и камер-отсекателей ветвей транспортного трубопровода.

Перечисленные данные, как правило, в полном объеме имеются в бюро технической инвентаризации и геодезических службах.

Характеристика свойств твердых бытовых отходов, образующихся в микрорайоне, представляется в виде их фракционного и морфологического составов с указанием сезонных колебаний содержания различных компонентов.

Основными показателями существующей системы сбора и вывоза ТБО из микрорайона являются:

приведенные затраты на сбор и вывоз ТБО;

количество занятых сбором ТБО мусоросборщиков;

количество и тип используемых мусоровозов;

количество контейнерных площадок на территории микрорайона;

расстояние вывоза ТБО к местам переработки или обезвреживания;

периодичность вывоза ТБО из микрорайона; нормативные объемы накопления ТБО на одного жителя с учетом суточной неравномерности;

нормативные объемы образования ТБО в домах общественного назначения.

Этими данными располагают специализированные службы, отвечающие за санитарную очистку жилых микрорайонов.

Основными исходными параметрами для расчета вакуумных систем мусороудаления являются годовая и максимальная суточная производительность системы, ее технологическая схема и состав оборудования, диаметр транспортного трубопровода, геометрические характеристики и структура сетей ветвей транспортного трубопровода; суточные объемы накопления ТБО в каждой шахте-накопителе; аэродинамические характеристики твердых бытовых отходов.

Годовая производительность вакуумной системы определяется исходя из годовой нормы накопления ТБО на одного жителя и численности населения жилого микрорайона в котором строится ВСМ. Величина годовой производительности системы используется для определения ее экономической эффективности.

Технологическое оборудование и режимы его работы подбираются в соответствии с региональными среднесуточными нормами накопления ТБО с учетом коэффициента неравномерности накопления по дням недели. Например, в соответствии с «Инструкцией по организации и технологии механизированной уборки населенных мест», Минжилкомхоз РСФСР, 1980 г., среднесуточная норма составляет 1,97 л на человека. При коэффициенте неравномерности, равном 1,3, максимальная суточная норма достигает 2,6 л на одного жителя.

В соответствии с этой же инструкцией определяются и нормы накопления ТБО от объектов общественного назначения.

Выбор технологической схемы вакуумной системы мусороудаления обуславливается величиной и градостроительными особенностями жилого микрорайона, количеством проживающих в нем жителей, а также сложившейся системой обезвреживания и переработки бытовых отходов в регионе. Выбранная технологическая схема вакуумной системы определяет состав необходимого основного технологического оборудования.

Для транспортного трубопровода целесообразно применять трубы диаметром 400...500 мм, обеспечивающие беспрепятственное прохождение всех компонентов ТБО; трубы меньшего диаметра можно использовать в системах небольшой производительности с протяженностью ветвей трубопровода до 600...700 м.

Важными исходными параметрами для расчета ВСМ являются геометрические характеристики и структура сети транспортных трубопроводов системы.

Сеть трубопроводов наносится на генеральный план микрорайона с подключением к ней всех жилых зданий и объектов общественного назначения с учетом конкретных особенностей сложившейся инфраструктуры. После разработки схемы сети транспортных трубопроводов определяется длина каждой ветви, количество узлов ввода ТБО на каждой ветви, количество и расположение открытых пунктов сбора ТБО у зданий общественного назначения, воздухозаборных клапанов, отсекающих ветвей транспортного трубопровода. С учетом этажности жилых зданий и назначения общественных объектов определяются

максимальные суточные объемы накопления твердых бытовых отходов в каждой шахте-накопителе.

На основании исходных данных о фракционном и морфологическом составе определяются средневзвешенная величина коэффициента скольжения транспортируемой массы ТБО и средняя величина коэффициента скольжения компонентов, движущихся в области заднего фронта.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что надежное пневмотранспортирование массы ТБО обеспечивается при скорости воздушного потока 24...26 м/с, поэтому при аэродинамическом расчете ветвей транспортного трубопровода необходимо предусматривать, чтобы скорость воздуха в них не была ниже указанных значений. После осуществления сбора исходных данных и определения исходных параметров производится аэродинамический расчет процесса пневмотранспортирования ТБО во всех ветвях транспортного трубопровода с определением величин необходимых перепадов давлений и расходов воздуха.

Величина полных потерь давления при транспортировании ТБО по трубопроводу — ΔP_m — определяется по формуле Гастерштадта с учетом изменения плотности воздуха по длине трубопровода:

$$\Delta P_m = \left(\Delta P_l + P_d \sum \xi_{mp} \right) (1 + \mu K) + P_{do} \cdot \sum \xi_{0-1} + \Delta P_{разг} + \Delta P_{тех}, \quad (5.33)$$

где ΔP_l — потери давления в расчетной ветви трубопровода при движении в ней чистого воздуха; $\sum \xi_{mp}$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений ветви трубопровода на участке транспортирования; $\sum \xi_{0-1}$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений на начальном участке ветви; P_{do} — значение динамического давления воздушного потока на начальном участке ветви; $\Delta P_{разг}$ — потери давления на разгон частиц ТБО после их ввода в трубопровод; $\Delta P_{тех}$ — потери давления в технологическом оборудовании центральной станции сбора ТБО и трубопроводах, связывающих это оборудование; P_d — среднее значение динамического давления воздушного потока на участке транспортирования.

Величина ΔP_l может быть определена по формуле:

$$\Delta P_l = P_6 (1 - C), \quad (5.34)$$

$$\text{где } C = \sqrt{1 - 2\lambda \frac{l}{D} \frac{P_{do}}{P_6}}, \quad (5.35)$$

$$P_{do} = \frac{\rho_0 v^2}{2}, \quad (5.36)$$

где l и D — длина и диаметр трубопровода P_6 и ρ_0 — давление и плотность наружного воздуха; v — скорость воздушного потока.

Среднее значение динамического давления равно:

$$P_{до} = P_{до} \frac{(1 + C)^3}{8C^2}. \quad (5.37)$$

Потери давления в технологическом оборудовании и трубопроводах вычисляются по формуле:

$$\Delta P_{тех} = \left(\lambda \frac{l_{тех}}{D} + \sum \xi_{тех} \right) \cdot P_{Дт}, \quad (5.38)$$

где λ — коэффициент гидравлического сопротивления трубопровода ($\lambda = 0,01...0,02$); $P_{Дт}$ — средняя величина динамического давления воздушного потока в трубопроводах центральной станции сбора ТБО:

$$P_{Дт} = \frac{P_{до}}{C}; \quad (5.39)$$

$\sum \xi_{тех}$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений технологического оборудования.

Потери давления на разгон частиц ТБО определяются по формуле:

$$\Delta P_{разг} = P_{до} \mu \frac{1 + C^2}{2Cv}. \quad (5.40)$$

Средние значения массовой концентрации аэросмеси μ в ветви транспортного трубопровода выражаются зависимостью:

$$\mu = \frac{\sigma J n_{ш} \rho_m}{T Q_0 \rho_a}, \quad (5.41)$$

где σ — норма накопления ТБО на одного человека в сутки; J — среднее количество жителей, приходящихся на одну шахту-накопитель; $n_{ш}$ — количество шахт-накопителей в расчетной ветви; T — продолжительность разгрузки всех шахт-накопителей ветви:

$$T = t_{ш} n_{ш}, \quad (5.42)$$

где $t_{ш}$ — среднее время цикла разгрузки одной шахты-накопителя; Q_0 — расход воздушного потока в начале трубопровода; ρ_m — средняя плотность транспортируемого материала; ρ_a — плотность воздуха.

Величина коэффициента пневмотранспортирования K определяется зависимостью:

$$K = K_v \left(1 + \frac{1}{F_{r_{мс}}} \right), \quad (5.43)$$

где K_v — коэффициент скольжения; $F_{r_{мс}}$ — число Фруда.

Средняя величина коэффициента скольжения частиц транспортируемой массы ТБО вычисляется на основе их фракционного и морфологического состава (см. табл. 5.1).

Средневзвешенное значение числа Фруда для транспортируемых ТБО определяется по формуле:

$$F_{r_{mc}} = 0,01 \sum_{i=1}^{i=N} (S_i F_{r_{mi}}), \quad (5.44)$$

где S_i — процентное содержание i -й группы веществ в общей массе ТБО; $F_{r_{mi}}$ — средняя величина числа Фруда для i -й группы веществ в ТБО.

После определения величин перепадов давлений в ветвях транспортного трубопровода при движении в них ТБО определяются соответствующие им значения расходов воздуха.

Количество мусоровозов M необходимых для вывоза бытовых отходов, определяют по формуле:

$$M = P_{год} / (365 P_{сут} K_{исп}), \quad (5.45)$$

где $P_{год}$ — количество бытовых отходов, подлежащих вывозу в течение года, m^3 ; $P_{сут}$ — суточная производительность единицы данного вида транспорта, m^3 ; $K_{исп}$ — коэффициент использования парка машин (0,7...0,8).

Суточную производительность мусоровоза определяют по формуле:

$$P_{сут} = jE, \quad (5.46)$$

где j — количество рейсов в сутки; E — количество отходов, перевозимых за один рейс, m^3 .

Количество рейсов мусоровоза определяют по формуле:

$$j = \frac{T - (T_{пз} + T_0)}{T_{пог} + T_{раз} + 2T_{прб}}, \quad (5.47)$$

где T — продолжительность смены, час; $T_{пз}$ — время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные операции в гараже, час; T_0 — время, затрачиваемое на нулевые пробеги (от гаража до места работы и обратно), час.; $T_{пог}$ — продолжительность погрузки, включая переезды и маневрирование, час; $T_{раз}$ — продолжительность разгрузки, включая маневрирование, час; $T_{прб}$ — время, затрачиваемое на пробег от места погрузки до места разгрузки или наоборот, час.

5.6. Машина для сбора и вывоза жидких бытовых отходов

Для сбора и вывоза жидких бытовых отходов предназначены мусоровозы (вакуум-машины), которые обеспечивают извлечение жидких бытовых отходов из выгребных ям и их транспортирование к месту обеззараживания. Машины этого назначения имеют общую принци-

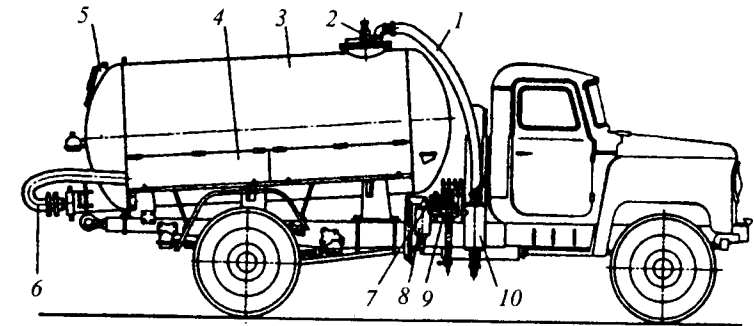


Рис. 5.19. Вакуум-машина

альную схему работы — в емкости для нечистот создается вакуум, в результате которого нечистоты по всасывающему рукаву, опущенному в яму, поступают в цистерну.

В настоящее время изготавливают два основных типа вакуум-машины, различающихся грузоподъемностью базового шасси и конструктивным оформлением.

Вакуум-машина, представленная на рис. 5.19, смонтирована на шасси автомобиля 8 и состоит из цистерны 3, вакуум-насоса 7, трубопроводов 1, всасывающего шланга 6, механизмов привода насоса и двух ящиков для шлангов 4, одновременно являющихся облицовкой машины.

Цистерна цилиндрической формы со сферическими днищами имеет в верхней передней части горловину, на крышке которой установлено сигнально-предохранительное устройство 2 и к которой подведен патрубок трубопровода от вакуум-насоса. На заднем днище цистерны в нижней его части установлен приемный люк с шиберным устройством. Цистерна прикреплена с помощью стремянок к лонжеронам базового шасси с наклоном 30 в сторону слива. Приемный люк служит для присоединения к цистерне заборного всасывающего рукава. Доступ из рукава в цистерну перекрывается шибером, управляют которым с помощью рукоятки-рычага. На сферическом заднем днище сверху установлено смотровое окно 5.

Вакуум-насос — лопастного типа; в его корпусе эксцентрично установлен ротор, в пазах которого перемещаются шесть лопаток. Вакуум-насос работает от двигателя автомобиля с помощью коробки отбора мощности, прифланцованной с правой стороны коробки передач и механизма привода.

Трубопровод машины служит для соединения всасывающего или напорного патрубка вакуум-насоса с цистерной. Трубопровод снабжен четырехходовым краном 9, при изменении положения рукоятки которого цистерна соединяется со всасывающим или напорным патрубком вакуум-насоса. В первом случае в цистерне образуется разрежение, необходимое для перемещения нечистот из выгребной ямы в цистерну, а во

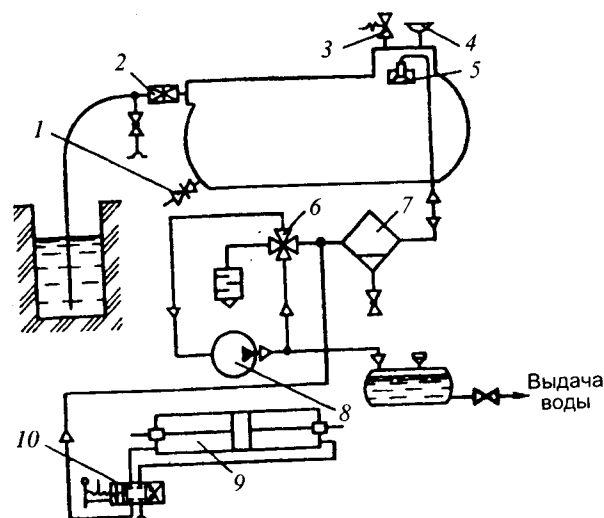


Рис. 5.20. Принципиальная схема вакуум-нагнетательной системы

втором — давление, служащее для опорожнения цистерны. Трубопровод имеет промежуточный бачок 10, служащий для увлажнения конденсата, образующегося при эвакуации воздуха из цистерны вакуум-насосом.

Облицовка машины выполнена в виде двух ящиков, расположенных с правой и левой сторон цистерны. В эти ящики укладывается всасывающий шланг, а также необходимый инструмент. Съем всасывающего рукава, его установка и подъем из выгребной ямы могут осуществляться вручную или механическим способом.

На рис. 5.20 показана принципиальная схема вакуум-нагнетательной системы, в которой перемещение всасывающего шланга механизировано. Система имеет поплавковый 5 и предохранительный 3 клапаны. Клапан 5 отключает всасывающую систему при заполнении цистерны. Поддержание в цистерне необходимого давления производится при помощи клапана 4. Всасывающие и нагнетательные патрубки вакуум-насоса 8 через промежуточный бачок 7 соединены трубопроводом, сообщаемым с цистерной. Вакуум-насос создает в цистерне не только разрежение при ее заполнении, но и поддерживает необходимое давление в ней при опорожнении, также осуществляет выдачу воды для обмыва всасывающего шланга и оборудования, управляет пневмоцилиндром 9 привода шланга. Пневмоцилиндр 9 перемещения всасывающего шланга соединяется трубопроводом с четырехходовым краном 6. При работе насоса на нагнетание в пневмоцилиндре возникает избыточное давление, которое выталкивает поршень с всасывающим шлангом. Дойдя до упора на конце пневмоцилиндра, поршень со шлангом останавливается. Шланг перебрасывается на приемный люк 2 и фиксируется на нем защелкой. С помощью крана 10 отключается полость пневмоцилиндра от четырехходового крана, который приводится в режим

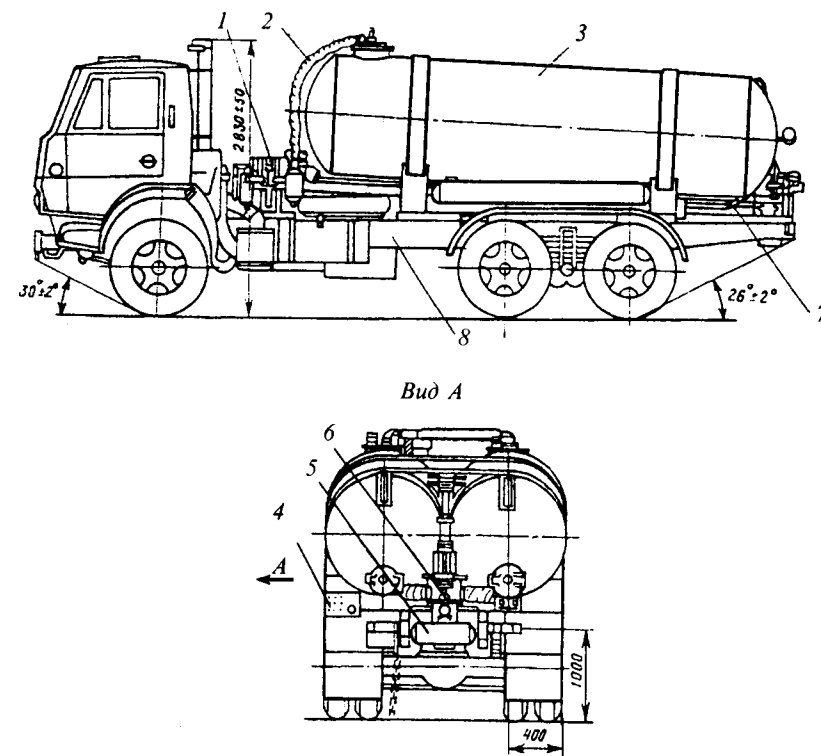


Рис. 5.21. Вакуумная машина на большегрузном шасси

всасывания, и происходит заполнение цистерны (предварительно открывается шибер-заслонка приемного люка). По окончании заполнения цистерны шибер приемного люка закрывается и осуществляется втягивание всасывающего шланга пневмоцилиндром на место хранения. Одновременно производится обмыв шланга. По окончании вдвигания шланга останавливается вакуумный насос и машина готова к транспортным переездам. Опорожнение цистерны производится самотеком или под действием избыточного давления через открытый люк 1.

На рис. 5.21 показана вакуумная машина на большегрузном шасси 8. Она состоит из двух цистерн 3, вакуумного насоса с приводом 1, трубопровода вакуум-нагнетательной системы 2, сигнально-предохранительного устройства, гидросистемы, пневмосистемы, механизма подачи и укладки заборного рукава 6, системы обмыва рукава 5, системы обогрева 7, дополнительного электрооборудования и облицовок.

За кабиной водителя на трех опорах установлены цистерны с наклоном в сторону слива. Цистерны сварной конструкции имеют цилиндрическую форму и сферические днища. Внутри цистерны установлены три волнореза для гашения гидравлических ударов. Внутренняя полость ле-

вой цистерны соединена с правой патрубками. Сзади каждая цистерна оборудована смотровым окном и сливным люком. Сверху цистерны имеют горловины с крышками. На крышке горловины левой цистерны смонтировано сигнально-предохранительное устройство.

Наполнение или опорожнение цистерны осуществляется вакуумным насосом, создающим в них разрежение либо избыточное давление. Насос установлен впереди цистерны на специальной раме. В корпусе насоса эксцентрично расположен ротор с шестью лопатками. Насос приводится во вращение гидромотором через соединительную муфту. Включение и выключение привода насоса осуществляется дистанционно с пульта управления 4.

Насос соединен с цистернами трубопроводом вакуум-нагнетательной системы, состоящей из четырехходового крана, промежуточного бачка-отстойника, мановакуумметра и трубопроводов. Вакуум-нагнетательная система предназначена для обеспечения наполнения цистерны жидкостью, герметизации ее в цистерне во время транспортирования и слива в отстойники под давлением или самотеком. На машине установлено сигнально-предохранительное устройство для автоматической остановки насоса при наполнении цистерны до заданного уровня (датчик уровня), перекрытия всасывающего трубопровода (поплавковый клапан), ограничения давления в цистерне при сливе до 0,05...0,06 МПа (предохранительный клапан), ограничения разрежения в цистерне при наполнении до 0,08 МПа (предохранительный клапан). Во избежание непосредственного контакта оператора с исполнительными механизмами машина оборудована механизмом подачи и укладки заборного рукава.

Гидросистема машины предназначена для привода вакуумного насоса и механизма подачи и укладки рукава. Она состоит из маслобака, шестеренчатого насоса, манометра, двух гидрораспределителей, гидромоторов, дросселя, фильтра и трубопровода.

В машине предусмотрена система обмыва заборного рукава при его укладке в пенал, состоящая из большого бака для транспортирования воды, малого бака для непосредственной обмывки и соединительных рукавов. Вода из большого бака в малый поступает самотеком, из малого в моечный наконечник — под давлением, создаваемым пневмосистемой.

Для обогрева приемной камеры машины при эксплуатации в условиях низких температур используется тепло отработанных газов двигателя.

Вакуумная машина на большегрузном шасси в коммунальном хозяйстве не получила большого распространения. Это объясняется размерами машины, препятствующими ее въезду на дворовые территории домов небольшой площади без канализационных систем. Данная машина спроектирована для использования при очистке выгребных ям большой вместимости 50...100 м³, которые служат для приема жидких нечистот из домов, оборудованных системой канализации, но не присоединенных к городским канализационным системам.

Основные технические характеристики машин для транспортирования жидких бытовых отходов даны в табл. 5.7.

Главным параметром вакуум-машины является вместимость цистерны, которая определяет подачу вакуум-насоса. Рекомендуется использовать следующую зависимость:

$$Q_{o.n} = (1,5...2,0)V_{ц}, \quad (5.48)$$

где $Q_{o.n}$ — подача вакуум-насоса, м³/мин; $V_{ц}$ — вместимость цистерны, м³.

Обычно на вакуум-машинах применяют насосы ротационного типа с пластинами. Подача (в м³/мин) такого насоса:

$$Q_{o.n} = 2eB(\pi \cdot D - b \cdot Z)n \cdot \eta_{об}, \quad (5.49)$$

где e — эксцентриситет насоса:

$$e = R - R_o;$$

R — радиус корпуса насоса, м; R_o — радиус ротора, м; B — длина рабочей части корпуса, м; D — диаметр корпуса, м; b — толщина пластины, м; Z — число пластин; n — частота вращения ротора, об/мин; $\eta_{об}$ — объемный КПД насоса.

Для определения $\eta_{об}$ (%) рекомендуется применять эмпирическую формулу:

$$\eta_{об} = 100 - 9P_{н}/P_{к}, \quad (5.50)$$

где $P_{н}$ — начальное давление в цистерне, Па; $P_{к}$ — конечное давление в конце процесса заполнения цистерны, Па.

При отсасывании жидких отходов возникает сопротивление (Па):

$$H_{\Sigma} = \rho_{н} \cdot g(H + h_1 + h_2), \quad (5.51)$$

где $\rho_{н}$ — плотность нечистот, кг/м³; H — максимальная высота подъема нечистот в конце процесса заполнения цистерны:

$$H = H_B + H_H, \quad (5.52)$$

где H_B — заданная максимальная глубина очищаемого колодца или выгребя; H_H — максимальная высота подъема нечистот над дорожным покрытием; h_1 — потери напора, возникающие при движении нечистот по всасывающему рукаву; h_2 — местные потери напора, возникающие при входе нечистот во всасывающий рукав и выходе из него.

Обычно определить h_2 трудно, поэтому, исходя из накопленного опыта, принимают $h_1 + h_2 = 1,2h_1$.

Потери напора h_1 (м) вызываются, трением нечистот о стенки рукава и могут быть определены по формуле:

$$h_1 = \frac{v^2 l \cdot \lambda}{d \cdot 2g}, \quad (5.53)$$

Таблица 5.7. Основные технические характеристики мусоровозов для транспортирования жидких отходов

Параметры	КО-413	КО-415А	М-30А	КО-505	КО-508
Базовое шасси	ГАЗ-5302	КамАЗ-53213	ГАЗ-53А	КамАЗ-53213	ГАЗ-53А
Вместимость кузовов и цистерны, м ³	7,5	23	—	10	3,55
Транспортная скорость, км/ч	45	50	45	50	45
Наибольшая высота всасывания, м	—	—	—	4,5	4
Наибольшее давление, создаваемое в цистерне, МПа	—	—	—	0,06	0,06
Подача вакуум-насоса, м ³ /ч	—	—	—	240	240
Габаритные размеры, м	5,9×2,34×2,7	8,6×2,5×3,35	6,7×2,45×3,13	8,2×2,5×3,83	6,4×2,2×2,6
Масса машины, кг	4 500	11 400	5 245	10 500	3 750

где v — средняя скорость движения нечистот по рукаву, м/с; l — длина рукава, м; λ — коэффициент сопротивления:

$$\lambda = 0,11 \left(K_3 / d + 68 / R_l^{0,25} \right) \quad (5.54)$$

$$\text{или } \lambda = 0,11 (K_3 / d) 0,25, \quad (5.55)$$

K_3 — коэффициент, характеризующий шероховатость рукава, $K_3 = 0,5$; R_l — число Рейнольдса:

$$R_l = v_{cp} \cdot d / \nu, \quad (5.56)$$

где v_{cp} — средняя скорость движения нечистот в рукаве, м/с; ν — кинематическая вязкость жидкости, $\nu = 0,8 \dots 1,0$ м²/с; d — внутренний диаметр рукава, м.

Вторая формула применяется в случае, если $R_l > 700$.

В связи с наличием в нечистотах крупных фракций, которые при малых скоростях движения по рукаву могут выпадать, следует принимать $v > 1,5 \dots 2,5$ м/с.

Помимо определения H_Σ , характеризующей максимальное сопротивление в конце процесса заполнения цистерны, представляет интерес вычисление H_0 , т.е. разряжение в цистерне, которое требуется создать, чтобы началось движение нечистот по рукаву.

$$H_0 = \rho_n \cdot g (H_1 + h_1 + h_2), \quad (5.57)$$

где H_1 — расстояние от точки забора нечистот в выгребе до нижней части цистерны.

Плотность ρ_n нечистот колеблется в пределах от 1 000 до 1 200 кг/м³. При расчетах рекомендуется принимать $\rho_n = 1 100$ кг/м³. Следует учитывать, что система воздухопроводов, рукава и цистерны обычно не имеют полной герметичности, поэтому максимальное разряжение $H_{max} = 1,2 H_\Sigma$.

5.7. Мусороперегрузочные станции

В последние годы в мировой и отечественной практике наблюдается тенденция замены прямого вывоза ТБО двухэтапным с использованием мусороперегрузочных станций и транспортных мусоровозов большой вместимости. Эта технология особенно активно внедряется в крупных городах, в которых полигоны ТБО расположены на значительном расстоянии от города.

Двухэтапная система включает в себя следующие технологические процессы:

- сбор ТБО в местах накопления;
- вывоз собирающими мусоровозами на мусороперегрузочную станцию (МПС);
- перегрузка в большегрузные транспортные средства;
- перевозка ТБО к местам захоронения или утилизации;
- выгрузка ТБО.

На ряде МПС используется система извлечения из ТБО утильных элементов.

Использование МПС позволяет:

- снизить расходы на транспортирование ТБО в места обезвреживания;
- уменьшить количество собирающих мусоровозов;
- сократить суммарные выбросы в атмосферу от мусоровозного транспорта;
- улучшить технологический процесс складирования ТБО.

С точки зрения охраны окружающей среды применение МПС уменьшает количество полигонов для складирования ТБО, снижает интенсивность движения по транспортным магистралям и т.д. Преимущества, которые дает применение МПС, зависят от решения ряда технических и организационных вопросов. В их числе выбор типа МПС и применяемого на ней оборудования, включая большегрузный мусоровозный транспорт, места расположения МПС, ее производительности и определения количества таких станций для города.

Основным классификационным признаком применяемых МПС является их производительность. По производительности, т/сут, МПС подразделяются на три группы: малые (не более 50 т/сут); средние (50...150 т/сут); крупные (свыше 150 т/сут).

По исполнению МПС бывают одно- и двухуровневые. На одноуровневых МПС в качестве грузоподъемных механизмов используют ленточные, пластинчатые или скребковые питатели, грейферные ковши, скип-подъемники и т.д.

МПС в двух уровнях получили большее распространение. При строительстве МПС в двух уровнях используют рельеф местности. На верхнем уровне производят разгрузку в бункер собирающих мусоровозов, а на нижнем — загрузку ТБО в транспортные мусоровозы.

Вместимость бункера-накопителя должна обеспечивать запасы ТБО для бесперебойной работы МПС в случае неравномерной доставки отходов.

По способу загрузки ТБО МПС выполняют с уплотнением и без уплотнения отходов. МПС без уплотнения ТБО эффективны лишь при малой производительности. Большее распространение получили МПС со стационарными прессами для уплотнения ТБО в кузове транспортных мусоровозов. Благодаря уплотнению ТБО можно максимально использовать полезную грузоподъемность транспортных мусоровозов. Наиболее простой технологической системой двухэтапного вывоза ТБО является система, основанная на применении оборудования «Мультилифт» (Финляндия). Систему применяют в Санкт-Петербурге. Она предусматривает одноуровневую и эстакадную загрузку сменных кузовов транспортных мусоровозов. Комплект машин двухэтапной системы сбора и удаления отходов включает собирающие и транспортные мусоровозы. Собирающие мусоровозы оснащены контейнерами «Пухто» и механизмами сменного кузова «Мультилифт» различной конструкции. Механизм подъема собирающего мусоровоза, применяемого при одноуровневой системе, позволяет поднимать кузов на высоту до 2,5 м с последующим его опрокидыванием.

Описанная система сбора и удаления ТБО снижает себестоимость вывоза 1 м³ отходов до 25 %, уменьшает капвложения (за счет сокращения количества собирающих мусоровозов) до 30 %, сокращает численность обслуживающего персонала и позволяет экономить горюче-смазочные материалы до 35 %.

Недостатком системы является отсутствие уплотнения отходов в кузовах-контейнерах как при сборе, так и при вывозе отходов, из-за чего недоиспользуется грузоподъемность базового шасси автомобиля. Указанного недостатка лишены МПС с применением различных стационарных уплотнительных устройств, используемых при перегрузке отходов в транспортный мусоровоз. Компонировочные схемы МПС с применением стационарных уплотнителей предусматривают, как правило, двухъярусные сооружения: верхнюю площадку для разгрузки собирающих мусоровозов и нижнюю с уплотнителем и кузовом-контейнером. В процессе работы последние состыковывают со стационарным уплотнителем специальными механизмами.

За рубежом в качестве транспортных средств большой грузоподъемности используют железнодорожные платформы, речные и морские баржи. В зарубежной практике считается экономически целесообразным применять железнодорожный транспорт при перевозке ТБО на расстояния, превышающие 150 км. Стоимость перевозки водным путем на баржах примерно на 30 % ниже, чем на железнодорожном. При перевозках

до 100 км наиболее дешевым является автомобильный транспорт. Водный транспорт становится существенно дешевле автомобильного и железнодорожного при дальности перевозок более 200 км.

Ведущими зарубежными фирмами разработаны различные технические решения МПС, отличающихся высокой производительностью, большой вместимостью пресс-контейнеров, современной технологией загрузки в пресс-камеру уплотнителя и предварительной обработки отходов. Фирма «Партек» (Финляндия) изготавливает оборудование для мусороперегрузочных станций различной производительности. Основу технологического процесса составляют стационарные уплотнители, стыкуемые с пресс-контейнером.

МПС представляет собой двухъярусное сооружение с разницей отметок между нижним и верхним ярусом 5...7 м (рис. 5.22).

Мусоровоз 1 выгружает ТБО в приемный бункер, в который с помощью разбрызгивателя 3 подается для увлажнения мусора вода. Для извлечения из приемного бункера крупных металлических предметов, не подлежащих дроблению, мусороперегрузочная станция оборудована грейферным рабочим органом 2.

Над загрузочным отверстием стационарного уплотнителя 7, стыкуемого со сменным кузовом-контейнером 5 находится бункер-накопитель 4, снабженный ворошителем.

Ворошитель выполнен в виде сектора, установленного на боковой стенке бункера, вращающегося вокруг горизонтальной оси и соединенного с гидроцилиндром привода. Разрыхлитель ворошит находящиеся в приемном бункере отходы, исключая их слеживаемость и самоуплотнение, а также производит дробление крупногабаритных предметов. Уплотнитель обслуживают три сменных кузовных контейнера, вместимость каждого из них составляет 30 м³. Один контейнер находится под загрузкой, другой, заполненный, ожидает своей очереди для отправки, третий установлен на шасси транспортного мусоровоза, осуществляющего вывоз ТБО. Подобного типа МПС с использованием прессового оборудования фирмы «Партек» строятся и в Москве.

Перестановку контейнеров осуществляют с помощью подвижных тележек 6, установленных на рельсах и подводимых под контейнер.

Перемещение тележек выполняют системой тросов и блоков, приводимой в действие гидромотором. Загрузку заполненного контейнера производят следующим образом: базовое шасси транспортного мусоровоза, оснащенного механизмом сменного кузова «Мультилифт», подают задним ходом к заполненному контейнеру, который устанавливают на раму и транспортируют.

В связи с тем, что в зимнее время возможно примерзание ТБО к внутренним стенкам контейнера, что может затруднить их самосвальную выгрузку в местах обезвреживания и переработки ТБО, внутренние поверхности контейнера обрабатывают специальным составом. Разбрызгивание жидкости производят под давлением насосом, установленным на МПС.

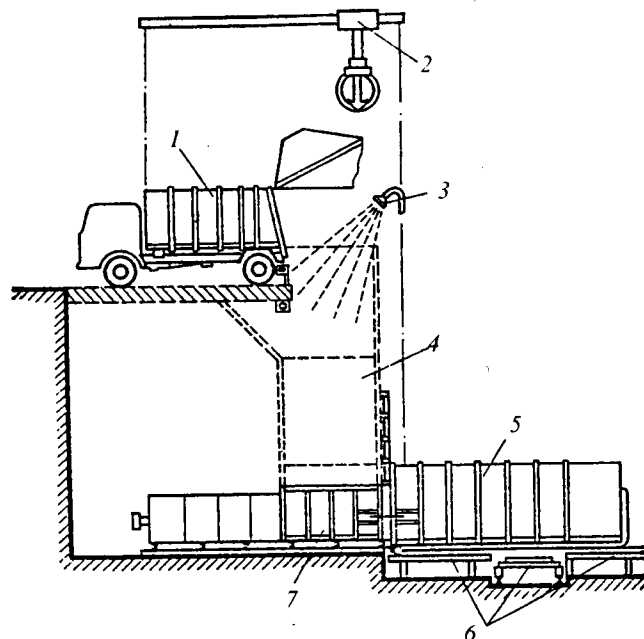


Рис. 5.22. Схема мусороперегрузочной станции с прессованием ТБО специальным уплотнителем

В России налажен серийный выпуск большегрузных транспортных мусоровозов, используемых при значительной дальности вывоза ТБО. В частности, большое применение получил мусоровоз КО-416 (рис. 5.23), представляющий собой автопоезд, состоящий из автомобиля тягача 1 (КамАЗ-54112) и полуприцепа, на базе которого монтируется кузовное оборудование 2 вместимостью 40 м³, способное транспортировать до 16 000 кг ТБО.

Технология загрузки транспортного мусоровоза ТБО заключается в следующем. Из собирающего малообъемного мусоровоза 4 ТБО перегружается в бункер-накопитель 3 МПС. Большегрузный мусоровоз устанавливают под загрузку так, чтобы загрузочное отверстие 5 кузова мусоровоза и выходное отверстие бункера — накопителя были совмещены. Оператор МПС открывает шиберную заслонку бункера, в котором находится ТБО, и в кузов поступает порция отходов в количестве 10...12 м³. Водитель включает привод уплотняющей плиты 6, которая после уплотнения возвращается в исходное положение.

Процесс заполнения кузова отходами сопровождается значительным (более чем в три раза) уплотнением ТБО. Это обеспечивается созданием на толкающей плите с помощью гидропривода большого усилия (до 300 кН). Опыт эксплуатации транспортных мусоровозов КО-416 показывает, что в него в среднем перегружается содержимое

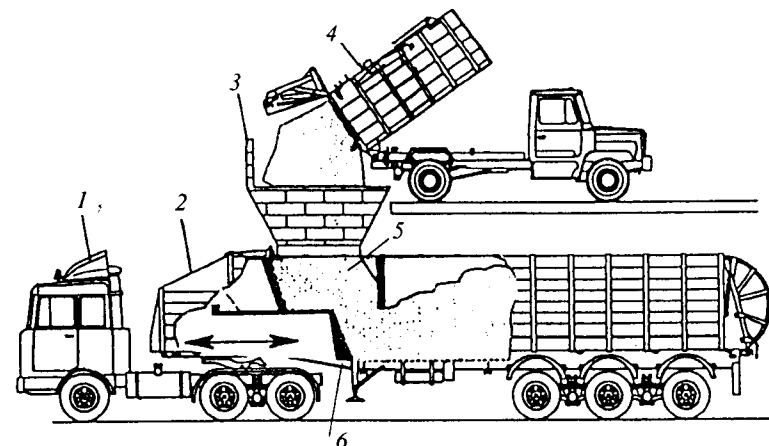


Рис. 5.23. Схема работы транспортного мусоровоза на мусороперегрузочной станции

кузовов 7...8 собирающих мусоровозов, таких, например, как КО-413.

После доставки ТБО в места обезвреживания и переработки осуществляется разгрузка транспортного мусоровоза, на что КО-416 затрачивает до 30 мин.

Применение мусороперегрузочных станций позволяет значительно сократить суммарный расход топлива собирающими большегрузными мусоровозами в сравнении с одноэтапным вывозом.

Контрольные вопросы

1. Перечислите состав и основные свойства ТБО.
2. Какова организация планово-регулярной системы удаления бытовых отходов в нашей стране?
3. Перечислите технические средства для сбора и удаления ТБО.
4. Расскажите о машинах для сбора и вывоза ТБО, их классификации, устройстве.
5. Приведите основы расчета мусоровозов для твердых бытовых отходов.
6. Приведите основы расчета механизма уплотнения ТБО плитой, поворотной в вертикальной плоскости.
7. Приведите основы расчета механизма уплотнения ТБО плитой с плоскопараллельным перемещением.
8. Что вы знаете о пневмотранспорте твердых бытовых отходов и принципиальной схеме его работы?
9. Расскажите о машинах для сбора и вывоза жидких бытовых отходов, их устройстве, принципе работы.
10. Каковы основы расчета машин для вывоза жидких бытовых отходов?
11. Расскажите о мусороперегрузочных станциях, их назначении, компоновочной схеме.

Глава 6.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И УНИЧТОЖЕНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Методы обезвреживания и переработки ТБО подразделяется: по конечной цели: ликвидационные (решающие в основном санитарно-гигиенические задачи) и утилизационные (решающие также задачи экономики — использование вторичных ресурсов);

по технологическому принципу: биологические, термические, химические, механические, смешанные.

Наибольшее распространение в мировой практике в настоящее время получили:

- складирование на полигоне;
- аэробное биотермическое компостирование;
- сжигание;
- пиролиз.

6.1. Полигоны ТБО и средства механизации работ

Наиболее распространенными в мировой и отечественной практике сооружениями по обезвреживанию ТБО являются полигоны.

Полигоны — комплексы природоохранных сооружений, предназначенных для складирования, изоляции и обезвреживания ТБО, которые обеспечивают защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод и препятствуют распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

Полигоны размещаются за пределами городов и других населенных пунктов. Размер санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона 500 м (СНиП 2.07.01-89).

Полигон устраивают там, где его основанием могут служить глины и тяжелые суглинки. Там, где глины нет, приходится устраивать специальное водонепроницаемое основание, что приводит к существенным дополнительным затратам, но кардинально не решает проблему. Площадь земельного участка выбирается с условием его эксплуатации в течение 15...20 лет. С экологической точки зрения следует отметить, что полигон наряду с фильтратом, загрязняющим водоисточники, выбрасывает в атмосферу метан и другие токсичные газы, что не только загрязняет воздух вблизи полигона, но, по последним исследованиям, отрицательно влияет на озоновый слой земли. При захоронении на полигоне теря-



Рис. 6.1. Основные операции по эксплуатации полигонов ТБО

ются все ценные вещества и компоненты ТБО. Однако с учетом невысоких (по сравнению с мусоросжигательными и мусороперерабатывающими заводами) капитальных затрат полигоны еще многие годы будут оставаться самым распространенным методом обезвреживания ТБО.

Основные операции, связанные с эксплуатацией полигонов ТБО, показаны на рис. 6.1.

Все работы по складированию, уплотнению и изоляции ТБО на полигонах выполняются механизированно. Пребывающие на полигоне мусоровозы разгружаются на площадке, отведенной на данные сутки (рабочая карта). Не допускается беспорядочное складирование ТБО по всей площади полигона за пределами рабочей карты.

Устанавливаются следующие размеры рабочей карты: ширина 5 м (для траншейных карт — 12 м), длина 30...150 м.

Площадка разгрузки мусоровозов перед рабочей картой разбивается на два участка. На одном участке разгружаются мусоровозы, на другом работают бульдозеры или катки-уплотнители. Размещение мусоровозов на площадке разгрузки должно обеспечить беспрепятственный выезд каждой разгрузившейся машины.

Картовое складирование предполагает устройство временной дороги к группе карт. Параметры временных дорог принимаются в соответствии со СНиП 2.05.07-85.

На выезде из полигона оборудуется контрольно-дезинфицирующая зона с устройством железобетонной ванны длиной 8 м, глубиной 0,3 м для дезинфекции колес мусоровозов. Ванна заполняется 3%-ным раствором лизола и опилками.

Для сдвигания ТБО на рабочую карту используются бульдозеры всех типов (см. раздел 8.3).

Полный цикл работы бульдозера при перемещении ТБО состоит из следующих этапов: внедрение отвала в ТБО, перемещение ТБО к месту укладки, возвращение машины в первоначальное положение. Наиболее распространенной схемой циклической работы бульдозера является челночная схема, при которой обратный (холостой) ход выполняется задним ходом без разворота машины.

Бульдозеры сдвигают ТБО на рабочую карту, создавая слои высотой до 0,5 м. За счет 12...20 уплотненных слоев создается вал с пологим откосом высотой 2 м над уровнем площадки разгрузки мусоровозов. Вал следующей рабочей карты «надвигают» к предыдущему (складирование по методу «надвиг»). При этом методе отходы укладывают снизу вверх. Уплотненный слой ТБО высотой 2 м изолируется слоем грунта 0,25 м.

Складирование ТБО методом «сталкивания» осуществляется сверху вниз. Высота откоса должна быть не более 2...3 м. При методе «сталкивания» в отличие от метода «надвига» мусоровозный транспорт разгружается на верхней изолированной поверхности рабочей карты, образованной в предыдущий день. По мере заполнения карт фронт работ движется вперед по уложенным в предыдущие сутки ТБО.

Уплотнение уложенных на рабочей карте ТБО слоями до 0,5 м осуществляется бульдозерами массой 14 т на базе тракторов мощностью 60...108 кВт или катками с кулачковыми вальцами (см. раздел 8.4). Уплотнение слоями более 0,5 м не допускается. Бульдозеры или катки, уплотняющие ТБО, должны двигаться вдоль длинной стороны карты. При 2-кратном проходе бульдозера уплотнение ТБО составляет 570...670 кг/м³, при 4-кратном проходе — 670...800 кг/м³.

Для обеспечения равномерной просадки ТБО необходимо на полигоне два раза в год производить контрольное определение степени уплотняемости.

В табл. 6.1 представлены нормы потребности в бульдозерах и уплотняющих катках (шт.) при разравнивании бытовых отходов.

Для каждого полигона ТБО разрабатывается специальный проект мониторинга, включающий:

контроль состояния подземных и поверхностных водных объектов, атмосферного воздуха, почв и растений, шумового загрязнения в зоне неблагоприятного влияния полигона;

систему управления технологическими процессами на полигоне, обеспечивающую предотвращение загрязнения подземных и поверхностных водных объектов, атмосферного воздуха, почв и растений, шумового загрязнения выше допустимых пределов в случае обнаружения загрязняющего влияния полигона.

Таблица 6.1. Нормы потребности в бульдозерах и катках-уплотнителях (шт.) при разравнивании твердых бытовых отходов

Годовой объем отходов, поступающих на полигон, тыс. м ³	Бульдозеры мощностью, кВт (л.с.)			Катки-уплотнители
	легкие	средние	тяжелые	
	50—60 (68—82)	60—70 (82—96)	90—120 (14—163)	
30	—	1	—	—
60	1	1	—	—
120	2	1	—	—
180	—	—	2—3	—
240	—	—	3	—
360	—	—	—	2
800	—	—	—	4
1 000	—	—	6	2
1 500	—	—	—	8
2 000	—	—	9	4
3 000	—	—	—	16

Контроль за загрязнением грунтовых вод осуществляется с помощью взятия проб из контрольных колодцев, скважин или шурфов, заложенных по периметру полигона.

Перед взятием пробы необходимо произвести откачку или водоотлив (вода в контрольных колодцах, скважинах или шурфах застаивается). Необходимо следить, чтобы при этой операции в воду вместе со шлангом или другими материалами не было внесено загрязнение.

Регулярной очистке и взятию проб воды подлежат водоотводные каналы, загрязнения из которых могут попасть в поверхностные воды.

В случае установления загрязнения атмосферы выше предельно-допустимой концентрации ПДК на границе санитарно-защитной зоны и выше ПДК_{р.з} в рабочей зоне полигона (табл. 6.2) в соответствии с системой управления технологическими процессами должны быть приняты меры по нормализации показателей.

Для исключения несанкционированного складирования отходов, содержащих радионуклиды, поступающие на полигон отходы проходят радиационный дозиметрический контроль. Для этих целей используются геологоразведочные поисковые приборы СРП-68-01 или СРП-88Н.

Промышленные отходы (ПО), допускаемые для совместного складирования с ТБО, должны отвечать следующим требованиям: иметь влажность не менее 85 %, не быть взрывоопасными, самовоспламеняющимися, самовозгорающимися. Основным санитарным условием является требование, чтобы токсичность смеси промышленных отходов с бытовыми не превышала токсичности бытовых отходов по данным анализа водной вытяжки. Заключение о возможности приема и совместного складирования ПО и ТБО выдается ЦСЭН, на основе анализов лаборатории диагностики полигона, либо анализов ЦСЭН, проводимых по договорам с предприятиями—поставщиками отходов.

Таблица 6.2. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) основных загрязняющих веществ, выделяющихся в атмосферный воздух на полигонах ТБО

Вещество	ПДК, мг/м ³		ПДК рабочей зоны, мг/м ³
	максимально разовая	среднесуточная	
Пыль нетоксичная	0,5	0,15	4
Сероводород	0,008	—	10
Оксид углерода	5	3	20
Оксид азота	0,4	0,06	5
Ртуть металлическая	—	0,0003	0,01
Метан	—	50	—
Аммиак	0,2	0,04	5
Бензол	1,5	0,1	15
Трихлорметан	—	0,3	—
4-хлористый углерод	4	0,7	20
Хлорбензол	0,1	0,1	100

Промышленные отходы IV класса опасности, принимаемые без ограничений в количественном отношении и используемые в качестве изолирующего материала, указаны в табл. 6.3.

Категорически запрещается вывоз на полигоны радиоактивных, токсичных и биологически опасных отходов.

В период сухой, жаркой погоды полигоны должны быть обеспечены средствами для увлажнения ТБО.

На территории полигона категорически запрещается сжигание ТБО.

По периметру всей территории полигона ТБО проектируется ограждение. Ограждения могут заменять осушительная траншея глубиной более 2 м и вал высотой более 3 м.

Для рытья глубоких траншей используются многоковшовые экскаваторы (см. раздел 8.3).

Многоковшовые экскаваторы выполняют все операции по резанию, транспортированию и разгрузке грунтов одновременно и непрерывно. В результате совмещения операций многоковшовые экскаваторы имеют высокую производительность и применяются для отрывки траншей глубиной 0,5...4,5 м при ширине 0,14...2,1 м. Траншеи могут быть отрыты как в талых грунтах, так и в сезонно-мерзлых.

6.2. Мусороперерабатывающие заводы

Основной задачей мусороперерабатывающих заводов (МПБО) является обезвреживание твердых бытовых отходов (ТБО) с целью охраны окружающей природной среды от загрязнений.

Метод механизированного биотермического компостирования в мировой практике начал применяться в двадцатые годы прошлого века, когда была доказана возможность обезвреживания ТБО за 20...30 суток

Таблица 6.3. Перечень промышленных отходов IV класса опасности, принимаемых на полигоны твердых бытовых отходов без ограничения и используемых в качестве изолирующего материала

Код группы и вида отходов	Вид отхода
1.24.01.	Алюмосиликатный шлак СБ-г-43-6
1.36.02.1	Асбестоцементный лом
1.36.02.2	Асбокрошка
1.39.01	Бентонита отходы
1.31.01	Графит отработанный производства карбида кальция
1.39.02	Гипсодержащие отходы производства карбида кальция
1.39.03	Известь-кипелка, известняк, шламы после гашения
1.39.04	Мела химически осажденного твердые отходы
1.39.05	Оксид алюминия в виде отработанных брикетов (при производстве $AlCl_3$)
1.39.06	Оксид кремния (при производстве ПВХ и $AlCl_3$)
1.39.07	Паранита отходы
1.39.08	Плав солей сульфата натрия
1.39.09	Селикагель (из адсорберов осушки нетоксичных газов)
1.24.02	Селикагеля производства шлам с фильтр-прессов (содержит глину и кремнезем)
1.24.03	Содалы гранулированной шлам
1.24.04	Содово-цементного производства отходы дистилляции в виде $CaSO_4$
1.29.00	Формовочные стержневые смеси, не содержащие тяжелых металлов
1.24.05	Химводоочистки и умягчения воды шламы
1.27.01	Хлорид-натриевые осадки сточных вод производства лаковых эпоксидных смол
1.39.10	Хлорная известь нестандартная
1.36.02.3	Шиферного производства твердые отходы
1.39.1	Шлаки ТЭЦ, котельных, работающих на угле, торфе, сланцах или ТБО
1.39.12	Шлифовальные материалы

в аэробных условиях. Первые промышленные установки были рассчитаны на небольшую производительность и не могли решить проблему обезвреживания ТБО крупного или среднего по величине города.

Разработанные в тридцатые годы XX века биотермические барабаны превратили аэробное биотермическое компостирование в широко применяемую промышленную технологию обезвреживания и переработки ТБО.

Биотермические барабаны, в отличие от различного рода неподвижных и биотермических камер, обеспечивают:

интенсивную, принудительную аэрацию ТБО;

измельчение и гомогенизацию компостируемого материала, что приводит к увеличению удельной поверхности, улучшению водного и воздушного режимов термофильной микрофлоры;

пассивный первоначальный разогрев свежепоступающего материала.

Все эти факторы позволяют сократить время экспозиции, необходимое для предферментации и обезвреживания компостируемого материала с 20...30 до 2...4 суток.

Первые заводы МПБО включали минимальный набор оборудования: приемный бункер, оснащенный пластинчатым питателем, биотермический барабан, магнитный сепаратор и грохот. Современные заводы, наряду с этим, комплектуют дробилками для компоста, сепараторами цветных металлов, стекла, полимерной пленки, грохотами для повторного контрольного грохочения, оборудованием для термического обезвреживания некомпостируемых фракций. Кроме этого обеспечивается полная механизация всех основных технологических процессов и исключается непосредственный контакт персонала с необезвреженными ТБО.

Мусороперерабатывающие заводы при всем разнообразии технологических и конструктивных схем имеют оборудование для трех основных технологических операций, обеспечивающих законченный цикл обезвреживания ТБО: для приема и предварительной подготовки ТБО; биотермического аэробного компостирования; окончательной обработки и складирования компоста. На комплексных заводах, кроме того, предусматривают сжигание или пиролиз отделившихся при предварительной и окончательной обработке ТБО некомпостируемых фракций. В зависимости от принятого типоразмера биобарабана и числа технологических линий мусороперерабатывающие заводы проектируют производительностью от 150...300 тыс. до 1,5 млн. м³ ТБО за год.

На основе научных исследований и многолетнего практического опыта на заводах МПБО принята такая последовательность технологических операций. Прибывающие на завод мусоровозы взвешиваются на автовесах и разгружаются в приемный (или резервный) бункер, оснащенный пластинчатым питателем. Питатель подает равномерным слоем отходы на ленточный конвейер, проходящий под сепаратором черного металлолома. Далее конвейер направляет ТБО в загрузочную головку биотермического барабана. На некоторых заводах осуществляется прямая загрузка питателем биобарабана; в этом случае черный металл до биобарабана не извлекается.

После двухсуточной экспозиции материала в биобарабане обезвреженная масса направляется в грохот, где очищается от фракций крупнее 45...60 мм, содержащих непрокомпостированный материал. Из мелкой и крупной фракции извлекают черный и цветной металлолом. Фракции крупнее 46...60 мм направляют на свалку, сжигание или пиролиз, а мелкие очищают на специальном сепараторе от пластмассовой пленки, подвергают повторному грохочению на ситах 10...15 мм и отправляют на площадку дозревания, где складывают в штабеля. По мере необходимости компост из штабелей отправляют потребителям. Извлеченный магнитными сепараторами черный металлолом поступает на пакетировочный пресс, а затем в виде спрессованных блоков на склад готовой про-

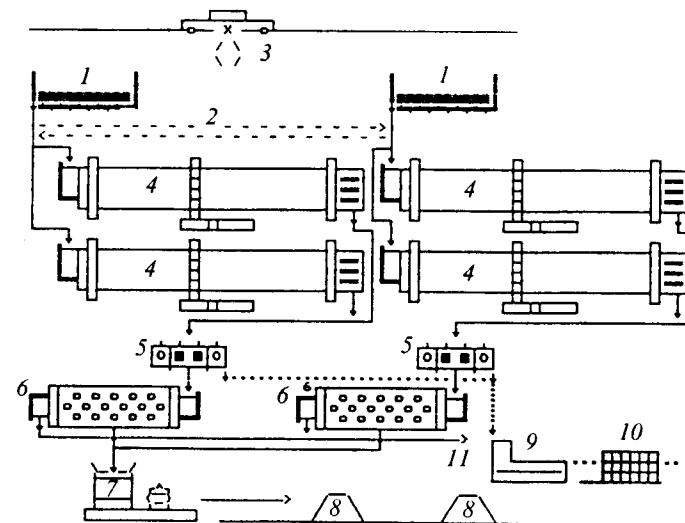


Рис. 6.2. Схема завода по комплексной переработке бытовых отходов

дукции. Технологические схемы отечественных заводов, выполненные по этому принципу, отличаются в основном методами комплектования технологических линий.

Завод по комплексной переработке бытовых отходов, показанный на рис. 6.2, состоит из двух приемных бункеров 1 с пластинчатым питателем, перекидного конвейера 2, грейферного крана 3 для загрузки ТБО, четырех биотермических барабанов 4, электромагнитных сепараторов 5, двух барабанных грохотов 6. После грохотов материал движется по одной технологической линии, включающей дробилку 7 и конвейер, подающий компост на склад 8. Металлические отходы поступают на пакетировочный склад 9 и далее на склад металлолома 10.

Недостатком данной схемы является единая линия движения материала после грохотов. Опыт эксплуатации заводов показывает, что наиболее целесообразны схемы заводов с независимыми технологическими линиями, включающими полный набор оборудования равной производительности.

В схемах комплексных заводов, при необходимости, предусматривается предварительный (до компостирования) отбор фракций ТБО крупнее 300 мм (в основном дерево, картон, текстиль), которые направляются на сжигание вместе с сырым низкокалорийным отсевом контрольного грохота, что улучшает тепловую способность сжигаемого материала.

Выход компоста колеблется от 60 до 68 % массы ТБО, что зависит от влажности поступающего материала и длительности пребывания компоста на складе готовой продукции (площадке дозревания).

Если на комплексном заводе предусмотрено предварительное грохо-

чение ТБО, то 40...50 % материала с первичного грохота направляют на сжигание. В этом случае на компостирование поступает 50...60 % ТБО и соответственно выход компоста составляет 38...42 %.

К основным технологическим операциям мусоропереработки относятся: предварительная подготовка ТБО, биотермическое аэробное компостирование, контрольная сортировка прокомпостированного материала, извлечение черного металлолома, извлечение цветного металлолома, сепарация стекла, доизмельчение компоста, складирование компоста.

Предварительная подготовка ТБО. Прибывающие на завод мусоровозы после взвешивания направляются в приемное отделение, где обеспечиваются их быстрая разгрузка и равномерная непрерывная подача на переработку ТБО.

Система вентиляции и герметизации приемного отделения должны обеспечивать предотвращение проникания пыли, запахов, а также мух и грызунов за пределы приемного отделения. Этим требованиям отвечают получившие распространение закрытые приемные отделения, внутрь которых въезжает мусоровоз для разгрузки на специально оборудованных (приемных) постах.

Для быстрой разгрузки мусоровозов проектируют необходимое количество приемных постов n , которое определяется по формуле

$$n = \frac{P_{\text{сут}} \cdot t \cdot K_1}{E \cdot T}, \quad (6.1)$$

где $P_{\text{сут}}$ — суточная производительность завода по приему ТБО, т; t — продолжительность полного цикла разгрузки мусоровоза (с учетом времени заезда и выезда), ч; K_1 — коэффициент, учитывающий неравномерность прибытия мусоровозов ($K_1 = 1,5$); E — масса ТБО, перевозимых за один рейс, т; T — продолжительность работы приемного отделения (в течение сут), ч.

Полученные значения n округляют до большего целого.

Равномерность подачи ТБО обеспечивают необходимым объемом и конструкцией приемного бункера и использованием пластичных питателей. Длину приемного бункера, оборудованного пластинчатым питателем, выбирают в зависимости от количества разгрузочных постов.

На каждый бункер, оснащенный пластинчатым питателем, проектируют один или два разгрузочных поста. Вид и количество постов уточняют в зависимости от состава парка мусоровозов конкретного города. Стенки бункера для предотвращения зависания на них ТБО выполняют вертикальными или с углом наклона к горизонту не менее 70...80°. Нижняя часть бункера примыкает к полотну питателя через резиновое уплотнение. При необходимости проектируют резервные бункеры.

Над бункерами устанавливается подвесная кран-балка с захватом для удаления случайно попавших крупногабаритных предметов. Резервный бункер оснащается краном с грейферным оборудованием. Проникновению запахов и пыли препятствует герметизация помещения (ворота

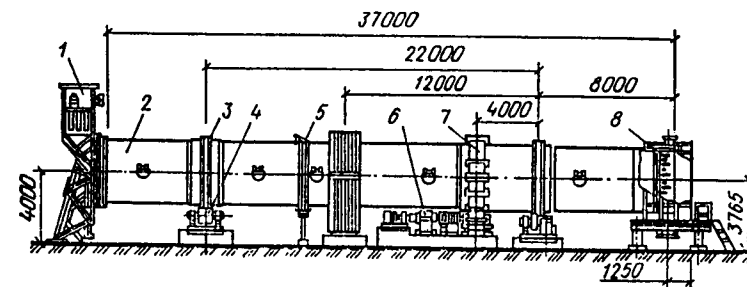


Рис. 6.3. Биотермический барабан: 1 — загрузочная головка; 2 — корпус (цилиндр) биобарабана; 3 — бандаж; 4 — роlikоопора; 5 — контактные кольца термодатчиков; 6 — электропривод; 7 — венцовая шестерня; 8 — перфорированная (разгрузочная) обечайка

с уплотнениями, закрываемые после окончания загрузки), местный отсос у приемного бункера, вытяжная вентиляция, обеспечивающая при закрытых воротах в приемном отделении отрицательное давление. Пожаробезопасность обеспечивается системой огнетушения.

Биотермическое аэробное компостирование. Первая (основная, с точки зрения обезвреживания ТБО) стадия процесса аэробного биотермического компостирования ТБО на современных мусороперерабатывающих заводах осуществляется в горизонтальных вращающихся барабанах. Вторая стадия — в штабелях на площадке дозревания.

На всех отечественных заводах процесс аэробного биотермического компостирования ведется в биотермических барабанах, изготовленных на базе цементных печей (рис. 6.3).

Биотермический барабан представляет собой сварной стальной цилиндр, установленный на двух или трех роlikоопорах с уклоном в сторону разгрузочного устройства. Оси роlikов современных биобарабанов вращаются в подшипниках качения (в первых сериях — в подшипниках скольжения). От продольного смещения биобарабан удерживают упорные роlikи, установленные на одной опоре (ближайшей к разгрузочному устройству). Биобарабан может вращаться с двумя скоростями.

На большой скорости вращение осуществляется от двигателя главного привода через цилиндрический редуктор, выходная шестерня которого входит в зацепление с венцовой шестерней барабана; на малой скорости — через двигатель вспомогательного привода и дополнительный цилиндрический редуктор.

ТБО загружают через окно загрузочной головки. В загрузочной части корпуса приварены полосы в виде шнека для лучшего извлечения материала из загрузочной головки. Разгружают материал через разгрузочное устройство, оборудованное сегментным затвором. Поворот штор сегментного затвора осуществляют приводами, укрепленными на корпусе биобарабана. Разгрузочный конец биобарабана для равномер-

ной подачи материала на рабочий конвейер выполнен в виде перфорированной обечайки. К внутренней поверхности обечайки крепятся сменные решетки, а к торцу обечайки со стороны выгрузки — подпорное кольцо.

Перфорация решетки выполнена в виде щелей, параллельных оси вращения биобарабана, шириной 100 и длиной 400 и 800 мм, или круглых отверстий диаметром 100 мм. Разгрузочные и загрузочные торцы биобарабана в местах перехода в стационарные камеры оснащены уплотнительными устройствами. В корпусе биобарабана устроены люки для замера уровня и отбора проб перерабатываемого материала.

Для аэрации компостируемого материала биобарабаны снабжены двумя или четырьмя разводящими воздуховодами, в которые вентиляторами подается воздух. Вентиляторы-наездники смонтированы на корпусе биобарабана и вращаются с ним. Нагрев воздуха обеспечивают нагревательными элементами типа ТЭН.

Техническая характеристика тепловентиляционного агрегата

Тип вентилятора	ВВД-5
Производительность, м ³ /час	1 400
Полный напор, кН/м ²	5
Мощность электродвигателя, кВт	5,5
Частота вращения, мин ⁻¹	2 890
Мощность нагревателей, кВт	6—14
Температура нагреваемого воздуха, °С	20—60

Между воздухопроводом и вентилятором-наездником установлено устройство, препятствующее попаданию в вентилятор фильтрата, песка и других мелких составляющих ТБО из биобарабана. Электроэнергия к вентиляторам-наездникам и к приводу сегментного затвора подается через щетки токосъемников, установленные на общей раме под кожухом, и троллейные кольца, укрепленные на корпусе барабана или через специальный коллектор, находящийся с разгрузочной стороны на оси барабана.

Для замера температуры перерабатываемых отходов внутри биобарабана в специальных предохранительных стаканах смонтированы термодатчики, соединенные с контактными кольцами, установленными на барабане. Через скользящие контакты сигнал от термодатчиков передается в помещение пульта управления на автоматический самопишущий потенциометр с пределом измерения 0...150 °С.

Для снижения износа внутренней части стенок биобарабана по всей длине корпуса к ним приварены ребра из стальной полосы, образующие естественную футеровку. Для сокращения теплопотерь и ускорения подъема температуры поверхность биобарабанов покрывают теплоизоляционными плитами. Теплоизолятором может служить полистирольный пенопласт ПСВ-С (самозатухающий). Слой теплоизолятора (25...50 мм) выбирают из условия теплопроводимости поверхности не более 0,5...1 Вт/(м² · град). При использовании ПСВ-С необходимо предусматривать устройство наружной

оболочки из несгораемого материала (например, оцинкованного железа), а также промежуточных несгораемых поясов по длине биобарабана.

Биотермическое разложение органического вещества происходит в результате жизнедеятельности сапрофитных аэробных микроорганизмов, способных выделять при биохимических реакциях обмена веществ определенное количество тепла. Требуемая для биотермического процесса микрофлора уже имеется в ТБО в необходимых количествах. Активизацию ее жизнедеятельности обеспечивают за счет:

- увеличения удельной поверхности при измельчении ТБО;
- аэрации компостируемой массы в объеме 0,2...0,8 м³ на 1 кг перерабатываемого материала;
- перемешивания материала;
- поддержания влажности массы в пределах 45...55 %;
- теплоизоляции, способствующей сохранению выделяющегося тепла и подъему температуры компостируемого материала.

Температура является одним из основных факторов, влияющих на биологическую активность. Вообще у каждой группы микроорганизмов имеется своя оптимальная температура, и любое отклонение от нее отмечается снижением их роста и активности.

Наилучшими условиями для образования компоста являются мезофильный и термофильный температурные пределы.

На первой стадии целесообразен мезофильный процесс (в верхнем пределе не выше 35°C), так как мезофильные бактерии более эффективно ускоряют процесс образования компоста. Однако, в связи с необходимостью обезвреживания ТБО, для чего требуется более высокая температура, на второй стадии процесса используется термофильный процесс образования компоста.

Наиболее эффективно биотермический процесс протекает в нижнем термофильном пределе, а именно от 50 до 55°C. Температура достаточно большой или теплоизолированной массы будет постепенно возрастать до термофильного предела из-за избыточной энергии.

Создавая в биотермическом барабане условия затрудненной теплоотдачи, удастся поднять температуру обезвреживаемого материала до 55...60°C, которая губительно действует на большинство болезнетворных микроорганизмов, яйца гельминтов и личинки мух. Непременным условием обезвреживания ТБО является выдержка компостируемого материала не менее 12 часов при температуре не менее 50°C.

Наряду с температурой важным обеззараживающим фактором являются антибиотические вещества (продуцируемые при биотермическом процессе микробами-антагонистами), которые, обладая литическими и бактерицидными свойствами, подавляют развитие патогенной микрофлоры или вызывают ее гибель.

Условно процесс аэробного биотермического компостирования разделяют на три фазы.

Первая характеризуется ускоренным размножением мезофильных

микроорганизмов с температурным оптимумом развития 20...35°C. Источником энергии для бактерий служат легкоразлагаемые органические соединения, содержащиеся в основном в пищевых отходах (углеводы, органические кислоты, белки). В процессе их жизнедеятельности выделяется тепловая энергия, способствующая нагреву компостируемого материала до 50°C.

Во второй фазе повышение температуры создает благоприятные условия для развития термофильных микроорганизмов, в результате жизнедеятельности которых увеличивается выделение тепла, ускоряются процессы разложения органического вещества. Температура компостируемого материала поднимается до 55...60°C. В зависимости от внешних условий первая фаза протекает от одного до нескольких дней, а вторая — до двух-трех месяцев. При двух-суточном цикле пребывания компостируемого материала в биотермическом барабане в нем успевает лишь начаться вторая фаза, которая завершается в штабелях на площадке созревания или в закрытом грунте при использовании получаемого на заводах материала в качестве биотоплива для теплиц.

Третья фаза — медленное падение температуры свидетельствует об использовании легкоразлагаемых органических соединений. В этой стадии термофильная микрофлора переходит в состояние спор, частично отмирая, а мезофильная начинает вновь размножаться благодаря тому, что обладает более разнообразной и мощной ферментативной системой, с помощью которой разлагаются более стойкие органические соединения (клетчатка и лигнин).

Потребность в кислороде непосредственно связана с интенсивностью разложения органического вещества в процессе аэробного биотермического компостирования. Минимально необходимая подача воздуха в биотермический барабан при активном биотермическом процессе составляет 0,12...0,15 м³ на 1 кг компостируемого материала, однако в реальных условиях подача воздуха значительно выше, так как аэрация используется и для некоторой подсушки компостируемого материала.

В соответствии с технологическим регламентом объем подаваемого воздуха (при необходимости подогретого до 60...70 °C) меняется по сезонам года и зависит от температуры и влажности компостируемого материала и степени заполнения биотермического барабана.

На отечественных заводах принят двух-трех суточный цикл пребывания компостируемого материала в биобарабане. Для обеспечения надежного перемешивания и измельчения компостируемого материала в биобарабанах необходимо за время двухсуточного цикла совершить не менее 2 000 оборотов. Выходящий из биобарабана материал имеет такой фракционный состав:

< 20 мм	60...70 %;
20...60 мм	14...18 %;
60...300 мм	15...20 %;
> 300 мм	1...2 %.

Содержащиеся в ТБО отдельные крупноволокнистые включения (проволока, текстиль, веревка и др.) могут в биобарабане складываться в крупные окатыши, которые периодически приходится из него удалять.

В процессе пребывания материала в биобарабане его плотность увеличивается с 160...230 кг/м³ до 700 кг/м³. Средняя плотность массы, находящейся в биобарабане, составляет 520...600 кг/м³. Увеличение длительности пребывания компостируемого материала с влажностью выше 50 % в биобарабане (особенно неподвижном) более трех суток нежелательно, т.к. может привести к увеличению плотности выше 1 000 кг/м³ и снижению эффективности аэрации.

Контрольная сортировка прокомпостированного материала. Для контрольной сортировки прокомпостированных ТБО используют бинарные сепараторы (грохоты), разделяющие материал на два потока. В качестве кода сепарации используют геометрические размеры фракций. Целью контрольной сортировки являются очистка компоста от балластных некомпостируемых фракций, имеющих, как правила, большие геометрические размеры.

Для контрольной сортировки прокомпостированного материала в настоящее время на всех отечественных мусороперерабатывающих заводах используют вращающиеся наклонные барабанные грохоты, оснащенные ситами с круглыми отверстиями.

Барабанные грохоты обладают большей «сопротивляемостью» к засорению, на них легче монтировать устройства для механической очистки сит. В барабанном сите компост перемещается по внутренней поверхности, пока не попадает в ячейку. Путь частички компоста зависит от угла наклона, диаметра и частоты вращения барабана, а также степени заполнения сечения. В зависимости от частоты вращения возможны три варианта поведения сепарируемого материала:

перекатывание каждой частички по сити практически без отрыва от его поверхности;

перемещение типа «водопад» (при значительно большей скорости вращения), когда частичка поднимается выше оси вращения и свободно падает по параболической траектории на поверхность сита;

«прилипание» частички компоста к поверхности сита за счет центробежной силы и прекращение сепарации.

Естественно, оптимальным является второй вариант работы барабанного грохота, так как при первом варианте его производительность мала, а при третьем эффективность сепарации стремится к нулю, т.к. сепаратор работает как центрифуга.

Критическая скорость вращения барабанных сит диаметром 2 и 2,5 мм, равна соответственно 30 и 27 об/мин.

Оптимальная скорость вращения сита находится в пределах 0,35...0,45 от критического значения. Отношение оптимальной частоты вращения к критической зависит от степени заполнения сечения барабанного грохо-

та. Чем выше заполнение сечения, тем большая нужна частота вращения для обеспечения метания частиц (второй вариант) внутри сита.

Значительное влияние на эффективность грохочения и производительность грохота оказывает угол наклона оси вращения сита к горизонту. Чем больше угол наклона, тем меньше времени находится материал в грохоте, а следовательно, выше его производительность, но ниже эффективность грохочения. Эффективность грохочения незначительно меняется при изменении угла наклона от 0 до 6°. При дальнейшем увеличении угла наклона эффективность сепарации резко падает.

За время пребывания в грохоте материал должен совершить не менее 6 оборотов внутри сита. Оптимальная частота вращения контрольных грохотов для компоста равна:

при диаметре 2 м	11...12 об/мин;
при диаметре 2,5 м	10...11 об/мин.

При частоте вращения 10...12 об/мин время пребывания материала в грохоте 30...36 с. Масса материала в грохоте при производительности 12...15 т/час — 120...140 кг. При плотности материала в грохоте 200 кг/м³ объем материала в грохоте составляет 0,6...0,7 м³.

Оптимальная степень заполнения грохота 0,12...0,14 от его объема.

Существенное влияние на производительность барабанных грохотов оказывает влажность разделяемого материала. Эффективное грохочение осуществляется при влажности обезвреживаемой массы не более 45...50 %. При большей влажности компост налипает на сита грохота, препятствуя нормальному протеканию процесса. Для обеспечения стабильной работы грохота требуется не реже одного раза в смену, а при влажности компостируемой массы выше 50 % не реже двух раз в смену, производить очистку сит.

Извлечение черного металлолома. Черный металлолом извлекают из ТБО, транспортируемых технологическими конвейерами (до загрузки их в биобарабан), а также из компоста и отсева с помощью подвесных ленточных саморазгружающихся электромагнитных железоотделителей (сепараторов).

На всех мусороперерабатывающих заводах, оснащенных отечественным оборудованием, для извлечения черного металлолома из ТБО и компоста применяют подвесные ленточные электромагнитные сепараторы. Сепаратор (рис. 6.4) состоит из рамы, электромагнита, ведомого и ведущего барабанов, верхних, поддерживающих ленту, барабанов, разгрузочной ленты, привода. Натяжение разгрузочной ленты производят перемещением ведомого и ведущего барабана по отношению к раме. Вращение ведущего барабана осуществляется цепной передачей от привода, состоящего из электродвигателя и редуктора. Электромагнит питается током от выпрямительной станции, выполненной в отдельном блоке. Сепаратор подвешивают над технологическим конвейером. Металлолом притягивается из зоны действия магнитного поля в зону разгрузки.

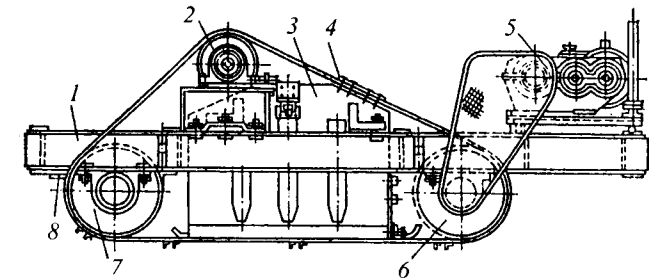


Рис. 6.4. Подвесной ленточный электромагнитный сепаратор для извлечения черного металлолома: 1 — рама; 2 — верхний промежуточный барабан; 3 — электромагнит; 4 — разгрузочная лента; 5 — привод; 6 — ведущий барабан; 7 — ведомый барабан; 8 — натяжной винт

Высота подвески и сила питающего тока ленточных магнитных сепараторов могут регулироваться, что позволяет в широких пределах менять магнитное поле. Оптимальное магнитное поле выбирают из условия извлечения из ТБО экономически и технологически оправданного металлолома. При слишком высокой напряженности магнитного поля будет извлекаться практически весь черный металл, но вместе с ним и немагнитные фракции, что приведет к недопустимому засорению металлолома. Напряженность магнитного поля в 20 кА/м достаточна для извлечения пустых консервных банок, 40 кА/м — для частично заполненных, 80 кА/м — для извлечения в любой степени заполненных банок. Сепаратор подвешивают как можно ниже, но так, чтобы лента сепаратора и «прилипли» к ней материалы не касались самых крупных частей ТБО или компоста.

Напряженность магнитного поля в толще сепарируемого материала должна быть 56 кА/м. Повышению эффективности электромагнитной сепарации способствуют снижение толщины слоя сепарируемого материала, предварительное грохочение, а также ворошение материала. Сепараторы, устанавливаемые после мусоросжигательных печей для извлечения банок, заполненных мокрой золой, должны обеспечивать напряженность магнитного поля около 80 кА/м.

Черный металлолом, извлеченный из ТБО (до загрузки в биобарабаны), в основном состоит из консервных банок и хорошо пакетируется; извлеченный из обезвреженной массы компоста и отсева (вторичная сепарация) пакетируется с трудом, так как сильно загрязнен и содержит мелкие фракции. Для эффективного пакетирования перед прессованием черный металлолом, отобранный на различных участках завода, смешивают. На различных стадиях обезвреживания и переработки ТБО суммарное извлечение черного металлолома составляет 90 %.

Извлечение цветного металлолома. Цветной металлолом (содержание которого в ТБО до 1990 г. не превышало 0,2...0,3 %, а после 1995 г. увеличилось до 0,5...0,7 %) извлекают из компоста и крупного отсева.

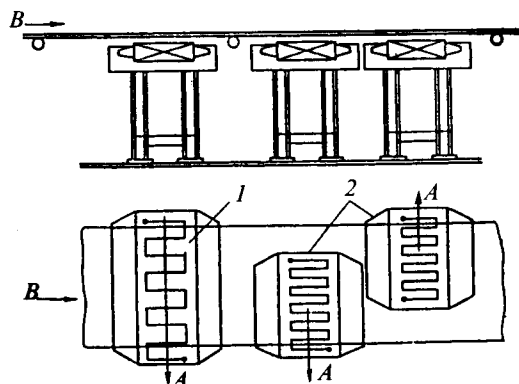


Рис. 6.5. Индукционная система сепаратора цветных металлов: 1 — большой индуктор; 2 — малый индуктор; А — направление движения лома цветных металлов; В — направление движения ленты конвейера

Для извлечения из ТБО или крупного отсева компоста лома цветных металлов Киевским ОКБ линейных двигателей совместно с ВНИИкоммунмашем разработан и серийно выпускается сепаратор цветных металлов КМ-203А.

Сепаратор включает в себя индукторную систему (рис. 6.5), состоящую из одного большого и двух малых индукторов, систему вентиляции (охлаждения), систему электрооборудования и металлоконструкции. Система электрооборудования содержит блок батарей для компенсации реактивной мощности линейных двигателей (индукторов). Электрооборудование обеспечивает индивидуальное включение линейных двигателей индукторной системы, системы вентиляции и тепловую защиту.

Многофазная обмотка индукторной системы, располагающаяся под лентой транспортера, создает бегущее электромагнитное поле. Переменное магнитное поле наводит во фракциях цветного металла ЭДС (электродвижущую силу), а следовательно, и магнитное поле, взаимодействующее с полем, его создающим. Направление последовательно расположенных обмоток перпендикулярно движению ленты транспортера. При прохождении транспортера над сепаратором фракции цветного металла под действием бегущего поля перемещаются поперек ленты и сбрасываются в специальные бункера.

Сепаратор цветного металла располагают в схеме завода только после сепаратора черного металла.

Сепарация стекла. Сепарацию стекла производят с целью обогащения компоста (за счет снижения содержания в нем балластных фракций) и для уменьшения износа сменных элементов дробилки для компоста. На мусороперерабатывающих заводах применяют сепараторы, отделяющие стекло и другие балластные фракции двух типов: баллистические и пневматические.

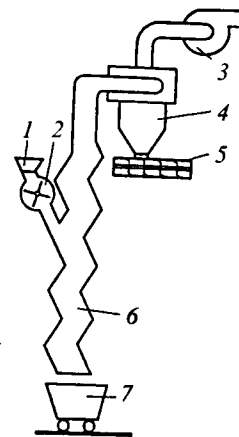


Рис. 6.6. Принципиальная схема вертикального пневматического сепаратора балласта: 1 — загрузочная воронка; 2 — шлюзовый затвор; 3 — всасывающий вентилятор (дымосос); 4 — циклон; 5 — разгрузочный шнек; 6 — «рабочая шахта»; 7 — контейнер для балласта

В баллистических сепараторах в качестве кода (сепарации) используют упругость разделяемых фракций. Сепарируемую массу разгоняют транспортером или специальным метателем до определенной скорости и направляют в сторону отражательной обрешеченной плиты, установленной под углом $35...50^\circ$ к потоку. Менее упругие фракции отскакивают от плиты на меньшее расстояние. Твердые, упругие фракции (стекло, камни, кости) отскакивают дальше и собираются в специальный бункер. Расстояние отскока и эффективность сепарации зависят от влажности компостируемого материала и интенсивности его поступления. В зависимости от влажности количество отделяемого стекла в баллистическом сепараторе составляет $20...60\%$.

В пневматических сепараторах в качестве кода сепарации используют парусность (скорость витания в потоке воздуха) разделяемых фракций. Пневматические сепараторы используют для очистки компоста от балластных фракций, имеющих как большую, так и меньшую скорость витания по сравнению с основной массой компоста.

Пневмосепаратор (рис. 6.6) представляет собой вертикальную рабочую шахту, в которую через шлюз подают сепарируемый материал. В восходящем постоянном потоке воздуха материал разделяется на две фракции.

При необходимости разделения на большее количество фракций устраивают несколько рабочих шахт. Вертикальные рабочие шахты сепаратора, в которых происходит отделение балласта, выполняют зигзагообразными с целью более равномерного заполнения всего сечения шахты сепарируемым материалом. Эффективность работы пневмосепаратора составляет $\approx 48\%$.

Доизмельчение компоста. По техническим требованиям на компост и для исключения травматизма при его применении в сельском хозяйстве стекло, содержащееся в компосте, измельчают до фракции менее 3 мм в молотковых дробилках (рис. 6.7).

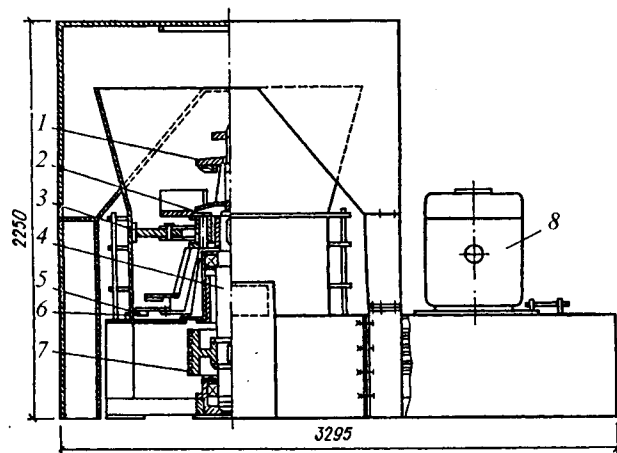


Рис. 6.7. Дробилка для компоста: 1 — верхний диск; 2 — подшипник; 3 — била с билодержателями; 4 — вал ротора; 5 — разгрузочный диск; 6 — цилиндрический корпус; 7 — клиноременная передача; 8 — электродвигатель

Дробилка состоит из загрузочного бункера, выполненного в виде усеченного конуса, цилиндрического конуса, ротора с билодержателями и билами, разгрузочного диска и привода. Все узлы дробилки с приводом смонтированы на общей станине.

Ротор установлен внутри корпуса вертикально и вращается в подшипниковых опорах. Вращение ротора осуществляется от фланцевого электродвигателя с вертикальным валом через клиноременную передачу. Корпус выполнен в виде цилиндра с внутренним диаметром 1216 мм и состоит из трех частей: полуцилиндра и двух секторов под 90° каждый. Сектора укрепляются на осях и имеют возможность поворота, что обеспечивает раскрытие корпуса. В верхней расточке корпуса крепят восемь сменных футеровочных плит из марганцовистой стали Г13Л, предназначенных для защиты корпуса от истирания.

Для защиты билодержателей от износа над рабочей зоной ротора расположены верхние оребренные полудиски. Для эвакуации дробленого компоста под рабочей зоной ротора расположены нижние оребренные полудиски. Наличие оребрения позволяет более эффективно направлять материал в рабочую зону и удалять его после дробления. Рабочим органом дробилки, активно измельчающим компост, являются молотки (билы), выполненные из Ст-40 с наплавкой из порошковой стали ПП-АН-170.

Складирование компоста. Потребление компоста носит сезонный характер, поэтому склад должен иметь вместимость в пределах трех-четырех месячной производительности завода. Компост складывают на открытых площадках с твердым бетонным покрытием; технология зависит

от способа последующего использования компоста. Компост, предназначенный для использования в качестве органического удобрения, укладывают в штабеля без уплотнения высотой 2...3 м, обеспечивая тем самым его аэрацию. Ширина штабеля поверху 3 м. Регулярный полив обеспечивает оптимальную влажность компоста 40...45 %, восполняя потери влаги. При необходимости компост перелопачивают.

Компост, предназначенный для использования в качестве биотоплива, складывают в штабеля высотой 5 м с послойным (по 0,5 м) уплотнением, снижающим его аэрацию. Материал не увлажняют и не перелопачивают.

6.3. Мусоросжигательные заводы

Технологические схемы мусоросжигательных заводов (МСЗ), оборудованных парогенераторами, включают следующие узлы: приемное отделение, оснащенное котлом-утилизатором; тягодутьевое устройство с дутьевыми вентиляторами первичного и вторичного воздуха, дымососом и дымовой трубой; газоочистное устройство, шлакозолоудаляющее устройство с транспортерами и сепараторами черного металлолома.

На рис. 6.8 показана технологическая схема работы первого отечественного мусоросжигательного завода.

Приезжающие на МСЗ мусоровозы взвешиваются на автовесах, после чего ТБО сгружаются в приемный бункер вместимостью 2600 м³. Стенки бункера выполнены под углом 60 и 90°. В приемном отделении поддерживается разрежение за счет забора из него дутьевого воздуха и пыли за пределы отделения.

Через течку котлоагрегата отходы попадают на стол питателя. Слой отходов в течке создает затвор, препятствующий неорганизованному подосу воздуха в топку. Топочное устройство оборудовано обратно-переталкивающей колосниковой решеткой шириной 3 м. Решетка имеет две секции, состоящие из 13 рядов чередующихся подвижных и неподвижных колосников. Каждый ряд имеет индивидуальный привод. Ход колосников — 415 мм.

Скорость перемещения колосниковой решетки регулируют в соответствии с топливной характеристикой поступающих отходов. Толщину слоя на решетке изменяют с помощью подпорного вала с регулирующим приводом. Отдельные колосники решетки имеют отверстия, через которые подают первичный воздух, обеспечивая подвод окислителя к горящим отходам и охлаждение колосников.

Температура подаваемого под решетку воздуха 110...170 °С. Для подогрева воздуха используют воздухоподогреватель, размещенный на напорном воздуховоде. Далее ТБО поступают во вращающуюся печь.

Температура в топочном пространстве регулируется автоматически и составляет 800...1000 °С, что обеспечивает выгорание твердых и газообразных горючих составляющих отходов.

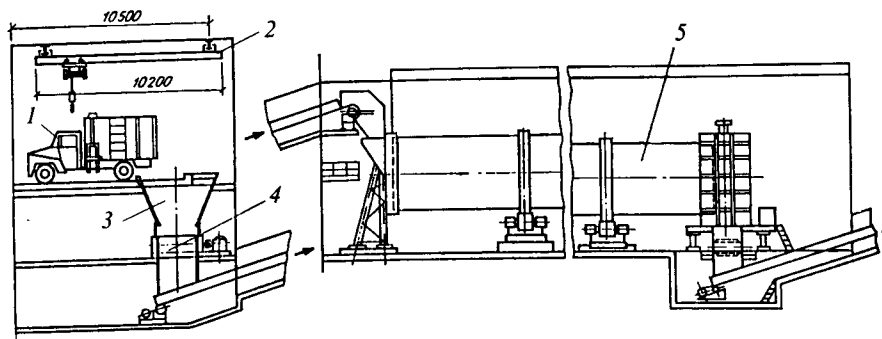


Рис. 6.8. Технологическая схема работы отечественного мусоросжигательного завода: 1 — мусоровоз; 2 — мостовой кран; 3 — приемный бункер; 4 — колосники; 5 — вращающаяся печь

Каждая топка заблокирована с котлом, номинальная паропроизводительность которого 14,5 т/ч (давление 1,3 МПа). В среднем из 1 т отходов получают 1,5 т пара. Уходящие из топки газы поступают в вертикальные газоходы котла, где до входа в экономайзер они пять раз изменяют направление движения. Благодаря резким изменениям направления потока газов происходит глубокая сепарация золы из их потока, по специальным течкам попадающей в шлакозагрузчик.

Топочные газы на выходе из топки содержат 1,5...3 г/нм³ летучей золы, что приводит к абразивному износу поверхностей нагрева котла. Снижения абразивного износа добиваются установкой специальных котлов с разреженными трубами. Увеличение межтрубного пространства снижает скорость газов до 5 м/с. Проходя через котел, топочные газы охлаждаются до 230 °С, а КПД котлов составляет 60...70 %. В среднем на двух котлах вырабатываются 112 тыс. т пара в год, из них 70 тыс. т отпускают потребителям и 42 тыс. т расходуют на собственные нужды завода. Топочные газы проходят через электрофильтр с эффективностью 94...97 %. На выходе из дымовой трубы содержание летучей золы составляет 90...150 мг/нм³. Дымовая труба высотой 50 м (высота здания 28 м) обеспечивает снижение концентрации золы в воздухе ниже ПДК.

Шлак составляет около 25 % по массе (4...5 т/час) от общего количества сжигаемых отходов. Его охлаждают в шлаковой ванне и подают конвейером на склад, вместимость которого обеспечивает пятидневный запас. По пути электромагнитным сепаратором с конвейера извлекают куски шлака с включениями металла, которые направляют в дробилку, где металл отделяют от шлака, подвергают повторной магнитной сепарации и пакетируют. Очищенный от металла дробленый шлак поступает на склад.

На рис. 6.9 показан мусоросжигательный агрегат производительностью 15 т/ч ТБО. Котлоагрегат состоит из топки с валковой колоснико-

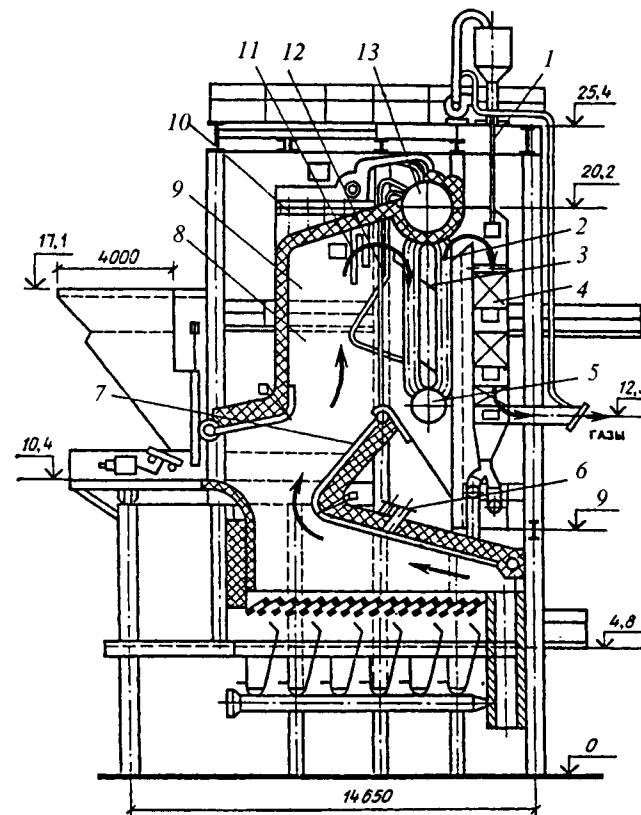


Рис. 6.9. Мусоросжигательный агрегат Брненского машиностроительного завода (Чехия) на МСЗ г. Владивостока: 1 — дробеочистное устройство; 2 — конвективная поверхность котла; 3 — перегородки газоходов; 4 — газоход экономайзера; 5 — нижний барабан котла; 6 — растопочные горелки; 7 — задний экран; 8 — камера дожигания; 9 — боковой экран; 10 — потолочный экран; 11 — пароперегреватель; 12 — задняя стенка камеры дожигания; 13 — верхний барабан котла

вой решеткой, парового котла (паропроизводительность до 45 т/час при давлении 1,5 МПа и температуре перегретого пара 250 °С) с загрузочной течкой и питателем, оборудованным гидравлическим приводом, а также шлаковыгрузателем. ТБО сжигается в топке с теплотой сгорания 3,3...10 МДж/кг. Для изменения количества подаваемых ТБО привод питателя регулируется по частоте циклов и по длине хода.

Отходы из течки сбрасываются на первый валок колосниковой решетки, состоящей из валков шириной 3,5 и диаметром 1,5 м. Отдельные валки образуют ступени с наклоном 30°. Валки набраны из колосников с зазорами, через которые осуществляется подача дутьевого воздуха под слой отходов, что обеспечивает одновременное охлаждение колосников.

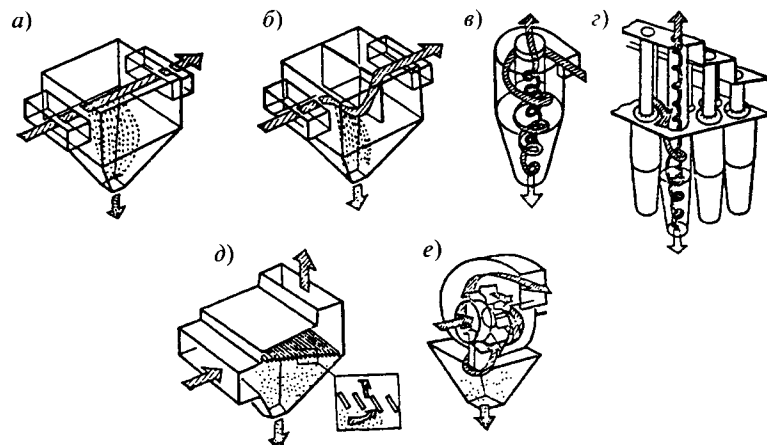


Рис. 6.10. Сухие гравитационные и инерционные золоуловители: а, б — пылеосадительные камеры; в — циклон; г — батарея мультициклонов; д — жалюзийный пылеуловитель; е — динамические пылеуловители

Валки установлены на стальной раме, закрепленной на каркасе котлоагрегата. Каждый валок имеет индивидуальный привод с регулируемой частоты вращения в диапазоне 1,17...1,7 об/час.

Для защиты приводов от механических перегрузок они оборудуются электрической и механической защитой. Боковые панели топки охлаждаются воздухом, поступающим благодаря естественной тяге через конструкцию рамы.

Отходы на первом валке подсушиваются и воспламеняются. Интенсивное горение происходит на втором и третьем валках, на четвертом и пятом валках отходы догорают, а на шестом перемещается выгоревший шлак.

Для первичного розжига и стабилизации горения котлоагрегат оборудован двумя растопочными газовыми горелками производительностью 160 $\text{м}^3/\text{час}$ и двумя рабочими горелками производительностью по 1 000 $\text{м}^3/\text{час}$ газа. Образующиеся в топке продукты сгорания отводятся противотоком по отношению к движению ТБО.

Оборудование для очистки газов. Выбор газоочистительных устройств зависит от объема очищаемых газов, их начальной запыленности, желаемой степени очистки (КПД улавливания), физических параметров газового потока (скорости, температуры, влажности, агрессивности), физико-химических свойств взвешенных частиц (плотности, удельного электрического сопротивления, дисперсности, химического состава и т.д.). В любом случае выбор и оценка работы газоочистительного оборудования должны производиться в первую очередь по степени очистки уходящих газов и только во вторую — по ее стоимости.

К группе сухих гравитационных и инерционных золоуловителей (рис. 6.10) относятся пылеосадительные камеры, жалюзийные золоу-

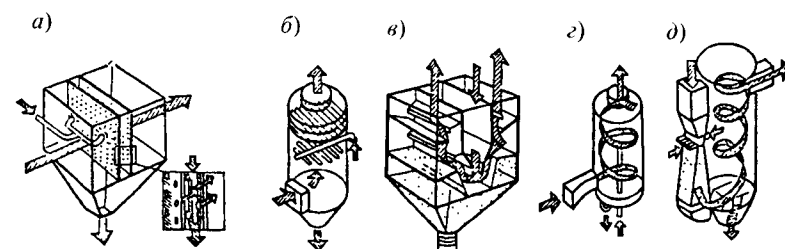


Рис. 6.11. Мокрые системы золоулавливания: а — полые газопромыватели; б — насадочные скрубберы; в — аппараты ударно-инерционного действия; г — центробежный скруббер с тангенциальным подводом газов; д — скоростной газопромыватель

ловители, циклоны, группа мультициклонов, центробежный золоуловитель.

К группе мокрых золоуловителей относятся (рис. 6.11): газопромыватели, в которых очищаемый газ пропускают через завесу разбрызгиваемой воды и насадочные скруббера; аппараты ударно-инерционного типа, работающие по принципу инерционного осаждения частиц во время преодоления газом препятствия, смоченного жидкостью, или при резком изменении направления движения газового потока над поверхностью жидкости.

В настоящее время в мировой и отечественной практике получает распространение новая технология сжигания ТБО в кипящем слое с доведением температуры горения до 1 300...1 500 °С. При такой температуре обеспечивается расплав шлака, что очень важно для последующей утилизации золо-шлаковых отходов. Пока такие установки небольшой производительности успешно были испытаны на ТБО, предварительно очищенных от крупных балластных фракций.

6.4. Пиролиз ТБО

В последние годы получил распространение новый метод термической переработки отходов — пиролиз, обеспечивающий высокоэффективное обезвреживание отходов, их энерготехнологическое использование в качестве топлива и сырья для химической промышленности при одновременном сокращении выбросов, загрязняющих окружающую среду. При пиролизе отходов протекают следующие связанные между собой процессы: сушка, сухая перегонка (собственно пиролиз), газификация и горение коксового остатка, взаимодействие образовавшихся газообразных продуктов.

Соотношение количеств получаемых газообразных, жидких и твердых продуктов, а также их состав зависят от условий пиролиза и состава исходного продукта.

В результате газификации углерод твердого остатка под воздействием окислителя (воздуха, кислорода или водяных паров) превращается в газообразное топливо. Оставшийся после этого твердый остаток содержит лишь минеральную часть отходов.

При воздушном, кислородном или паровом дутье происходят окислительно-восстановительные реакции.

В соответствии с температурным уровнем процесса пиролизные установки подразделяются следующим образом:

низкотемпературные (450...500 °С), характеризующиеся минимальным выходом газа, максимальным количеством смол, масел и твердых остатков;

среднетемпературные (до 800 °С), в которых увеличивается выход газа, а количество смол и масел уменьшается;

высокотемпературные (свыше 800 °С), отличающиеся максимальным выходом газов и минимальным — смолообразных продуктов.

Высокотемпературный пиролиз обеспечивает интенсивное преобразование исходного продукта; с увеличением температуры возрастает скорость реакции по экспоненте, в то время как тепловые потери возрастают линейно; расширяется диапазон теплового воздействия на отходы; происходит более полный выход летучих продуктов; сокращаются объем и количество остатка после окончания процесса.

Эти установки наряду с бытовыми позволяют перерабатывать некоторые виды и промышленных отходов.

При пиролизе стараются избегать области температур в интервале 1 050...1 400 °С, поскольку при этом начинается размягчение и плавление шлаков, что может привести к неполадкам в системе шлакоудаления.

Основным узлом пиролизной установки (рис. 6.12) является реактор, представляющий собой шахтную печь со встроенной внутри него швельшахтой, а также система эвакуации газов, позволяющая избежать смешивания пиролизных и дымовых газов.

Отходы загружают в верхнюю часть реактора с тремя затворами шибера. Под действием собственного веса отходы опускаются через швельшахту в нижнюю часть реактора, куда подается подогретый до 800 °С воздух. Углеродистый остаток от пиролиза отходов сгорает, создавая температуру 1600 °С, достаточную для плавления негорючих составляющих. Расплавленный шлак выводится в шлаковую ванну. Дымовые газы, омывая швельшахту, направляются в воздухоподогреватель, а затем, пройдя системы газоочистки, выходят в атмосферу.

Пиролиз отходов осуществляется в швельшахте, полученные продукты отводятся через ее верхнюю часть в конденсатор. В конденсаторе из газа выделяются влага и смола.

Часть газа отбирается для горелок, расположенных в воздухоподогревателе и в нижней части реактора.

По тракту дымовых газов за системой газоочистки установлен газоанализатор, воздействующий через систему регулирования на дроссельные заслонки, установленные на линии уходящих дымовых газов и горю-

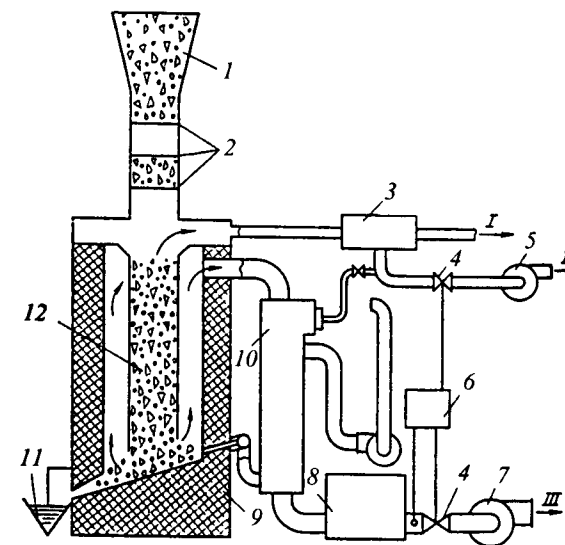


Рис. 6.12. Схема установки высокотемпературного пиролиза: 1 — приемная воронка; 2 — затвор; 3 — конденсатор жидких продуктов; 4 — дроссельные заслонки; 5 — вентилятор; 6 — газоанализатор; 7 — дымосос; 8 — система газоочистки; 9 — сопло подогретого воздуха; 10 — воздухоподогреватель; 11 — водяная ванна; 12 — швельшахта

чего газа. При появлении в дымовых газах продуктов неполного сгорания открывается дроссельная заслонка в линии горючего газа и прикрывается дроссельная заслонка в линии уходящих газов. Таким образом, в линию пиролизного газа попадает минимум балластных продуктов. Благодаря такой схеме теплота сгорания получаемого пиролизного газа в основном зависит от состава и свойств обрабатываемых отходов.

Контрольные вопросы

1. Что такое полигоны для захоронения ТБО и как организована их работа.
2. Перечислите средства механизации работ на полигонах ТБО.
3. Расскажите о мусороперерабатывающих заводах, их компоновке и принципах работы.
4. Перечислите оборудование для биотермического аэробного компостирования, расскажите о его принципах работы.
5. Что вы знаете об оборудовании для извлечения черного и цветного металлов, его устройстве, принципах работы.
6. Какие существуют мусоросжигательные заводы, каковы их компоновочные схемы и принципы работы?
7. Расскажите об оборудовании для очистки газов, его классификации, принципах работы.
8. Расскажите об оборудовании для пиролиза ТБО и принципах его работы.

Глава 7.

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
АВАРИЙНЫХ И РЕМОНТНЫХ РАБОТ**

К машинам для выполнения аварийных и ремонтных работ в коммунальном хозяйстве относятся:

машины и оборудование для содержания канализационных и водосточных сетей;

аварийные машины, предназначенные для оперативного выполнения работ по обнаружению и ликвидации аварий и повреждений, возникающих при эксплуатации водопроводных и газовых систем городского хозяйства;

аварийно-ремонтные машины, предназначенные для выполнения профилактических, плановых ремонтных и аварийно-восстановительных работ, необходимых для бесперебойной работоспособности основных систем жизнеобеспечения города.

**7.1. Машины и оборудование для содержания
канализационных и водосточных сетей***

Профилактическая и аварийная прочистка трубопроводов, колодцев и отстойников от загрязнений является важным направлением работ по эксплуатации объектов городского хозяйства, содержанию инженерных сооружений и водосточных канализационных сетей. Наиболее производительным способом очистки трубопроводов от слежавшегося осадка является гидродинамический, а для забора осадка из колодцев и дождеприемников — вакуумный, путем всасывания размытого водой осадка — пульпы.

Профилактическая прочистка труб заключается в их гидродинамической мойке высоконапорными водяными струями. Вода смывает загрязнения со стенок труб и транспортирует их до ближайшего колодца или очистного сооружения. Из колодцев и отстойников загрязнения отсасываются с помощью вакуумного оборудования илососных машин. Аварийная прочистка труб сводится к ликвидации местных засоров с использованием машин для очистки канализационных сетей. Для производства всего комплекса очистных работ (прочистка трубопроводов, забор и транспортировка осадка) применяются комбинированные машины.

* В разделе использованы материалы, предоставленные генеральным директором АО «Доркомтехника» канд. техн. наук Зенитовым Н.А.

Главным технологическим параметром илососных, каналопромывочных и комбинированных машин является суммарный объем емкостей или цистерн для ила, иловой и чистой воды. От этого параметра зависят основные эксплуатационные показатели машин: производительность, тип базового шасси, способ разгрузки, производительность вакуумного насоса и другие конструктивные особенности. Эксплуатационная производительность машины оказывает существенное влияние на сроки выполнения работ.

Илососные машины предназначены для очистки отстойников колодцев ливневой канализации от накапливаемых в них загрязнений и транспортировки загрязнений к местам складирования. Забор загрязнений осуществляется всасывающим рукавом, изменение положения которого производится оператором с помощью специальной системы управления. Обычно находящиеся в отстойнике загрязнения имеют влажность, превышающую 20 %, поэтому в цистерне происходит естественное осветление ила и размещение обезвоженного ила в задней части цистерны, а воды — в отсеке у ее переднего днища. Выгрузка загрязнений осуществляется перемещением цистерны в наклонное положение или с помощью выталкивающего поршня при открытом заднем днище цистерны.

Оборудование илососа (рис. 7.1 а) монтируется на шасси автомобиля 1 и состоит из цистерны 2, внутри которой имеется поршень для выгрузки ила, стрелы с лебедкой 4, вакуум-нагнетательной, гидравлической и водяной систем, пневматической системы управления рабочими органами илососа и контрольно-измерительных приборов и устройств.

В настоящее время выпускают илососные машины с объемом цистерны 3,25...7,0 м³.

Цистерна илососа разделена перегородкой на два отсека: задний — для ила и иловой воды, передний — для чистой воды. Поршень используется для выгрузки ила из цистерны. Между верхней частью поршня и внутренней поверхностью цистерны имеется зазор для перетекания воды из илового отделения в отделение для иловой воды. Сзади цистерна герметически закрыта откидной крышкой 5, на которой установлен патрубок 6 для присоединения шланга к заборной трубе. Чистая вода служит для ее подачи в очищаемый колодец, обмыва заборного рукава, задней крышки и внутренней поверхности цистерны. Вакуумный насос 3 приводится в действие от трансмиссии автомобиля через клиноременную передачу.

На рис. 7.1 б показана кинематическая схема илососа. От двигателя 1 через коробку перемены передач крутящий момент передается на коробку отбора мощности 4, которая имеет два вывода: один через карданный вал 5, цепную передачу 6 и эластичную муфту 7 на вал ротора вакуум-нагнетательного насоса 8, другой — на привод гидронасоса 3. Рычаг включения коробки отбора мощности выведен в кабину водителя. Приводы вакуум-нагнетательного насоса и гидронасоса сделаны отдельными.

Вакуум-нагнетательная система илососа показана на рис. 7.1 в. В зависимости от выполняемой операции вакуум нагнетательная система созда-

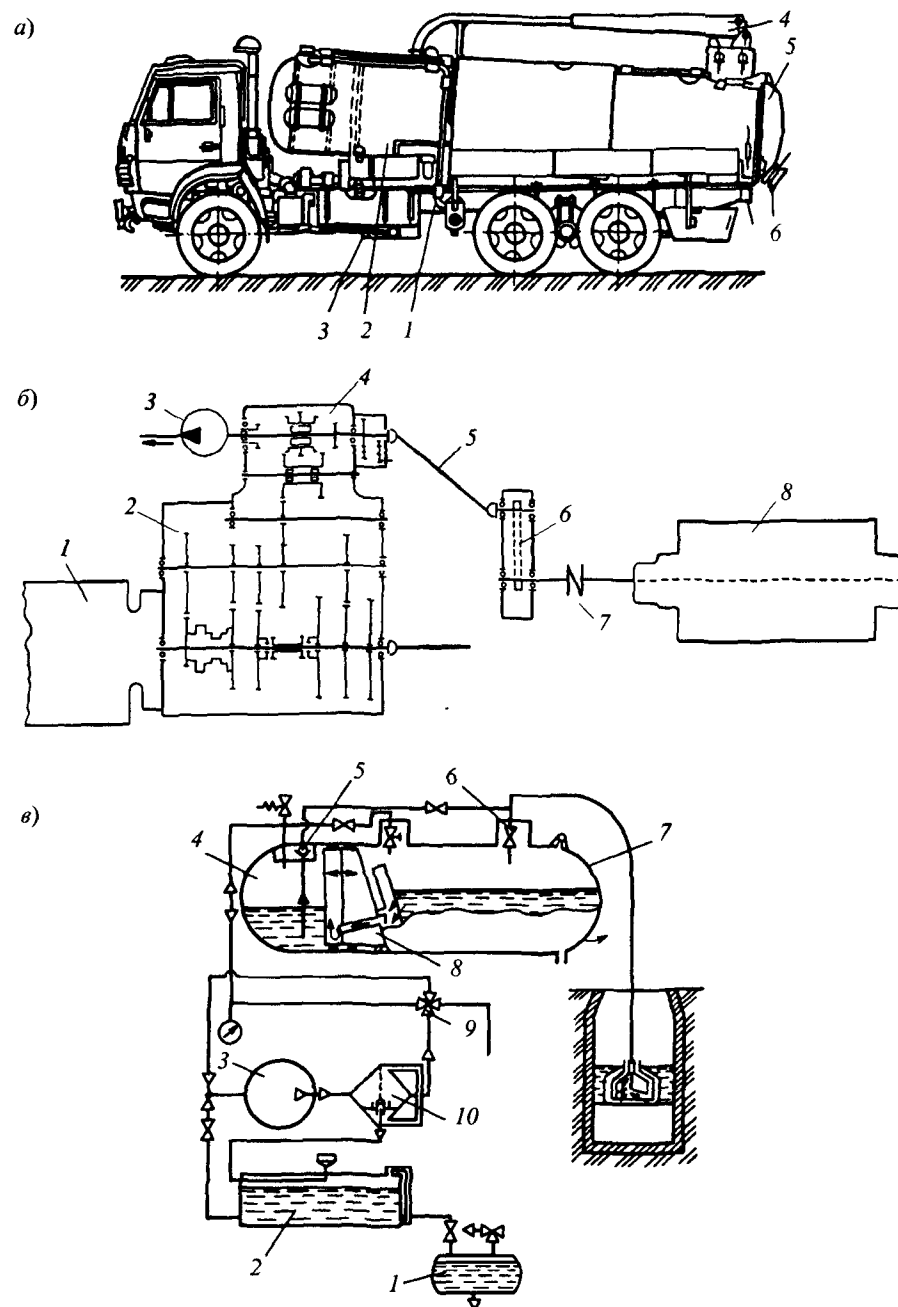


Рис. 7.1. Илососная машина: а — общий вид; б — кинематическая схема; в — вакуум-нагнетательная система

ет разрежение или давление в отсеках цистерны. Она состоит из вакуумного насоса 3, трубопроводов, кранов, предохранительных устройств и измерительной аппаратуры. При максимальном разрежении в цистерне 0,095 МПа глубина очищаемых колодцев может достигать 4,5...6 м.

Очистку колодцев выполняют всасывающей трубой, которая стрелой машины опускается в колодец. При включении вакуумного насоса под действием разрежения, образующегося в цистерне 4, ил и вода начинают поступать по трубе и шлангу через кран 6 в иловый отсек цистерны, где вода постепенно очищается от ила и через зазоры между поршнем и цистерной поступает в специальное отделение, где ее количество контролируется по водомерному стеклу. По мере заполнения илового отсека осадком иловая вода сливается через сливную трубу и клапан 5, для чего открывается затвор, находящийся под цистерной. Во время разгрузки машины открывают замковые зажимы задней крышки 7 цистерны, включают гидроцилиндр и поршень 8 выталкивает осадок из цистерны, одновременно открывая заднюю крышку. Регулирование и контроль за работой илососа производится четырехходовым краном 9 и по показаниям манометра. Для очистки воздуха используют фильтр и водоотделительный бачок 10. Поплавковые и предохранительные клапаны срабатывают автоматически при перегрузке системы. Водяные баки 1 и 2 используют для обмыва шасси автомобиля, специального оборудования и колодца после его очистки.

Гидравлическая система машины предназначена для выгрузки ила из цистерны, а также закрывания и открывания ее задней крышки. Гидросистема состоит из гидронасоса шестеренчатого типа, масляного бака, гидравлического распределителя золотникового типа с редукционным клапаном, ограничивающим предельное давление в системе, цилиндра, предназначенного для выгрузки ила, цилиндров, механизмов открывания и закрывания замков задней крышки и трубопроводов.

Пневматическая система илососа состоит из компрессора, двух воздушных баллонов, кранового распределителя, клапанов уплотнения задней крышки цистерны, пневматических цилиндров, регулировочных клапанов и двух воздушных линий. Одна линия предназначена для управления тормозной системой, другая — исполнительными механизмами насоса. В действие компрессор приводится от двигателя базового шасси.

На илососе смонтирована электрическая дистанционная система контроля уровня ила. Система контроля работает следующим образом: при заполнении цистерны илом до уровня, превышающего верхнюю кромку поршня на 20...22 мм (погружение электродов датчика при этом, соответственно, равно 3...15 мм), ток проходит через ил и приводит в действие реле, включается контрольная лампа. При этом сигнале заполнение цистерны илом должно быть прекращено. По выходе электродов из ила лампа гаснет.

Основным разработчиком и изготовителем илососных машин является ОАО «Арзамасский завод коммунального машиностроения». Тех-

Таблица 7.1. Технические характеристики илососных машин

Модель илососа	КО-510	КО-519	КО-524	КО-507А
Базовое шасси	ЗИЛ-433362	ЗИЛ-133 ДЧ	МАЗ-5337	КамАЗ-53212
	ЗИЛ-432902		МАЗ-53373	КамАЗ-53213
Вместимость цистерны, м ³ , в том числе илового отсека	3,25	6,2	6,2	7,0
отсека для иловой воды	2,85			6,0
Масса загружаемых материалов, кг	0,4			0,5
Максимальная глубина всасывания, м	4565	—		8550
Производительность вакуум-насоса, м ³ /ч	4,5	6,0	6,0	6,0
Максимальное разрежение в цистерне, МПа (атм)	360	720	720	720
Масса полная, кг	0,085	0,095	0,095	0,095
Габаритные размеры, мм	(0,85)	(0,95)	(0,95)	(0,95)
	11000	18620	18000	20500
	7000×	8000×	7400×	8500×
	×2500×	×2500×	×2500×	×2500×
	×3500	×3300	×3500	×3300

ническая характеристика илососных машин, выпускаемых этим заводом, приведена в табл. 7.1.

Конструкция илососных машин развивается и совершенствуется. Повышение производительности этих машин может осуществляться за счет увеличения вместимости отсека для всасываемых загрязнений и повышения производительности вакуумных насосов. Существенным способом повышения эффективности эксплуатации илососных машин следует считать увеличение глубины всасывания загрязнений. Актуальной задачей остается совершенствование системы выгрузки в направлении ее интенсификации.

Цикл работы илососных машин включает очистку колодцев водосточной сети и транспортирование собранного в колодцах ила к местам его складирования. В зависимости от влажности ила в колодце он всасывается непосредственно или предварительно разжижается, обычно с помощью иловой воды. Процесс разжижения, происходящий только при нерегулярной очистке запущенных колодцев, во время правильно организованной работы при определении производительности машины можно не учитывать.

Производительность илососа:

$$P = Q_u K_u K_n 60 [Q_u / q_k (t_{n.з} + t_{раз} + t_{заб} + t_{пер}) + t_{сл} + t'_{пер} + t'_{н.з} + t_{он}], \quad (7.1)$$

где Q_u — вместимость отсека для ила, л; q_k — среднее количество ила в колодце, л; $t_{n.з}$, $t_{раз}$, $t_{заб}$, $t_{пер}$, $t_{сл}$, $t'_{пер}$, $t'_{н.з}$, $t_{он}$ — продолжительность операций, соответственно, подготовительно-заключительных при очистке каждого колодца, разжижения содержимого колодца, забора ила из ко-

лодца, переезда от одного колодца к другому, слива иловой воды в течение одного цикла, переезда машины от места работы к месту складирования ила, подготовительно-заключительных операций при опорожнении отсека для ила, опорожнения отсека, мин; K_u — коэффициент использования машины по времени; K_n — коэффициент наполнения.

Илососные машины обеспечивают эвакуацию загрязнений из колодцев водосточной сети, поэтому рабочий процесс этой машины отличается от рабочего процесса вакуум-машины. Рекомендуется, чтобы подача $Q_{в.л.}$ (м³/мин) вакуум-насоса определялась в зависимости от вместимости емкостей машины:

$$Q_{в.л.} = 2,5 + 3,0 (V_{ц.и.} + V_{ц.и.в.}), \quad (7.2)$$

где $V_{ц.и.}$, $V_{ц.и.в.}$ — вместимость отсеков, соответственно, для ила и иловой воды, м³.

Мощность, потребная для привода вакуум-насоса

$$P_{в.л.} = K_j A_{в.л.} Q_{в.л.} / 10, 2 \eta_{пр} \eta_{н.л.} \quad (7.3)$$

где K_j — коэффициент запаса; $K_j = 1,1 \dots 1,2$; $A_{в.л.}$ — теоретическая работа вакуум-насоса, отнесенная к 1 м³; $Q_{в.л.}$ — потребное количество воздуха для создания разрежения, м³/с; $\eta_{пр}$ — КПД привода; $\eta_{н.л.}$ — КПД вакуум-насоса.

Усилие (Н), необходимое для опорожнения илового отсека:

$$T = V_{ц.и.} \rho_u g f_l, \quad (7.4)$$

где f_l — коэффициент трения ила о стенки отсека ($f_l = 0,4$); ρ_u — плотность ила, кг/м³ ($\rho_u = 1,2 \dots 1,5$ т/м³).

Устройство для опорожнения илового отсека является наиболее значительным потребителем энергии в гидросистеме.

Машины для прочистки канализационных сетей предназначены для очистки сетей ливневой общесплавной канализации и трубопроводов от осадков. С их помощью можно устранить засоры в труднодоступных местах канализации. Указанные машины эффективно работают в комплексе с илососными машинами и имеют возможность очищать трубы диаметром от 150 до 1 000 мм от осадков струями высокого давления. Они могут быть также использованы для очистки от загрязнений малогабаритных отстойников и колодцев в стесненных условиях, когда невозможно использование других машин.

Машины для прочистки канализационных сетей по объему цистерны для чистой воды подразделяются на три класса: малой вместимости — до 4,0 м³; большой вместимости — свыше 8,0 м³ и средней вместимости — от 4,0 до 8,0 м³.

Специальное промысловое оборудование машины для прочистки канализационных сетей (рис. 7.2) смонтировано на шасси автомобиля 1 и состоит из цистерны 2, водяного насоса 5, барабана 4 с рукавом высо-

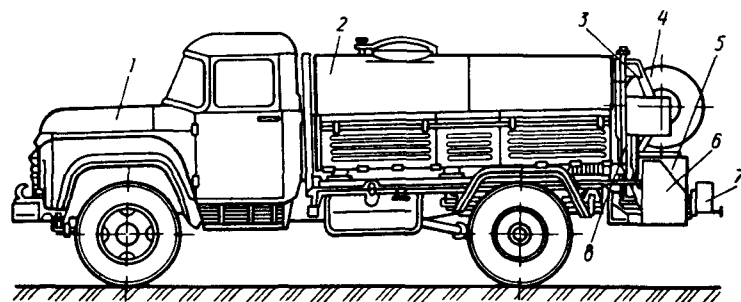


Рис. 7.2. Машина для прочистки канализационных систем

кого давления обмывочной камеры 7 и пульта управления 6. Выпускаемые в настоящее время машины для очистки канализационных сетей имеют цистерны объемом 4 700 и 9 500 л.

В передней части цистерны с правой стороны установлен заправочный фильтр с краном, через который цистерна заполняется водой из городской водопроводной сети. На заднем днище цистерны установлены кронштейны 3 барабана и водомерное стекло 8, а также штуцера для подсоединения рукавов водяной системы. Намотка и размотка рукава высокого давления осуществляется с помощью гидромеханического привода барабана.

Принцип работы машины заключается в следующем (рис. 7.3). Чистая вода из цистерны 3 по всасывающему трубопроводу поступает в водяной насос высокого давления, который нагнетает ее в рукав 2, на конце которого закреплена струйная каналопромывочная насадка 1 (машина оснащена комплектом насадок для очистки труб различного диаметра и различной степени засоренности). Вода, выходящая из размывочной головки под давлением (10...16 МПа), создает реактивную силу, перемещающую насадку вместе с рукавом вперед по трубе. При размытии осадков и прочистке особо загрязненных труб во избежание заклинивания рукава в трубе очистку ведут в несколько проходов (по 10...15 м). При вытаскивании рукава из трубы в размывочную головку подается максимальное давление, что обеспечивает эффективную очистку трубы.

Обмывочная камера установлена в задней части машины и предназначена для обмыва рукава высокого давления при выходе его из колодца. В обмывочную камеру вода поступает от водяного насоса под давлением 0,5 ... 1,0 МПа, которое регулируется вентилем.

Гидравлическая система машины обеспечивает привод барабана при намотке рукава. Система состоит из масляного насоса, дросселя с предохранительным клапаном, золотника, фильтра и масляного бака с трубопроводами. Рукоятки управления золотником и дросселем выведены на пульт управления машиной, который установлен в задней части ма-

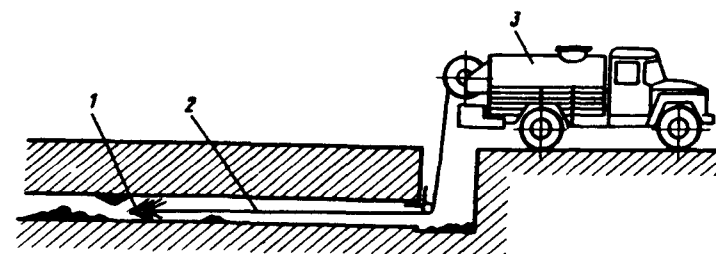


Рис. 7.3. Схема работы машины для прочистки канализационных систем

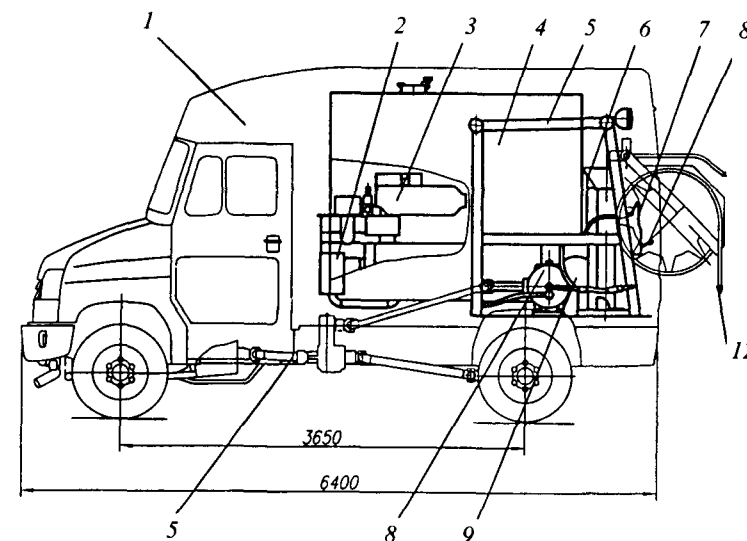


Рис. 7.4. Малогабаритная каналопромывочная машина ДКТ-240: 1 — фургон; 2 — бак гидросистемы; 3 — отопитель; 4 — бак водяной; 5 — карданный вал; 6 — кран водяной; 7 — пульт управления; 8 — насос высокого давления; 9 — барабан пистолетный; 10 — барабан промывочный; 11 — рама; 12 — рукав высокого давления с насадкой

шины слева от водяного насоса. На панели пульта размещены также контрольно-измерительные приборы: манометры контроля давления воды, масла в гидросистеме и тахометр для контроля вращения вала водяного насоса.

ЗАО Доркомтехника впервые в России разработало малогабаритную каналопромывочную машину ДКТ-240 (рис. 7.4), которая смонтирована на шасси автомобиля ЗИЛ—5301 НС с дизельным двигателем и имеет укороченный фургон длиной всего 5,1 м.

Входящие в рабочее оборудование машин для прочистки канализационных сетей и каналов гидродинамические насадки обеспечивают разрыхление загрязнений в трубе и ликвидацию засоров, слив и гидро-

Таблица 7.2. Технические характеристики машин для очистки канализационных сетей

Модель канализационной машины	КО-502 Б-2	КО-514	КО-512
Базовое шасси	ЗИЛ-433362	КамАЗ-43253	КамАЗ-53212 КамАЗ-53213
Вместимость цистерны, м ³	4,9	5,75	9,05
Диаметр очищаемых труб, мм	150...1 000	150...1 000	150...1 000
Производительность водяного насоса, м ³ /ч	10	10	10
Рабочее давление воды, МПа (атм)	16 (160)	16 (160)	16 (160)
Длина рукава, м	100	100	100
Полная масса, кг	11 000	15 200	20 500
Габаритные размеры, мм	7100×2500× ×2850	7500×2500× ×3500	8500×2500× ×3100

транспортирование загрязнений по трубе к колодцу или к очистным сооружениям, перемещение насадок вместе с рукавом высокого давления реактивными силами вдоль обрабатываемой трубы. В некоторых конструкциях насадок давление воды используется для привода механических чистящих, разрыхляющих или режущих рабочих органов этих насадок.

На рис. 7.5 показана проходная насадка, выпускаемая ЗАО Дорком-техника. Она предназначена для прочистки труб диаметром до 1 000 мм. Насадка изготавливается из нержавеющей стали с соплами, закаленными до 50...56 единиц НРС. Сопла имеют дополнительные проушины, которые вворачиваются при необходимости вместо передних размывочных сопел и служат для протаскивания при помощи троса между колодцами. Насадка имеет повышенные тяговые свойства, т.к. половина задних струй работает с максимальной тягой с углом наклона 15° к оси трубы, а вторая половина толкающих и моющих струй работает с углом наклона 30°.

На рис. 7.6 показана реверсивная насадка, предназначенная для ликвидации аварийных засоров в трубах путем дистанционного переключения задних и мониторингового сопел с помощью сбрасывания оператором давления в рукаве подачи воды. Эти насадки являются универсальными и применяются для профилактической чистки труб задними струями. При эксплуатации машин для прочистки канализационных сетей важно правильно выбрать тип насадка и подобрать параметры соплового устройства и насадки к конкретной машине с установленным на ней насосом высокого давления.

При работе двигателя машины на рабочих оборотах плунжерный насос высокого давления обеспечивает соответствующий постоянный расход воды в гидравлической сети машины. Для этого режима рассчитываются диаметры сопел насадки с точностью до 0,02 мм, обеспечивающие требуемое рабочее давление. Сопло закаливается для того, чтобы указанный выше размер не изменялся в ходе эксплуатации.

Технические характеристики машин для прочистки канализационных сетей отечественного производства представлены в табл. 7.2.

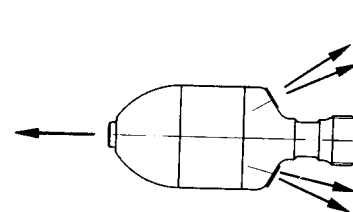


Рис. 7.5. Проходной насадок

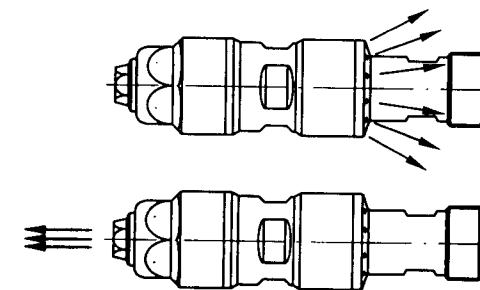


Рис. 7.6. Реверсивный насадок

Рассматриваемые машины снабжены двумя основными механизмами: нагнетательным насосом высокого давления и механизмом привода барабана, служащего для укладки напорного шланга, подающего жидкость в размывочную головку насоса. Рабочим процессом машины является разрушение иловых и других аналогичных отложений, которые образуются в процессе эксплуатации сетей, а также перемещение разрушенных отложений по сетям. Силу (H) воздействия струи на преграду, которая встречается на ее пути, определяют:

$$R = \rho s v_c^2 (1 - \cos \psi_1), \quad (7.5)$$

где ρ — плотность жидкости, кг/м³; s — площадь сечения струи, м²; v_c — скорость струи относительно преграды, м/с; ψ_1 — угол между направлением скорости струи и поверхностью преграды.

Скорость (м/с) истечения воды из насадки:

$$v_1 = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (7.6)$$

где H — напор у выхода из насадок, м; φ — коэффициент, характеризующий скорость истечения воды, $\varphi = 1/\sqrt{1+\xi_0}$ (ξ_0 — коэффициент, характеризующий местное сопротивление); $\varphi = 0,9...0,95$. Установлено, что в эксплуатационных условиях отложения разрушаются при давлении воды в патрубке насоса (12...16 МПа) и подаче насоса около 12 м³/ч.

Необходимо учитывать, что вода поступает в размывочную головку по рукаву большой длины и, следовательно, со значительной потерей напора (m):

$$h = \lambda \frac{l v^2}{d 2g}, \quad (7.7)$$

где l — длина рукава, м; v — скорость движения воды по шлангу, м/с; d — внутренний диаметр шланга, м; λ — коэффициент сопротивления.

Для определения λ может быть рекомендована формула А.Д. Аль-шуля

$$\lambda = 0,1 \left(\frac{K_2}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (7.8)$$

или

$$\frac{1}{\lambda} = -21g \left(\frac{2,5}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{K_2}{3,7d} \right), \quad (7.9)$$

где K_2 — эквивалентная абсолютная шероховатость, в среднем для резиновых шлангов $K_2 = 0,15—0,2$; Re — число Рейнольдса.

Таким образом, напор у выхода из насадки будет равен:

$$H = H_n - h, \quad (7.10)$$

где H_n — напор при выходе из насоса.

В размывочной головке имеется отверстие, расположенное вдоль оси, а также несколько отверстий на образующей, направленных в противоположную сторону от направления движения головки. Оси указанных отверстий расположены под некоторым углом α к продольной оси насадки. Следовательно, при начальном движении насадка струя, расположенная вдоль оси, осуществляет разрыв осадка, а струи, направленные под угол α , обеспечивают поступательное движение насадка и дополнительные функции размывания.

Сила $R'(H)$ тяги насадка, очевидно, будет равна изменению количества движения в направлении, противоположном движению насадки:

$$\frac{\gamma F_1 v_2}{g} (v_2 - u) n \cos \alpha - \frac{\gamma F_2 v_1}{g} (v_1 + u) = R', \quad (7.11)$$

где γ — удельный вес жидкости, Н/м³; F_1 — площадь поперечного сечения отверстия, м²; v_2 — скорость истечения из боковых отверстий, м/с; u — скорость движения головки, м/с; n — количество отверстий; F_2 — площадь поперечного сечения отверстия, расположенного вдоль оси, м²; v_1 — скорость истечения из отверстия, расположенного вдоль оси, м/с.

Наиболее эффективно размывается осадок при перемещении головки назад в исходное положение. В этом случае струи, направленные под углом, создают силу, тормозящую перемещение головки, а осевая струя способствует этому перемещению. В связи с этим при перемещении головки будет необходимо приложить усилие (H):

$$R_1 = \frac{\gamma F_2 v_1}{g} (v_1 + u_1) - \frac{\gamma F_1 v_2}{g} (v_2 - u_1) n \cos \alpha, \quad (7.12)$$

где u_1 — скорость возвратного перемещения головки, м/с.

Для обеспечения возвратного движения шланга с насадкой необходимо создать на барабане, на котором размещен шланг, крутящий момент:

$$M_{кр} = R_1 r, \quad (7.13)$$

где r — радиус барабана, м.

Мощность, необходимая для привода барабана:

$$P_1 = M_{кр} \omega / (1000 \eta_{пр}), \quad (7.14)$$

где ω — угловая скорость барабана, рад/с; $\eta_{пр}$ — КПД приводящего источника энергии.

Суммарное количество воды, поступающего в насадок:

$$Q = F_1 v_2 n + F_2 v_1. \quad (7.15)$$

Мощность, потребляемая при работе водяного насоса:

$$P_в = Q p / (1000 \eta_n \eta_n), \quad (7.16)$$

где η_n — КПД насоса; η_n — КПД механизмов привода; p — давление, Па.

Комбинированные машины для содержания канализационных и водосточных сетей включают в себя илососное и промывочное оборудование, позволяющее одновременно промывать трубопроводы и высасывать загрязнения из колодца вакуумным способом. До 1996 г. таких машин в России не выпускали.

Комбинированные машины характеризуются двумя основными показателями: технологическими объемами отсеков для осадка и для воды. Соотношение объемов этих отсеков можно оперативно изменять путем перестановки герметичной перегородки внутри цистерны, поэтому в качестве главного параметра комбинированных машин можно принимать суммарный объем технологических отсеков и для осадка, и для воды.

Диапазон суммарных объемов технологических отсеков комбинированных машин меньше диапазона параметров илососных машин и машин для прочистки канализационных сетей, поэтому комбинированные машины рекомендуют подразделять на два класса: малой вместимости (суммарный объем отсеков до 8,0 м³) и большой вместимости (суммарный объем отсеков более 8,0 м³).

Функциональные возможности указанных машин шире возможностей отдельно взятых илососных машин и машин для прочистки канализационных сетей, что позволяет в 1,5...2 раза снизить эксплуатационные издержки.

На рис. 7.7 показана комбинированная машина КО-560, смонтированная на шасси автомобиля КамАЗ 1 повышенной грузоподъемности. Основным элементом комбинированной машины, как и у машин для прочистки канализационных сетей, является водяной насос высокого давления. Насос обеспечивает требуемый гидравлический режим работы оборудования. Для таких машин используют трехплунжерные насосы с кривошипно-шатунным приводом. На отечественных машинах,

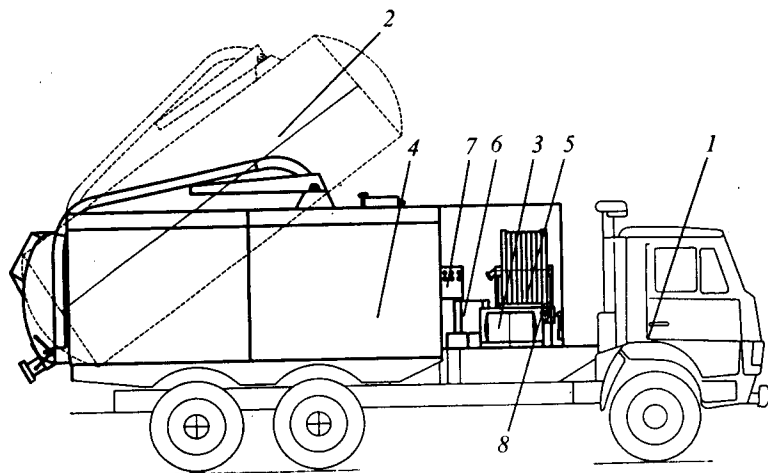


Рис. 7.7. Машина комбинированная КО-560: 1 — шасси; 2 — цистерна; 3 — вакуум-насос водокольцевой; 4 — баки для воды; 5 — барабан для намотки рукава высокого давления; 6 — пульт управления; 7 — рукав высокого давления с насадком

выпускаемых Арзамасским заводом Коммаш, устанавливаются высококачественные насосы российского производства.

В 1999 г. в РФ появились оригинальные трехплунжерные насосы высокого давления с дезаксиальным кривошипно-шатунным приводом серии РТ, которые отличаются от традиционных насосов улучшенными характеристиками массы и габаритов, а также повышенной прочностью. Насосы типа РТ превосходят по показателям насосы ведущих европейских фирм.

Заборное оборудование комбинированной машины представляет напорно-всасывающий рукав диаметром сечения 100 мм, закрепленный на стреле-манипуляторе и оснащенный на конце всасывающим мундштуком в виде стальной трубы.

Всасывание слежавшихся, уплотненных иловых отложений требует их дополнительного рыхления в зоне всасывания и разбавления водой. Эффективное решение этой проблемы обеспечивает система высоконапорного струйного рыхления отложений с помощью пистолета с удлиненным стволом. При работе пистолетом с давлением от 5 до 10 МПа количества воды в баках машины хватает на рабочую смену.

Комбинированные машины могут обеспечить забор загрязнений с больших глубин, превышающих критическую глубину вакуумного всасывания (около 20 м), что является результатом совместного применения вакуумного оборудования и специальных эжекторных насосов, монтируемых на конце всасывающего рукава.

7.2 Аварийные и аварийно-ремонтные машины для водопроводных сетей

Под устранением аварийного состояния водопроводных сетей понимается устранение причин, вызывающих утечку воды, не предусмотренную нормальной эксплуатацией и ставящую под угрозу работу близлежащих объектов. Работа по устранению аварийного состояния делится на следующие этапы:

- обнаружение места аварии;
- прекращение доступа воды в поврежденный участок трассы;
- установление причин аварии.

Обнаружение места аварии. В условиях города, имеющего усовершенствованные мостовые покрытия (асфальт на бетонном основании) незначительные течи труб обнаруживаются трудно. Нередки случаи, когда выход воды из поврежденной трубы на поверхность земли значительно удален от места течи, что приводит к раскопкам длинных котлованов, вызывающим лишние затраты средств, сил и нарушения уличного покрытия.

Наличие течи в линии можно установить непосредственно анализом физико-механических свойств воды.

При затоплении подвалов или колодцев анализ физико-химического состава воды, затопившей подвал, показывает, какой водой затоплен подвал — водопроводной или местной грунтовой.

Основными показателями качества воды в анализе являются: количество остаточного хлора, наличие связанного хлора, железа, сульфата, степени окисляемости, щелочности и др.

Место утечки можно определить по шуму, создаваемому потоком воды, истекающим из поврежденной трубы, а также с помощью щупов или раскопок.

Обнаружение места аварии в затопленном помещении производится в следующей последовательности.

Перекрывается ввод сети в дом и по водомеру определяется наличие утечки. Если утечка отсутствует, то производится повторная проверка, для чего на водомере устанавливается стояк, в который заливают воду; если уровень воды в стояке остается без изменений, т.е. утечки нет, значит место аварии находится вне района затопления.

В сети обнаружение места аварий производится следующим образом.

Перекрывается сеть между колодцами, через пожарный гидрант ручным способом наливается вода и определяется место утечки. В тех случаях, если в трубопроводе имеется трещина, но при обычном давлении утечки нет, делают его подпрессовку (нагнетается вода под давлением 10...12 атм.). Однако следует иметь в виду, что при наличии труб, находящихся в эксплуатации длительное время, подпрессовку проводить не следует, т.к. она может привести к дополнительным авариям.

Таким образом, из описанного выше следует, что все работы по обнаружению места аварии производятся методом пробного поиска.

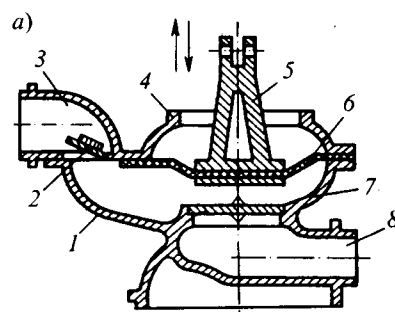


Рис. 7.8. Схема водоотливных насосов

Прекращение доступа воды в поврежденный участок трассы производится отключением его от остальной сети с помощью задвижек. Если повреждение произошло на участке кольцевой сети, то выключение производится двумя задвижками — выше и ниже места аварии. Если участок располагается на тупиковой трассе, то выключается одна задвижка, расположенная в канале тупиковой трассы. При наличии неисправных задвижек возможно отключение двух или нескольких последовательно расположенных задвижек.

Закрытие и открытие задвижек малого диаметра производится вручную непосредственно в камере за маховик, или сверху торцевым задвижечным ключом. Большие задвижки, установленные на трубопроводах диаметром от 600 мм и выше, закрываются с помощью автопривода.

Для установления причин аварии необходимо после обнаружения района аварии выявить место аварии непосредственно на трубопроводе (или в колодце, или в камере).

Для выявления точки сети, в которой произошла авария, во многих случаях необходимо провести предварительную обработку места аварии, что даст возможность проводить аварийные работы непосредственно у места повреждения.

Причинами аварий могут быть расстройство стыков труб, перелом труб, трещины в трубах, разрывы сварных стыков, механические повреждения трубопровода, разрушение труб от коррозии и замерзание труб.

К предварительной обработке места аварии относится удаление газов из колодцев и камер, удаление вод с поврежденного участка, проведение земляных работ для обнаружения места утечки воды.

В зависимости от величины затопления откачка воды производится водоотливными насосами и эрлифтами.

Водоотливные насосы подразделяют на диафрагменные, центробежные и поршневые.

Диафрагменный насос (рис. 7.8 а) состоит из корпуса 1 со всасывающим патрубком 8, крышки 4 с отводящим патрубком 3, резиновой диафрагмы 6, прикрепленной к колпаку 5, всасывающего 7 и нагнетательно-

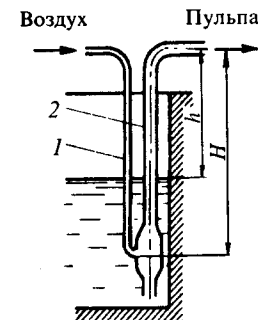
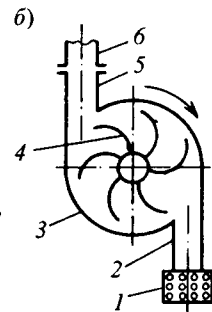


Рис. 7.9. Схема эрлифта

го 2 клапанов. Колпак от привода движется возвратно-поступательно вверх и вниз. При подъеме его диафрагма прогибается вверх, нагнетательный клапан закрывается, в корпусе создается разрежение, всасывающий клапан открывается и жидкость засасывается в корпус насоса. При обратном движении колпака клапан 7 закрывается, а клапан 2 открывается, и вода поступает в отводящую трубу. Привод насоса бывает ручным, от двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя. Высота всасывания диафрагменных насосов составляет до 6,0 м, производительность — 30...45 м³/ч.

Рабочим органом **центробежного насоса** (рис. 7.8 б) является рабочее колесо 4, установленное в корпусе 3, имеющем всасывающую 2 и напорную 5 линии. При вращении колеса во всасывающей линии насоса создается разрежение, благодаря чему вода всасывается по трубопроводу и подается сначала в напорный патрубок, а затем в напорный шланг 6. Для предотвращения попадания в насос крупных механических частиц на приемном конце всасывающего шланга устанавливается фильтр 1.

Центробежные насосы по количеству рабочих колес делятся на одно- и многоступенчатые, а по величине создаваемого напора — на низконапорные (до 0,2 МПа), средненапорные (0,2...0,6 МПа) и высоконапорные (более 0,6 МПа). Основные характеристики центробежных насосов: высота всасывания до 0,7 м, подачи 24...250 м³/ч.

Поршневые насосы, применяемые для откачки сильно загрязненных вод, обеспечивают большую высоту всасывания и не требуют перед работой заливки водой.

Эрлифты — воздушные водоподъемники (рис. 7.9); несмотря на сравнительно малый КПД (до 36 %), они имеют ряд достоинств: простое устройство, надежность и бесперебойность работы. Сжатый воздух или воздух под давлением до 0,3 МПа нагнетается по газовой трубе 1 в жидкостную трубу 2, где образуется эмульсия — смесь воздуха или газа с водой. Вода увлекается вверх пузырьками воздуха или газа. Рабочее давление воздуха или газа с (МПа) численно равно $0,01(H - h)$, где H — минимальная глубина погружения смесительной камеры, м; h — высота подъема пульпы, м.

В колодцах и камерах водопроводной сети иногда скапливаются газы природного или промышленного происхождения (метан или промышленный газ).

Газы проникают в колодцы благодаря фильтрующим свойствам окружающего грунта при наличии повреждений в ближайших газопроводах или разложении растительных остатков.

Загазованность колодца определяется или путем непосредственного контакта проверяющего с находящимся в колодце газом (по запаху) или с помощью специальных приборов — газоанализаторов.

Удаление газа из колодца производится двумя основными способами: без применения специальных отсасывающих средств; с применением специальных отсасывающих средств.

К первому способу относится удаление газа через люк колодца самотеком (если газ легкий). Колодец в этом случае оставляют открытым на 10...15 мин.

При наличии тяжелого газа для удаления применяют его принудительное перемешивание с воздухом в объеме колодца вручную (например, лопаткой). В результате газ с потоком воздуха выносится наружу.

Газ из колодцев можно удалять путем вытеснения его массой воды, накачиваемой в колодец, с ее последующей откачкой.

Ко второму способу относится удаление газа при помощи вентилятора, приводимого в движение от двигателя смонтированного в кузове аварийной машины или вручную.

При необходимости, срочные работы производятся в загазованном колодце без откачки газа. В этом случае операторы работают в противогазах.

Земляные работы при определении и ликвидации мест утечки воды на трубопроводах являются самым трудоемким видом работ. Применение экскаваторов и канавокопателей в городских условиях затруднено из-за наличия кабельных и телефонных сетей, а также опасности повреждения самого трубопровода и т.д.

В местах возможного применения техники используются экскаваторы на базе пневмоколесного трактора «Беларусь» при глубине залегания траншей до 3 м (см. раздел 8.3). При глубине залегания выше трех метров работы могут проводиться вручную. Для облегчения выноса грунта наружу используется бадья, подвешенная к стреле крана.

В зимних условиях проводятся дополнительные работы по отоплению грунта и коммуникаций с помощью теплонагревателей.

При производстве земляных работ особое внимание должно быть обращено на крепление котлована, так как работы часто производятся в непосредственной близости от трамвайных путей, на улицах с интенсивным движением транспорта и т.д. При выполнении аварийных работ установлено максимальное время на раскопку грунта — 4 час. В зимнее время, а также при вскрытии асфальтовых и бетонных покрытий используется компрессор с пневмоинструментом, которым осуществляется:

- разбивка бетонного основания усовершенствованных покрытий;
- разбивка замороженного грунта;
- разбивка кирпичных и бетонных колодцев и фундаментов;
- разбивка оснований люков колодцев при их перестановке и смене;
- продувка труб малого заложения при включении их на зиму.

На рис. 7.10 показана аварийно-ремонтная водопроводная машина. Для выполнения работ по устранению аварий, а также плановых и внеплановых ремонтов на городских водопроводных сетях в кузове-фургоне машины устанавливают следующее оборудование: бензоэлектрический агрегат 11, сварочный агрегат 15, центробежный насос 7, центробежный вентилятор 10, кран-стрела с лебедкой 2. Кроме того, в кузове размещены слесарный верстак 4 с тисками 3, электроточило 5, сверлильный станок 6, ручная лебедка 13, отопительный агрегат 9,

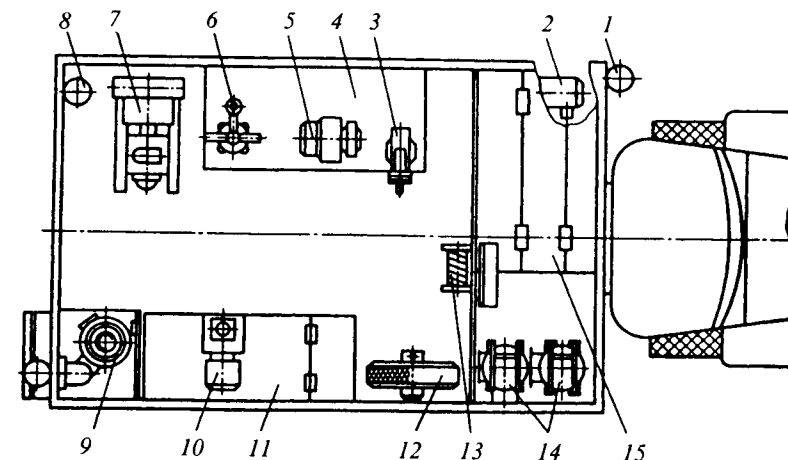


Рис. 7.10. Аварийно-ремонтная водопроводная машина

прожектор 14 для освещения места работы в темный период суток. Машина снабжена различными приспособлениями, а также комплектом слесарного и абразивного инструмента, кабелем, огнетушителем 1 и запасным колесом 12.

Кузов машины — фургон цельнометаллический каркасной конструкции с шестью окнами в боковых стенах. В задней стенке имеется двухстворчатая дверь. Вход в кузов осуществляется по откидной лестнице. Бензоэлектрический агрегат, установленный по правому борту кузова, служит для выработки электроэнергии и питает ею все электропотребители машины.

Сварочный агрегат состоит из четырехтактного карбюраторного двигателя, который приводит в действие генератор, обеспечивающий работу одного сварочного поста для дуговой сварки металла постоянным током. Выносной центробежный насос устанавливают непосредственно у места работы. Он служит для откачки воды из затопленных колодцев и других объектов.

Для продувки загазованных колодцев служит центробежный вентилятор, который также выносят из машины к объекту работы. У левой боковой стенки фургона размещен слесарный верстак, на котором закреплены тиски, сверлильный станок и электроточило.

Для питания выносных потребителей электроэнергии в кузове установлен щит, на котором смонтированы разъемы для подключения: выносных прожекторов, электросверлильного станка, вентилятора и лебедки крановой установки.

Крановая установка (рис. 7.11) состоит из металлоконструкции, выполненной в виде А-образной телескопической стрелы, которая прикрепляется с помощью двух шарниров к раме, установленной на бампере ав-

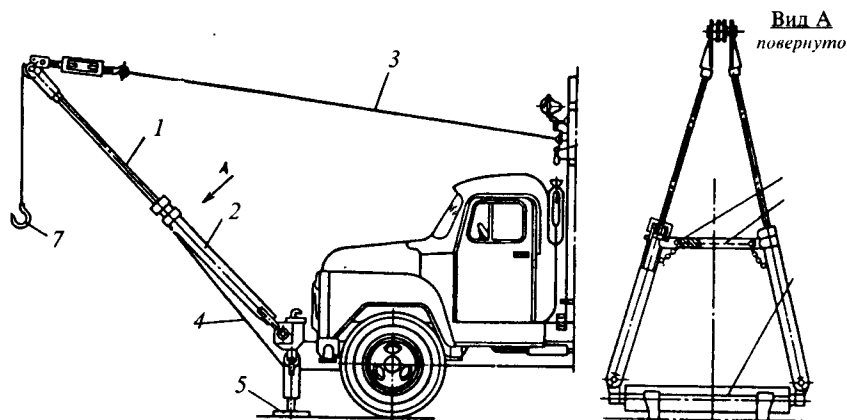


Рис. 7.11. Крановая установка аварийно-ремонтной машины

томобилия. Угол наклона стрелы и, следовательно, вылет крана могут изменяться с помощью выдвигаемых штанг 1, телескопов 2 и расчалок 3. Привод грузоподъемного оборудования в работу производится лебедкой. Трос 4 через систему блоков размещается на вершине стрелки и снабжается грузовым крюком 7. Для разгрузки передней оси автомобиля при работающей крановой установке служат две выносные опоры 5. При установке выносных опор в рабочем положении с помощью конечного выключателя становится невозможным пуск двигателя машины.

На рис. 7.12 показана аварийно-насосная машина ДКТ-235, выпускаемая ЗАО «Доркомтехника». Она предназначена для перекачки воды или фекальных жидкостей из затопленных колодцев, из подвалов зданий в близлежащие работающие колодцы, а также для откачки воды из отстойников строительных котлованов, водоемов при проведении очистных работ. На базовом автомобиле ЗИЛ-5301 НС смонтирован фургон 1, внутри которого размещены карбюраторный двигатель 2, приводящий в работу через муфту 4 центробежный водяной насос 3. В систему водозабора входят также рабочие рукава 6 с обратным клапаном 5. Управление насосом осуществляется с пульта 7. Максимальная производительность центробежного насоса составляет 250 м³/ч.

7.3. Аварийные и аварийно-ремонтные машины для газового хозяйства

Утечка газа в системе внутридомового газового оборудования наиболее часто возникает в местах резьбовых соединений у кранов, счетчиков, блок-кранов и водонагревателей.

Помимо того, утечки могут происходить по вине потребителей, не соблюдающих правила пользования газовыми приборами.

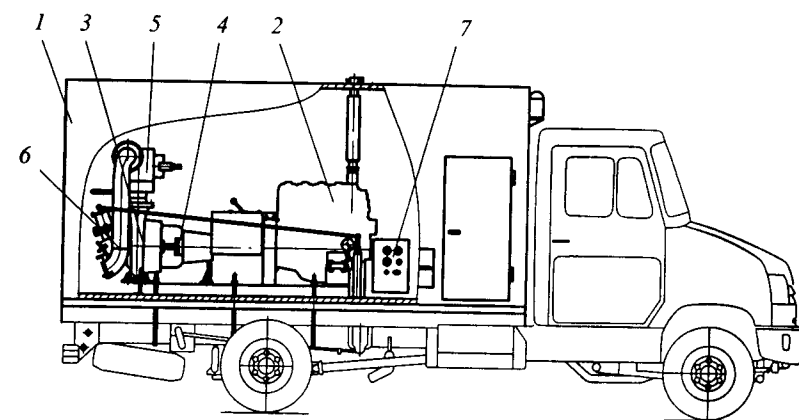


Рис. 7.12. Машина аварийно-насосная ДКТ-235: 1 — фургон; 2 — двигатель Д144-31; 3 — центробежный водяной насос; 4 — муфта; 5 — камера с заслонкой и обратным клапаном; 6 — рукава; 7 — пульт управления

По прибытии на место аварии руководитель аварийной бригады с помощью газоанализатора определяет присутствие газа для предотвращения несчастных случаев (взрывов, пожаров).

Далее удаляются люди, проветривается помещение (открываются окна, двери), запрещается курить и включать электроприборы. Одновременно с этим ведутся поиски места утечки газа. Важное значение имеет своевременное принятие мер предотвращения образования газовой смеси и взрывов. С этой целью необходима срочная ликвидация утечек газа и усиленная вентиляция воздушной среды. При возникновении пожара в здании, независимо от его причин, газоснабжение его должно быть прекращено.

Для тушения пожаров применяются ручные огнетушители сухого и углекислотного типов, а также пеногенераторы.

Причинами аварий газопроводов могут быть неплотность растрескавшихся соединений, перелом труб, разрывы стыков, коррозия труб, выход из строя запорных устройств и закупорка газопроводов.

При повреждении газопровода возможно воспламенение газа непосредственно в месте его выхода или на поверхности земли. При повреждениях труб и конденсатосборников, при разрывах стыков, на обнаженных участках газопроводов газ может воспламениться от спички, зажженной сигареты и т.п. Для ликвидации такого пламени воду использовать нельзя, т.к. газ пробивает слой воды и продолжает гореть. Необходимо точно установить место выхода газа и создать противодействие выходящему потоку газа струей инертного газа.

Ввиду того, что при утечках на газопроводах высокого и среднего давления газ по грунту распространяется на значительное расстояние, одновременно с буровым осмотром обычно производят раскопку шурфов для вытяжки. Раскопка таких вытяжек в ряде случаев является быс-

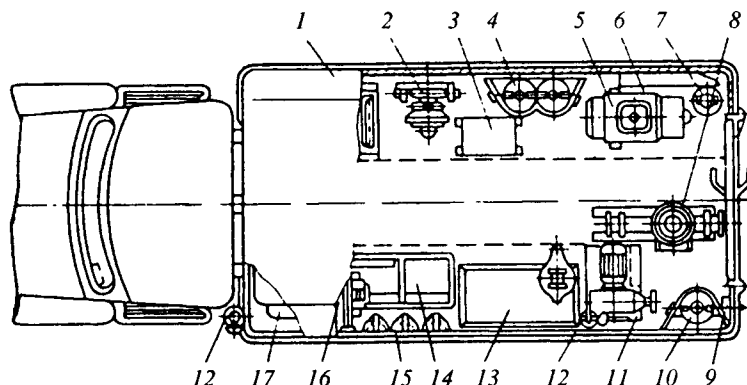


Рис. 7.13. Аварийно-ремонтная газовая машина

трый и действенным способом прекращения поступления газа в здание. Помимо того, для ускорения отыскания места утечки и формирования работ по устранению повреждения производят раскопку котлована в местах, где утечка газа наиболее возможна (здвижки, стыки, конденсатосборники). В том случае, если в раскопанном котловане утечки не обнаружено, этот котлован может служить как вытяжка.

Проверка загазованности колодцев подземных сооружений, коллекторов, подвалов производится газоанализатором или индикаторами.

На рис. 7.13 показано размещение оборудования в кузове аварийно-ремонтной газовой машины.

Машина предназначена для ликвидации аварий и проведения ремонтных работ на газовых сетях, а также для транспортирования к месту этих работ бригады рабочих, необходимого оборудования и инструмента. Специальное оборудование машины состоит из металлического кузова-фургона, оборудования и приспособлений, смонтированных в кузове и вне его, силовой установки и механизмов привода.

Базовое шасси подвергается некоторой доработке, связанной с установкой на переднем бампере автомобиля крана-стрелы и выносных опор. Кузов машины утепленный, имеет внутренний обогрев, обеспечиваемый бензиновым отопителем. Снаружи кузова на его передней стенке закреплены расчалки стрелы крановой установки, а также огнетушитель 12 и дополнительная фара. Доступ в кузов через двухстворчатую дверь, расположенную в задней стенке кузова. Снизу к кузову на специальном поддоне сварной конструкции прикреплен фекальный насос 7. Внутри кузова в его передней части установлена дизель-электрическая станция 17, которая огорожена съемными щитами.

Для охлаждения станции в боковой стенке кузова имеются откидные люки. По правой стенке кузова установлены сварочный электропреобразователь 5, газосварочное оборудование 4, бурильный станок 2 и ящик для инструмента 3. С левой стороны в кузове имеется выносной

ручной насос 8, воздуходувка 11, баллон с углекислотой 10, треноги с прожектором 15, верстак с тисками 13, сиденье 14 и аптечка 16.

Все электрооборудование приводится в работу дизель-электрической станцией, которая состоит из дизеля, генератора и пультов управления 1 и 6. От дизель-электрической станции работает следующее оборудование: сварочный выпрямитель, электромотор лебедки крановой установки, преобразователь частоты для привода электроинструмента, электродвигатели фекального насоса и воздуходувки. Кроме того, станция обеспечивает работу отопительной установки 9, освещения кузова и выносных прожекторов освещения места работы машины.

При проектировании всех аварийных и аварийно-ремонтных машин должен быть выполнен статический расчет для установления соответствия массы специального оборудования и массы рабочих бригады M_0 полезной грузоподъемности M_{Π} базового шасси. При использовании автомобиля в качестве базового шасси полезная грузоподъемность:

$$M_{\Pi} = M_{\Gamma} + M_K; M_{\Pi} \geq M_0, \quad (7.17)$$

где M_{Γ} — грузоподъемность базового шасси; M_K — масса кузова грузовой исполнения машины.

Кроме того, необходимо проверить соответствие реакций, возникающих при полной загрузке машины с учетом массы рабочих аварийной бригады, допустимым нагрузкам на передний и задний мосты базового шасси.

При проектировании машины следует определить необходимую мощность автономного источника силового привода. Выходная мощность бензоэлектрической станции:

$$P_{э.с.} = P_{\max} K_z, \quad (7.18)$$

где $P_{\max}$ — мощность, необходимая для работы оборудования; K_z — коэффициент запаса, обычно $K_z = 1,2 \dots 1,25$.

При проектировании машин бывает необходимо рассчитать коробку отбора мощности и механизмы привода генератора. Для этого принимают мощность генератора:

$$P_{\Gamma} \approx P, \quad (7.19)$$

где P — мощность, потребляемая одновременно всем работающим оборудованием:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i / \eta, \quad (7.20)$$

где P_i — мощность, необходимая для привода i -го оборудования; η — КПД электромотора, используемого для привода i -го оборудования; n — количество одновременно работающего оборудования.

Мощность, необходимая для привода генератора:

$$P'_{\Gamma} = P_{\Gamma} / (\eta_{\Gamma} \eta_M), \quad (7.21)$$

где η_{Γ} — КПД генератора; η_M — КПД механизмов привода генератора.

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете илососные машины, каково их назначение, устройство и принцип работы?
2. Расскажите о вакуум-нагнетательной системе илососа, устройстве и принципе работы.
3. Приведите основы расчета илососных машин.
4. Какие вы знаете машины для прочистки канализационных сетей, расскажите об их устройстве и принципе работы.
5. Опишите проходные и реверсивные гидродинамические насадки, их назначение и принцип работы.
6. Приведите основы расчета машин для прочистки канализационных и водосточных сетей.
7. Какова особенность комбинированных машин для содержания канализационных и водосточных сетей?
8. Что вы знаете об аварийных и аварийно-ремонтных машинах для водопроводных сетей и их комплектации?
9. Опишите водоотливные насосы, их классификацию, устройство и принцип действия.
10. Перечислите аварийные и аварийно-ремонтные машины для газового хозяйства.
11. В чем состоит специфика расчета аварийных и аварийно-ремонтных машин?

Глава 8.**ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ГОРОДА**

В коммунальном хозяйстве города используются различные вспомогательные машины, среди которых наибольшее распространение получили погрузочно-разгрузочные, грузоподъемные, землеройные и землеройно-транспортные, а также уплотняющая техника.

8.1. Грузочно-разгрузочные машины

Грузочно-разгрузочные машины предназначены для разгрузки и загрузки в транспортные средства штучных грузов и сыпучих материалов, а также для их перемещения на расстояния до 150 м.

Грузочно-разгрузочные машины классифицируют: по назначению — для сыпучих материалов и штучных грузов; по режиму работы — циклического и непрерывного действия; по типу рабочего органа — одноковшовые, многоковшовые; по ходовому оборудованию — на пневмоколесном и гусеничном ходу.

Одноковшовые погрузчики являются универсальными машинами и могут применяться для различных целей. Многоковшовые используют там, где рабочий процесс должен быть непрерывным, например, зимняя уборка снега на городских улицах с одновременной его погрузкой в транспортные средства.

Одноковшовый погрузчик представляет собой самоходную машину циклического действия, состоящую из специального шасси или серийного трактора с навесным оборудованием в виде стрелы и ковша (основной рабочий орган). Кроме грузочно-разгрузочных работ одноковшовые погрузчики могут использоваться для послойной разработки грунтов I...III категории с погрузкой их в транспортные средства или отсыпкой в отвал. Со сменными рабочими органами (рис. 8.1) эти машины используют для загрузки и разгрузки контейнеров, труб, лесоматериалов, для обратной засыпки траншей и котлованов, для уборки дорог и внутриквартальных территорий и т.д.

Главный параметр одноковшовых погрузчиков — номинальная грузоподъемность. По этому параметру их подразделяют на погрузчики малой грузоподъемности (до 0,5 т), легкие (0,6...2,0 т), средние (2,1...4,0 т), тяжелые (4,1...10 т) и большегрузные (свыше 10 т). В коммунальном хозяйстве в настоящее время наибольшее распространение получили

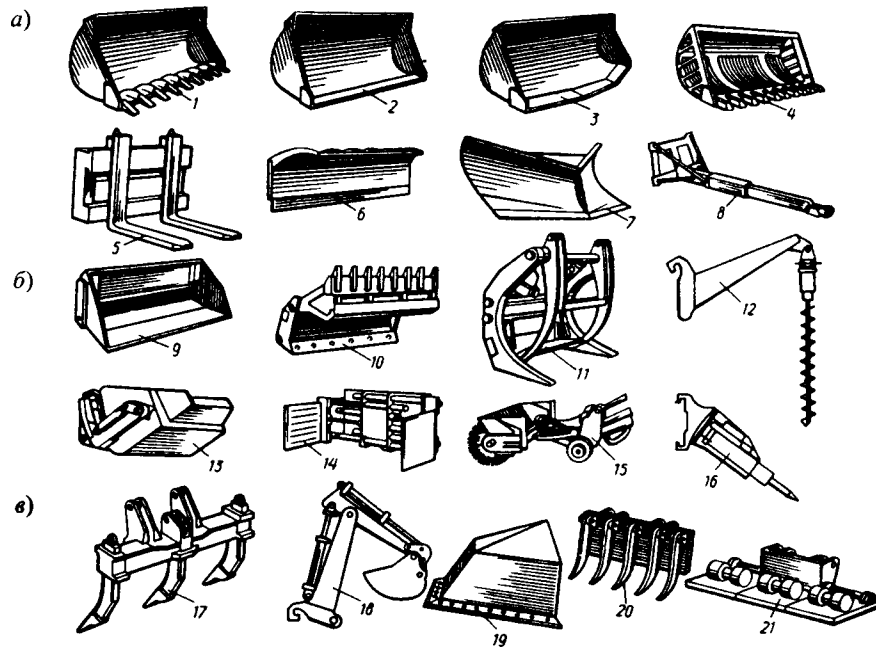


Рис. 8.1. Сменные рабочие органы и дополнительное оборудование одноковшовых погрузчиков:

а — рабочие органы без силового привода; б — рабочие органы с силовым приводом; в — дополнительное оборудование; 1 — ковш для скальных пород с зубьями; 2 — ковш без зубьев с прямолинейной режущей кромкой; 3 — ковш без зубьев с U-образной режущей кромкой; 4 — скелетный ковш; 5 — грузовые вилы; 6 — бульдозерный отвал; 7 — плужный снегоочиститель; 8 — грузовая безблочная стрела; 9 — ковш с принудительной разгрузкой; 10 — двухчелюстной ковш; 11 — захват для длинномеров; 12 — бур-столбостав; 13 — ковш для распределения бетона; 14 — захват для пакетов; 15 — дорожная щетка; 16 — гидравлический молот; 17 — рыхлитель; 18 — обратная лопата экскаватора; 19 — кусторез; 20 — корчеватель-собираатель; 21 — виброуплотнитель

погрузчики малой, легкой и средней грузоподъемности на пневмоколесном ходу с вместимостью основного ковша 0,25...2,0 м³ и мощностью двигателя 29...99 кВт.

Одноковшовые погрузчики по способу разгрузки подразделяют: с передней разгрузкой (фронтальные погрузчики — рис. 8.2 а), с боковой разгрузкой (полуповоротные погрузчики — рис. 8.2 в, г), с задней разгрузкой (перекидные погрузчики — рис. 8.2 б).

В рабочий цикл погрузчика с ковшом входят следующие операции: опускание ковша, перемещение всей машины (или рабочего оборудования) вперед для захвата материала, подъем ковша, отъезд погрузчика

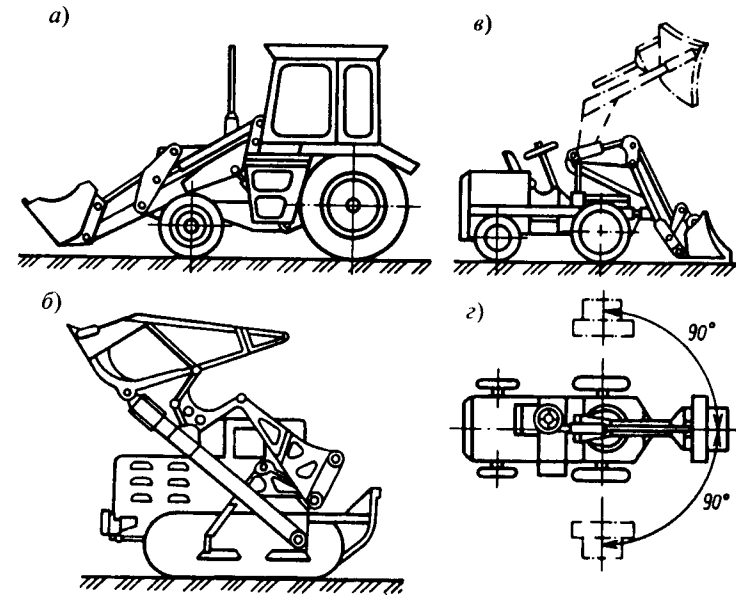


Рис. 8.2. Основные типы одноковшовых погрузчиков

(или поворот стрелы) для разгрузки при передней выгрузке и перенос ковша «через себя» с задней разгрузкой, разгрузка ковша поворотом, возвращение машины в исходное положение.

У *полуповоротных погрузчиков* время рабочего цикла на 30...40 % меньше, чем у фронтальных, чему способствует поворот платформы, исключающий необходимость маневрирования всей машины. Такие погрузчики весьма эффективны при работе в стесненных городских условиях, однако они являются более дорогостоящими. Наибольшее применение получили пневмоколесные фронтальные погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой благодаря их универсальности применения, маневренности, мобильности, высокой производительности, простоте управления и обслуживания, сравнительно небольшой стоимости.

Фронтальный погрузчик, изображенный на рис. 8.3 а, б, состоит из двух шарнирно-сочлененных полурам (передней и задней), взаимное расположение которых показано на рис. 1.6. Рабочее оборудование (ковш 1 и стрела 2) размещено на передней полураме, а дизель 7 и кабина 6 — на задней полураме. Передний 9 и задний 8 мосты — ведущие.

Подъем стрелы осуществляется гидроцилиндрами 5, а поворот ковша относительно стрелы — двумя гидроцилиндрами 4 через рычаг 3 и тягу 10. С помощью последних создается параллелограммная система, автоматически обеспечивающая горизонтальное положение ковша при его подъеме из положения I в положение II.

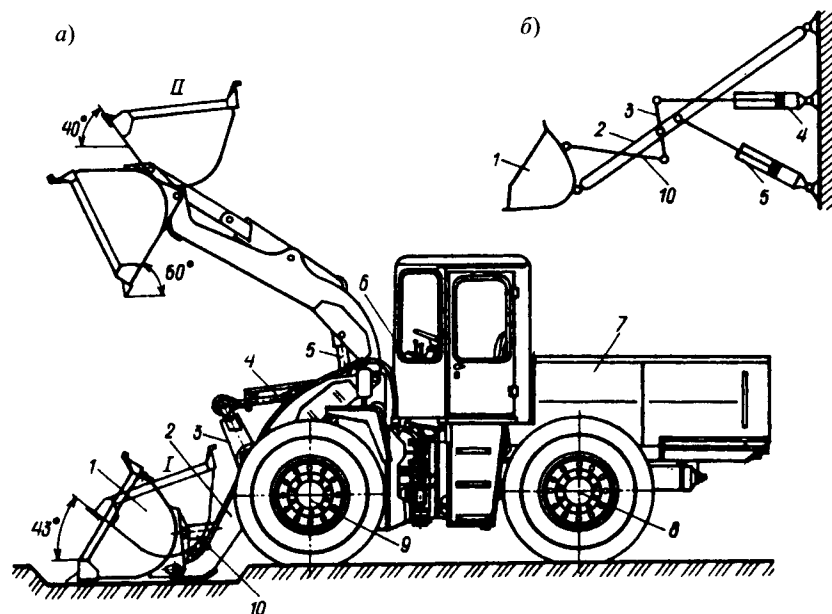


Рис. 8.3. Одноковшовый фронтальный погрузчик

На рис. 8.4 показана гидравлическая схема фронтального погрузчика ТО-18А. Гидросистема, рассчитанная на рабочее давление 16 МПа, обеспечивает привод механизмов и рабочих органов погрузчика, а также управление их движением при выполнении рабочих операций. Гидросистема состоит из масляного бака 8, питающих насосов 9 и 10, распределителей 3, двух гидроцилиндров 4 поворота ковша, двух гидроцилиндров 5 подъема стрелы, замедлительных клапанов 6, фильтров 7 и гидрوليний.

Насос 9 рабочего оборудования установлен на редукторе отбора мощности и служит для подачи рабочей жидкости к гидрораспределителям 3. Гидрораспределители смонтированы под полом кабины и служат для направления потока рабочей жидкости в исполнительные гидроцилиндры 4 и 5. Гидрораспределители могут быть установлены в три основные позиции: одну нейтральную и две рабочие. При нейтральной позиции распределителя рабочие отводы заперты, поток рабочей жидкости от напорной секции по переливному каналу через сливную секцию идет в бак. При установке распределителя в рабочую позицию напорная линия соединяется с одним из рабочих отводов и поток направляется в одну из полостей гидроцилиндра.

Замедлительные клапаны 6 применяют для предотвращения свободного падения ковша с грузом при опускании стрелы; установлены они на выходе из поршневой полости цилиндров подъема стрелы.

Рулевое управление погрузчика — гидравлическое, выполненное по насосной схеме. Поворотом рулевого колеса 2 через рулевую колонку и

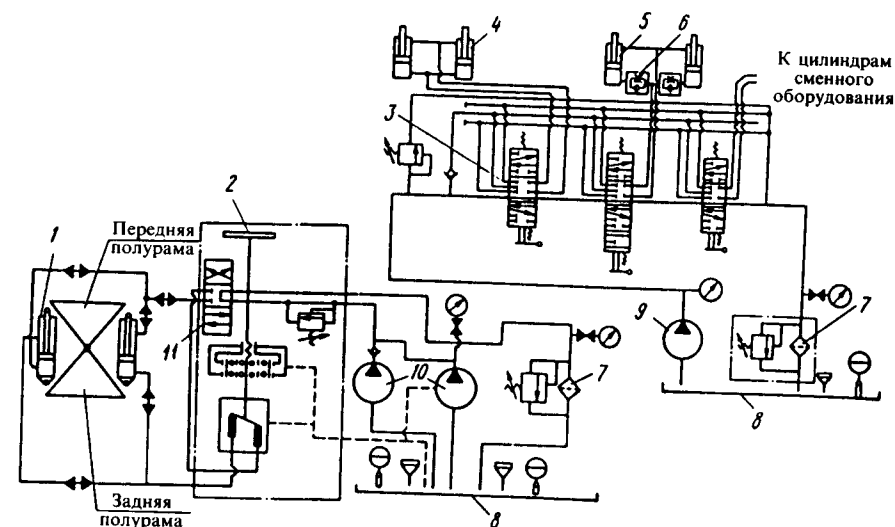


Рис. 8.4. Гидравлическая схема погрузчика ТО-18А

редуктор приводится в движение гидрораспределитель 11, который через трубопроводы связан с исполнительными гидроцилиндрами 1, поворачивающими одну полураму погрузчика относительно другой. Описанная система относится к так называемым следящим системам, так как имеется определенная зависимость (обратная связь) между положением исполнительного органа и управляющего звена (в данном примере между штоками цилиндров 1 и рулевым колесом 2).

В последние годы в городском хозяйстве внедряются малогабаритные погрузчики, являющиеся высокоэффективным средством механизации ручного труда, особенно в стесненных условиях работы.

Большинство существующих малогабаритных погрузчиков имеет адекватную компоновочную схему (рис. 8.5), в которую входят рама, двигатель, гидрообъемная трансмиссия, рабочее оборудование, система управления и рабочее место машиниста.

Моноблочная сварная рама образована двумя коробчатыми лонжеронами, соединенными между собой также коробчатыми попереч-

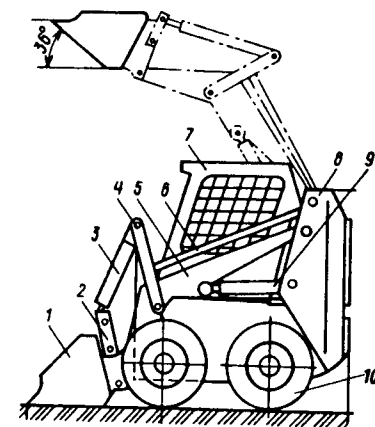


Рис. 8.5. Малогабаритный универсальный погрузчик

ными связями. В задней части лонжеронов имеются стойки 8 для шарнирного крепления стрелы 5. Двигатель (дизельный или карбюраторный) и приводимые им насосы устанавливаются в задней части рамы между стойками и лонжеронами; там же помещаются гидравлические и топливные баки. Часто в качестве баков используют закрытые полости основной рамы.

Рабочее оборудование погрузчика состоит из рабочего органа 1, закрепленного на суппорте 2, стрелы 5, двух гидроцилиндров 3 поворота суппорта, рычагов 4 с тягами 6 и двух гидроцилиндров 9 подъема—опускания стрелы. Комплект сменных рабочих органов может включать до 20 наименований ковшей различного назначения, вилы для штучных и тарных грузов, бульдозерное, экскаваторное, подметально-уборочное, снегоочистительное и другое оборудование. Управление рабочими органами, их замена и фиксация осуществляются из кабины 7 машиниста.

Малогабаритные погрузчики имеют четырехколесный движитель со всеми ведущими колесами 10 и объемную гидравлическую трансмиссию, обеспечивающую независимый привод каждого борта машины и бесступенчатые регулировочные скорости движения до 15 км/ч. Подобные погрузчики способны совершать бортовой разворот на месте на 180° при ширине рабочей зоны до 4 м.

Техническая производительность одноковшовых погрузчиков при работе с сыпучими и кусковыми материалами (м³/ч):

$$П_m = 3600 V k_n / T_q; \quad (8.1)$$

при работе со штучными грузами (т/ч):

$$П_m = 3600 Q k_Q / T_q, \quad (8.2)$$

где V — геометрическая вместимость ковша, м³; $k_n = 0,5...1,4$ — коэффициент наполнения ковша; Q — масса поднимаемого груза (грузоподъемность), т; k_Q — коэффициент использования грузоподъемности; T_q — продолжительность цикла, с:

$$T_q = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (8.3)$$

где t_1 — время наполнения ковша или захвата груза (5...10 с); t_2 — время на отъезд от штабеля (8...10 с); t_3 — время на подъезд к транспортному средству (8...10 с); t_4 — время разгрузки (2...3 с); t_5 — время на отъезд от транспортного средства (6...8 с); t_6 — время подъезда к штабелю (6...8 с).

8.2. Грузоподъемные машины

Грузоподъемные машины и механизмы являются одним из важнейших видов оборудования, применяемого в коммунальном хозяйстве. Они широко используются для выполнения погрузочно-разгрузочных, различных ремонтных и вспомогательных работ; обслуживают людей при подъеме и спуске в жилых и общественных зданиях.

Грузоподъемные машины и механизмы можно подразделить на следующие группы: лебедки и тали; подъемники; краны.

Главным параметром грузоподъемных машин является грузоподъемность, под которой понимают наибольшую допустимую массу груза, включая массу съемного грузозахватного приспособления. Грузоподъемность выражают в единицах массы (кг, т). В отличие от массы сила тяжести груза (вес тела) зависит от ускорения свободного падения и выражается в единицах силы (Н, кН).

Грузоподъемные машины, как и значительная часть строительных и коммунальных машин, работают прерывно (циклично), т.е. периоды работы отдельных механизмов чередуются с периодами пауз. Одним из основных параметров грузоподъемных машин, оказывающих влияние на выбор основных характеристик двигателей, пути торможения, коэффициента запаса прочности и т.п., является интенсивность использования механизма, т.е. относительная продолжительность включения, %:

$$ПВ = t_a 100 / t_{ц}, \quad (8.4)$$

где t_a — время работы механизма в течение цикла, с; $t_{ц}$ — время цикла машины, с.

Для электрооборудования грузоподъемных машин ПВ определяют для промежутка времени не более 10 мин, а для механизмов — не более 1 ч. За номинальные значения ПВ приняты 15, 25, 40 и 60 %.

Лебедки предназначены для подъема и перемещения груза с помощью стального каната или цепи, навиваемых на барабан. Различают лебедки с ручным и механическим (от двигателя) приводом, общего и специального назначения.

Главным параметром лебедок является тяговое усилие S , но, кроме того, они характеризуются канатоемкостью барабана и скоростью намотки каната.

Механические лебедки общего назначения изготавливают в большинстве случаев с электрическим приводом (обычно применяют асинхронные крановые электродвигатели, допускающие большие перегрузки). По виду кинематической связи между двигателем и грузоподъемным барабаном эти лебедки подразделяют на реверсивные и зубчато-фрикционные.

У *реверсивной лебедки* (рис. 8.6) вал электродвигателя 4 через соединительную муфту 3 постоянно соединен с редуктором 1, выходной вал которого в свою очередь соединен с грузоподъемным барабаном 5. Канат может навиваться на барабан в один или несколько слоев. В первом случае барабан изготавливается нарезным, во втором — гладким.

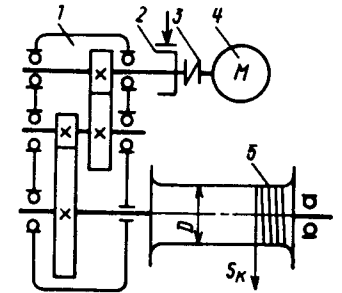


Рис. 8.6. Кинематическая схема реверсивной лебедки с электроприводом

Наружная поверхность соединительной муфты 3 используется в качестве тормозного шкива двухколесного электромагнитного тормоза 2.

Изменение направления вращения барабана (опускание или подъем груза) достигается реверсированием направления вращения вала электродвигателя с помощью специальной пусковой электроаппаратуры (барабанные контроллеры, магнитные пускатели, контакторы и т.п.).

Реверсивные лебедки общего назначения имеют тяговое усилие 3...125 кН, грузоподъемность 0,3...2,5 т, канатоемкость до 800 м при скорости навивки каната до 0,7 м/с.

В настоящее время выпускают лебедки с барабаном, имеющим несколько частот вращения. Благодаря жесткой кинематической связи эти лебедки безопасны в работе и применяются во всех механизмах, связанных с подъемом людей.

В отличие от реверсивных лебедок в зубчато-фрикционных кинематическая связь между электродвигателем и грузоподъемным барабаном не жесткая: имеется фрикционное устройство, позволяющее при необходимости отключать барабан от двигателя. В настоящее время фрикционные лебедки применяют редко. Их недостатками являются сложность управления и необходимость регулирования муфт, тормозов и систем блокировки. По сравнению с реверсивными лебедками фрикционные менее безопасны в работе ввиду отсутствия жесткой связи барабана с двигателем.

Лебедку с механическим приводом выбирают по тяговому усилию S_k канатоемкости L барабана:

$$S_k = (m + m_n g) / (i_n \cdot a \cdot \eta_n), \quad (8.5)$$

где m — масса поднимаемого груза; m_n — масса подвижной обоймы полиспаста с грузозахватным органом; i_n — кратность полиспаста; a — параметр, характеризующий тип полиспаста (для простых $a = 1$, для сдвоенных $a = 2$ [8]); η_n — КПД полиспаста; g — ускорение свободного падения.

Канатоемкость барабана зависит от высоты подъема груза H и кратности полиспаста $i_{пол}$. Кроме того, для ослабления натяжения каната в месте его крепления на барабане оставляют свободными 1,5...2 витка каната. Тогда длина каната (м) будет равна;

$$L = H i_{пол} + (1,5...2,0) \pi (D_6 + d_k), \quad (8.6)$$

где D_6 — минимально допустимый диаметр барабана; d_k — диаметр каната.

Скорость каната, навиваемого на барабан (м/с), при скорости подъема v_z определится как

$$v_k = v_z i_{пол}. \quad (8.7)$$

Необходимая мощность двигателя (кВт):

$$P = S_k v_k / 1000 \eta, \quad (8.8)$$

где S_k — усилие в канате, навиваемом на барабан, Н; η — КПД лебедки.

По полученному значению мощности подбирают крановый электродвигатель с продолжительностью включения (ПВ), соответствующей режиму работы механизма. Редуктор подбирают по передаточному числу, режиму работы и мощности двигателя.

Передаточное число редуктора:

$$i_{ред} = n_{дв} / n_6, \quad (8.9)$$

где $n_{дв}$ — частота вращения двигателя, мин⁻¹; n_6 — частота вращения барабана, мин⁻¹:

$$n_6 = 60 v_k / (\pi D_{cp}), \quad (8.10)$$

здесь D_{cp} — средний диаметр навивки каната на барабан, м.

Тали — простые грузоподъемные механизмы, применяемые при монтаже и ремонте санитарно-технических устройств, трубопроводов и т.д. в местах, недоступных для кранов.

По типу привода тали бывают ручные и электрические. Тали с электроприводом, смонтированные на передвижных тележках, называют **тельферами**.

Тельфер (рис. 8.7) состоит из асинхронного короткозамкнутого кранового электродвигателя 1, грузоподъемного барабана 8, на котором подвешен грузовой полиспаст с крюковой обоймой 10. Крутящий момент от электродвигателя через вал 5 и зубчатые передачи, объединенные в редуктор 7, передается на грузоподъемный барабан. Груз на весу удерживается дисковым тормозом 6 закрытого типа, диски которого размыкаются только лишь при пуске электродвигателя. Рычаг 9 связан с ограничителем высоты подъема, автоматически отключающим двигатель в случае достижения крюковой обоймой предельной высоты. Опускание груза осуществляется реверсированием электродвигателя.

Тележка 3, к которой подвешен тельфер, приводится в действие от самостоятельного электродвигателя и редуктора 2, с помощью которых передвигается по монорельсу 4. Тельферами управляют снизу при помощи свисающего легкого пульта с кнопками, соединенного с электроаппаратурой гибким кабелем.

Грузоподъемность тельферов колеблется в пределах от 0,25 до 10 т при высоте подъема до 35 м. Скорость подъема груза составляет порядка 8 м/мин, а передвижение — до 20 м/мин.

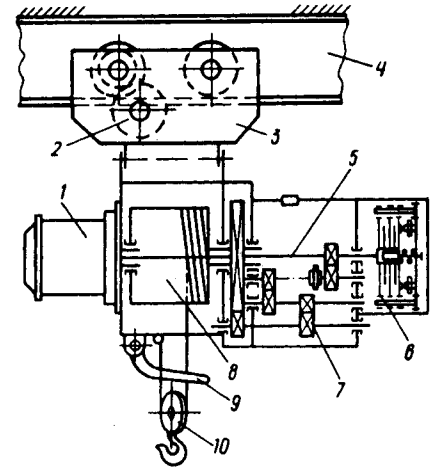


Рис. 8.7. Электроталь (тельфер)

Благодаря компактности конструкции и простоте обслуживания тельферы находят широкое применение для выполнения подъемно-транспортных, монтажных и ремонтных работ.

Подъемники используют для подъема груза и людей на перекрытие (этажи) или леса строящихся и ремонтируемых зданий при выполнении отделочных, санитарно-технических, электромонтажных или ремонтных работ. По конструкции подъемники подразделяют на мачтовые (стоечные), скиповые (ковшовые) и шахтные. В коммунальном хозяйстве нашли применение мачтовые и шахтные подъемники, а также автомобильные подъемники, которые составляют отдельную группу.

Мачтовые подъемники классифицируют: по способу установки — стационарные (свободностоящие и приставные) и передвижные; по количеству мачт — одностоечные и двустоечные; по назначению — грузовые и грузопассажирские.

Мачтовый грузовой стационарный одностоечный подъемник (рис. 8.8 а) представляет собой решетчатую мачту прямоугольного сечения 4, устанавливаемую на опорной платформе 1 непосредственно у строящегося здания 10. Мачта служит направляющей для каретки 8 с грузовой платформой 9. Внизу устанавливается грузоподъемная реверсивная лебедка 3 с пультом управления 2. Грузоподъемная платформа с кареткой перемещаются вдоль мачты при помощи каната 6, идущего через верхний 7 и нижний направляющие блоки к электрореверсивной лебедке.

Мачта состоит из отдельных секций, которые при большой высоте (свыше 10 м) прикрепляются кронштейнами 5 к стене возводимого здания. По мере увеличения высоты здания мачта подъемника наращивается за счет монтажа дополнительных промежуточных секций. На головной секции мачты, на расстоянии 1 м от ее верха, устанавливается конечный выключатель, ограничивающий высоту подъема каретки. В настоящее время в городском строительстве и хозяйстве большинство применяемых подъемников являются приставными, т.е. прикрепляемыми к зданию. Мачту обычно устанавливают так, чтобы можно было подавать грузы с платформы через оконные или другие проемы в стене здания. Современные мачтовые подъемники оснащаются выдвижными площадками 12 с приводом 11 (рис. 8.8 б) или другими специальными грузозахватными устройствами (крюками, зажимами), обеспечивающими подачу грузов непосредственно на междуэтажные перекрытия и предотвращающими травматизм.

В передвижных мачтовых подъемниках, перемещаемых в сцепе с автомобилем, опорную платформу монтируют на пневмоколесах, которые во время работы подъемника вывешиваются винтовыми опорами.

Мачтовые грузовые подъемники имеют грузоподъемность 0,25...0,5 т, скорость подъема 0,3...0,5 м/с и высоту подъема до 70 м.

При ведении работ около зданий высотой более 15 этажей применяют мачтовые грузопассажирские подъемники. Они поднимают не толь-

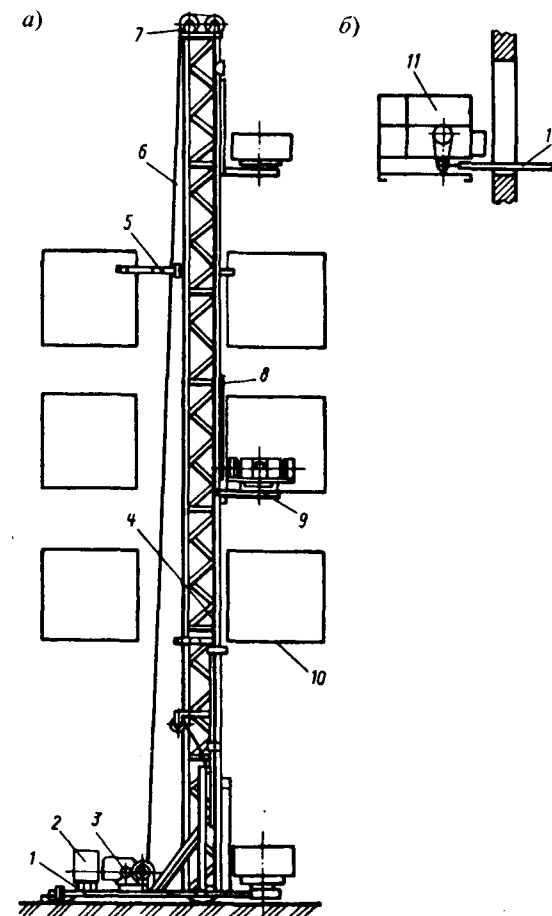


Рис. 8.8. Мачтовый подъемник

ко строительные грузы, но и рабочих, что значительно сокращает потери рабочего времени.

Конструктивно грузопассажирские подъемники незначительно отличаются от рассмотренных выше. У грузопассажирских подъемников вместо площадки устанавливается кабина с противовесом, в которой размещены механизмы управления. Подъем кабины осуществляется при помощи лебедки, оборудованной двумя колодочными электромагнитными тормозами. В кабине можно поднимать 1 000 кг груза (или 10...12 человек) на высоту до 150 м со скоростью 0,5...0,6 м/с.

Независимо от конструкции все подъемники оборудуются и эксплуатируются в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации лифтов Госгортехнадзора. В частности, в них обязательно

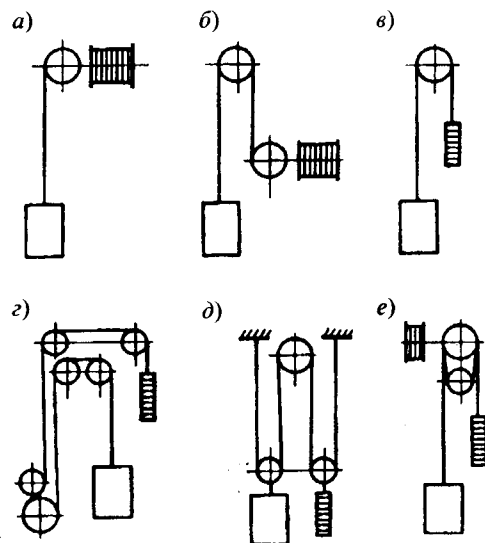


Рис. 8.9. Основные кинематические схемы шахтных подъемников

монтируются специальные устройства (ловители), препятствующие падению грузонесущего органа при обрыве каната. До пуска в работу подъемники подлежат регистрации в органах технадзора и техническому освидетельствованию.

Шахтные подъемники представляют собой сооружение, огражденное со всех сторон на всю высоту, в котором по установленным направляющим движется грузонесущее устройство (кабина или площадка) и противовес. Их применяют при эксплуатации многоэтажных и высотных зданий, в больницах и т.д.

Используемые в сфере коммунального хозяйства шахтные подъемники (лифты) по своему назначению подразделяют на: *пассажирские*, служащие для подъема и спуска людей; *грузопассажирские* — для подъема и спуска различных грузов в сопровождении проводника; *грузовые* без проводника — для подъема и спуска только грузов.

По скорости движения кабин пассажирские лифты разделяют на обычные (до 1,4 м/с) и скоростные (2 м/с и более). Номинальная скорость движения грузовых лифтов 0,15...0,5 м/с. Грузоподъемность лифтов, устанавливаемых в жилых зданиях, до 500 кг, а в общественных и административных зданиях — 1 000... 1 600 кг.

По кинематическому исполнению лифты подразделяют на машины с верхним и нижним расположением приводного механизма, с противовесом и без него (рис. 8.9).

На рис. 8.9 а, б изображены схемы простейших установок лифтов без противовесов. В этих случаях приводной механизм устанавливается обыч-

но над шахтой. Такие подъемники требуют применения для подъема кабины электродвигателя повышенной мощности и поэтому устанавливаются в редких случаях, например при малой грузоподъемности (менее 160 кг). Наиболее рациональными являются схемы подъемников с противовесами: с верхним (рис. 8.9 в) и нижним (рис. 8.9 г) расположением привода.

На рис. 8.9 д показана специальная полиспастная схема подвешивания лифта. Такое подвешивание позволяет снизить скорость подъема кабины, увеличить грузоподъемность и уменьшить нагрузку на лебедку. Необходимость в этом чаще всего появляется в подъемниках грузоподъемностью 2 т и более. Чтобы увеличить силу трения, устанавливают шкивы с двойным обхватом (рис. 8.9, е). При этом, однако, увеличивается количество перегибов канатов, что уменьшает срок их службы, а следовательно, возрастают эксплуатационные затраты.

На рис. 8.10 показан общий вид современного пассажирского лифта с раздвижными дверями шахты и кабины. Шахта чаще всего представляет собой металлическую конструкцию, состоящую из четырех вертикальных стоек углового профиля, жестко соединенных между собой горизонтальными поясами, ограждения с дверями, приямка и потолочного перекрытия, отделяющего шахту от машинного или блочного помещения.

Приводная лебедка 2 лифта установлена над шахтой 20 в машинном помещении 1. Шахта проходит через все здание по вертикали и ограждена со всех сторон на всю высоту. К ограждению 19 шахты прикреплены направляющие 17 и 18, соответственно, для противовеса 15 и кабины 25. Кабина и противовес подвешены на стальных кана-

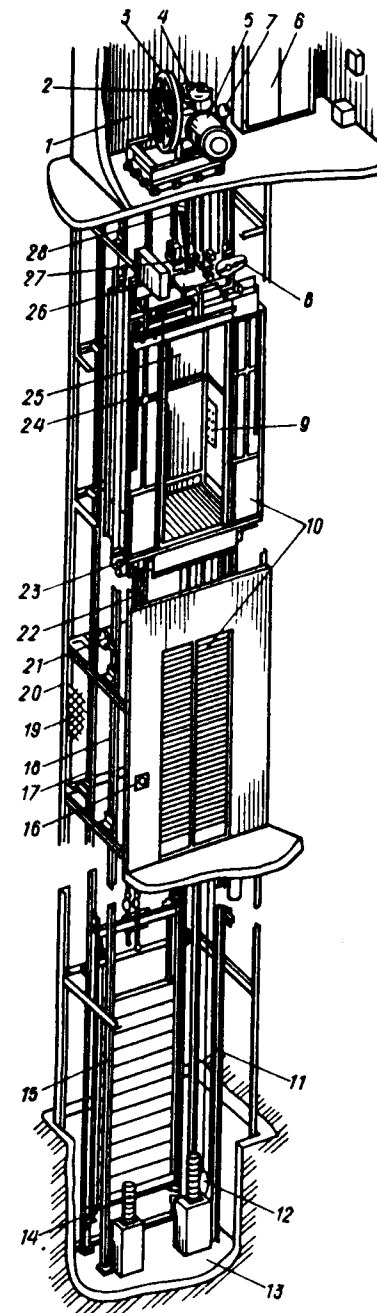


Рис. 8.10. Шахтный пассажирский подъемник (лифт)

тах 28 с помощью специальной подвески 27. Канаты перекинуты через канатопроводящий шкив 3, который вращается от электродвигателя 5, соединенного с редуктором упругой муфтой. Остановка привода производится электромагнитным колодочным тормозом 4. Кабина лифта и этажные проемы в шахте снабжены раздвижными или распашными дверями 10.

Двери кабины и замки шахты дверей имеют блокировку, исключающую пуск лифта при наличии груза свыше 15 кг в кабине в том случае, если дверь кабины или хотя бы одна из дверей шахты не полностью закрыта. В верхней и нижней частях шахты имеются концевые выключатели 7, ограничивающие рабочий подъем кабины.

В прямке 13 шахты установлены натяжное устройство ограничителя скорости 12 и пружинные буфера 14, которые должны в случае продвижения кабины вниз от уровня нижней остановки (при неисправности системы управления) остановить кабину в таком положении, чтобы под ней было свободное пространство глубиной не менее 750 мм, считая от дна прямка до нижних частей кабины (кроме направляющих башмаков).

Во избежание падения кабины 25 при обрыве канатов каркас кабины оборудуется ловителями 26, предназначенными для остановки аварийно движущейся кабины вниз и удержания ее на направляющих 18, а также башмаками 23, обеспечивающими движение кабины только вдоль направляющих 18.

Ловители 26 и ограничитель скорости 7 представляют собой взаимосвязанные устройства, предотвращающие падение кабины при обрыве, а иногда и при ослаблении несущих канатов 28, а также останавливающие кабину (противовес) при превышении установленной скорости. Ограничитель скорости 7 размещается в машинном (блочном) помещении 1. Ограничитель скорости связан с кабиной 25 тросом 11.

Для движения кабин по этажам пассажир, находящийся в ней, должен нажать кнопку соответствующего этажа на кнопочном аппарате 9, расположенном внутри на стенке кабины. Кнопочный аппарат кабины соединен с подвесным кабелем 22, который связан с находящейся в машинном помещении панелью 6 управления лифтом. При подходе кабины к заданному этажу отводка 24, установленная на кабине лифта, воздействует на этажный переключатель 21; последний размыкает контакты в цепи управления лифтом большой скорости и включает цепь малой скорости привода.

Кабина движется на малой скорости до датчика точной остановки, установленного в шахте. В результате катушка тормоза и электродвигатель привода лебедки обесточиваются, механический тормоз «накладывается» и кабина останавливается. При этом включаются командоаппараты, смонтированные на панели управления, питание подается на электродвигатель привода дверей кабины 8 и шахты, и двери автоматически открываются.

После выхода пассажиров из кабины и небольшой выдержки времени срабатывает реле времени, которое подает питание на электродвигатель привода дверей кабины 8 и шахты, и двери закрываются. Гаснут сигнальные лампочки вызывных аппаратов 16, установленных на каждом этаже. Это свидетельствует о том, что лифт свободен. При вызове пустой кабины на любой этаж все сигнальные лампочки вызывных аппаратов 16 загораются, что извещает пассажиров о принятом вызове, а пассажиров, находящихся на других посадочных этажах, что лифт занят.

Грузовые лифты мало отличаются от пассажирских; большая часть их механизмов имеет одинаковую конструкцию и назначение.

Эксплуатационная производительность подъемников (т/ч):

$$P_j = Qnk_z k_v, \quad (8.11)$$

где Q — номинальная грузоподъемность, т; $k_z = 0,6 \dots 0,8$ — коэффициент использования подъемника по грузоподъемности; $k_v = 0,5 \dots 0,9$ — коэффициент использования подъемника по времени; n — количество циклов за час:

$$n = 3600/T_u, \quad (8.12)$$

здесь T_u — продолжительность одного цикла, с:

$$T_u = H/v_n + H/v_{cn} + t_n, \quad (8.13)$$

где H — высота подъема, м; v_n, v_{cn} — скорость подъема и спуска, м/с; t_n — суммарное время, затрачиваемое на погрузку и разгрузку, с.

В городском хозяйстве для производства отделочных и ремонтных работ, при обслуживании осветительной сети и контактных линий общественного транспорта широкое применение получили подъемники, устанавливаемые на автомобилях или на специальном пневмоколесном ходовом устройстве.

Автомобильные подъемники — это грузоподъемные машины для вертикального или наклонного перемещения грузов и людей с одного уровня на другой в люльках (рабочих площадках), установленных на рабочем оборудовании в виде шарнирно-сочлененных колен (у подъемников) или телескопической мачты (у вышек).

Автомобильный подъемник (рис. 8.11 а) имеет рабочее оборудование в виде одного, двух (или более) шарнирно-сочлененных колен 2, 3. К оголовку верхнего колена прикреплена рабочая площадка (люлька) 4. Нижнее колено установлено шарнирно на поворотной платформе 6. Колена поворачиваются друг относительно друга и платформы на некоторый угол с помощью гидроцилиндров 1, 5 и рычагов. Платформа поворачивается относительно ходовой части в горизонтальной плоскости на опорно-поворотном устройстве 7 с помощью механизма вращения. Люлька при повороте колен сохраняет вертикальное положение с помощью следающего механизма. Пространственное перемещение люльки осуществляется несколькими (в данном случае — тремя) механизмами: изменением углов

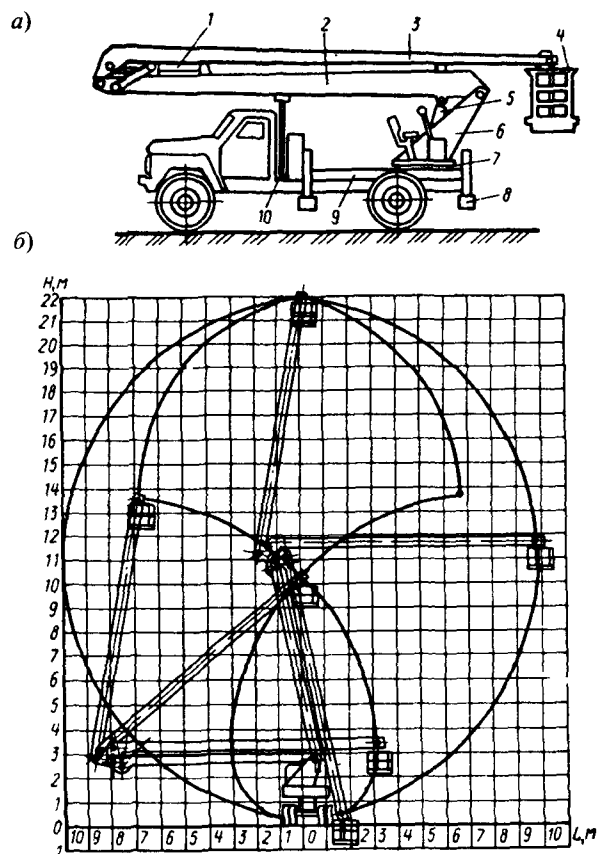


Рис. 8.11. Автомобильный подъемник

наклона нижнего и верхнего колен и вращением платформы. Современные автомобильные подъемники обеспечивают подъем люльки на высоту до 36 м в пределах сферы, описанной радиусом из точки крепления колена к колонне поворотной платформы, а также на 1,5...2,9 м ниже уровня земли. Схема зоны обслуживания подъемником показана на рис. 8.11 б.

Посадка рабочих в люльку и высадка из нее производится с земли через проем в ограждении, который в рабочем положении закрыт цепочкой с карабином. Последовательным подъемом нижнего и верхнего колен и вращением поворотной части подводят люльку к месту производства работ. По окончании работы люльку приводят в положение, удобное для разгрузки, после чего колена укладывают в транспортное положение на стойку 10 (рис. 8.11 а) и фиксируют.

Управление подъемником осуществляется с поворотной платформы с пульта управления, который дублируется пультом управления, распо-

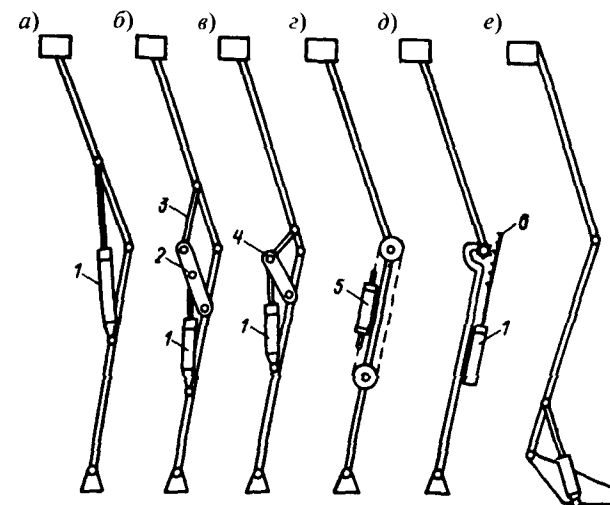


Рис. 8.12. Схемы механизмов поворота колен

ложенным также в люльке. Благодаря пульту управления в люльке значительно расширяется сфера действия подъемника, так как люльку можно подать точно к месту выполнения работ на высоте, что особенно важно при стесненных условиях городской застройки. Для связи между рабочими, находящимися на высоте и на земле, устанавливается двустороннее переговорное устройство.

Базовая машина рассматриваемого подъемника — автомобиль. Шасси усиливается опорной рамой 9 с дополнительными опорами 8 для обеспечения устойчивости машины. Механизмы подъемника приводят в действие от двигателя автомобиля. Некоторые подъемники устанавливают на пневмоколесную тележку, которая к месту работы доставляется в виде прицепа к тягачу. Механизмы прицепных подъемников, как правило, получают энергию от промышленной сети напряжением 380 В.

Подъемники с оборудованием в виде одного телескопического колена имеют наименьшую зону обслуживания, однако ими можно подавать люльку по прямолинейной траектории в окно или проем. Наибольшее распространение получило оборудование в виде двух шарнирных колен. Наличие третьего колена не только позволяет увеличить высоту подъема при сохранении транспортной длины, но и дает возможность за счет небольшого перемещения верхнего колена малой длины более точно подавать люльку в монтажную зону. Оборудование с несколькими телескопическими коленами сочетает достоинства первых двух типов, но имеет более сложную конструкцию.

Механизмы поворота колен перемещают верхнее колено относительно нижнего обычно на угол 160...170° с помощью гидроцилиндра 1 (рис. 8.12 а), гидроцилиндра и коромысла 2 со штангой 3 (рис. 8.12 б) или гид-

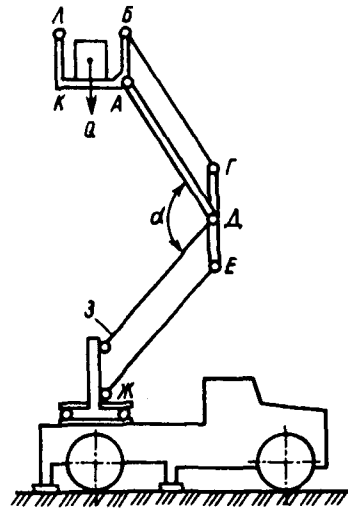


Рис. 8.13. Рычажная следящая система

Нижнее колено (рис. 8.12 е) поворачивается относительно рамы поворотной платформы на угол $80...85^\circ$ при помощи одного или двух гидроцилиндров.

В большинстве подъемников рабочие площадки ориентируются следящими системами. В рычажной следящей системе (рис. 8.13) нижний рычаг 3Д шарнирно соединен с основанием в точке 3, верхний АД — с рычагом 3Д в точке Д. Рабочая люлька ЛКАБ также шарнирно соединена с рычагом АД в точке А.

Пол рабочей люльки расположен параллельно земле. Груз Q , размещенный в рабочей люльке, своей силой тяжести стремится повернуть ее против часовой стрелки относительно шарнира А и тем самым изменить ее горизонтальное положение относительно поверхности земли. Этому препятствует следящая система, состоящая из рычагов БГ, ЕЖ и коромысла ГДЕ. Рычаги БГ и ЕЖ удерживают люльку в заданном положении.

При любом взаиморасположении рычагов 3Д и ДА, которое может возникнуть во время работы подъемника, прямые линии, проведенные через точки ЗЖ, ГЕ и БА, будут параллельны между собой. Следовательно, пол рабочей люльки КА также будет сохранять параллельность относительно плоскости земли. Следящая система этого типа ограничивает угол поворота основных рычагов до 160° .

Кроме следящей системы ориентации люльки и ее удержания в вертикальном положении автомобильные подъемники оборудуют: автоматической системой ограничения зоны обслуживания, предотвращающей опрокидывание и поломку подъемника; ограничителем грузоподъемности, отключающим все движения в случае превышения нормативных значений; золотником блокировки подъема и поворота колен при невы-

роцилиндра с рычажной системой 4 (рис. 8.12 в). Рабочее оборудование некоторых подъемников имеет в качестве привода поворота верхнего колена гидроцилиндр с канатно-блочной системой 5 (рис. 8.12 г). Это позволяет повернуть верхнее колено относительно нижнего на угол до 270° и довести люльку с рабочими ниже уровня стоянки машины, что необходимо при обслуживании (осмотре, окраске) пролетных строений эстакад, мостов и др. Вместо канатно-блочной системы иногда применяют зубчато-реличную передачу 6 в сочетании с гидроцилиндром (рис. 8.12 д). В прицепных подъемниках с электроприводом используют передачу «винт—гайка», приводимую в движение от электродвигателя через редуктор.

Нижнее колено (рис. 8.12 е) поворачивается относительно рамы поворотной платформы на угол $80...85^\circ$ при помощи одного или двух гидроцилиндров.

вешенном на опорах подъемнике; системой ручного спуска люльки для высадки рабочих при отказе гидросистемы. Все выпускаемые в нашей стране подъемники унифицированы и отличаются только длиной колен стрелы. Их грузоподъемность 250...350 кг, а максимальная рабочая высота от 12 до 36 м.

Грузоподъемные краны. Грузоподъемными кранами называют машины циклического действия, предназначенные для подъема и перемещения в пространстве груза, удерживаемого грузозахватным органом. В городском хозяйстве их используют для выполнения монтажных, погрузочно-разгрузочных и различных вспомогательных работ. При этом наибольшее применение получили стреловые переносные и стреловые самоходные краны.

Стреловые переносные краны применяют для подъема строительных материалов и санитарно-технического оборудования на ремонтируемые объекты при производстве монтажных работ, для подъема грунта в бадьях при разработке небольших котлованов и траншей вручную. Такие краны имеют небольшую массу и габариты, легко монтируются, демонтируются и переносятся.

Переносной кран (рис. 8.14) имеет основание 1 с центральным стаканом 2, поворотную раму 3 с вертикальным шкворнем, стрелу 9, лебедку 4, крюковую подвеску 8. Удерживает стрелу и изменяет ее вылет тяга 6 с винтовой стяжкой 5. В верхней части стрелы установлен ограничитель 7 высоты подъема крюковой обоймы. Грузоподъемность кранов данного типа 0,5... 1,0 т.

Переносные краны можно устанавливать непосредственно на возводимом сооружении либо на отдельном постаменте. В первом случае высота подъема груза может достигать 30 м, во втором — 2...6 м. Применяют также легкие переносные краны, устанавливаемые в оконных проемах зданий. Их использование наиболее целесообразно при ремонтных работах.

Стреловыми самоходными кранами называют грузоподъемные машины, оборудованные поворотной стрелой, длина которой определяет величину обслуживаемого рабочего пространства, так как возможность передвижения с грузом у этих кранов крайне ограничена.

Стреловые самоходные краны классифицируют по грузоподъемности, конструкции ходового устройства, типу привода, исполнению и виду стрелового оборудования.

В зависимости от грузоподъемности стреловые краны разделяют на легкие — грузоподъемностью до 10 т, средние — грузоподъемностью 10...25 т, тяжелые — грузоподъемностью 25 т и более.

По конструкции ходового устройства различают краны автомобильные, пневмоколесные, гусеничные, на шасси автомобильного типа и тракторные.

По типу приводов основных механизмов различают краны с одно- и много- моторными приводами. Чаще применяют много- мотор-

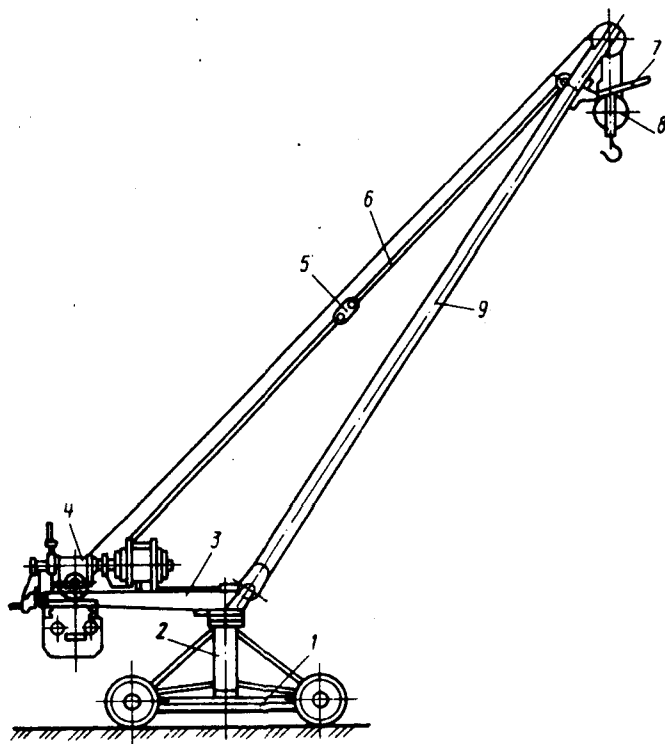


Рис. 8.14. Стреловой переносной кран

ный привод — электрический, дизель-электрический или гидравлический. Многомоторный привод крановых механизмов обеспечивает получение малых (не более 0,3 м/мин) скоростей посадки груза, совмещение любых рабочих операций, компактность крановой установки, простоту и легкость управления.

По конструктивному исполнению подвески стрелового оборудования различают краны с гибкой и жесткой подвеской. У кранов с гибкой подвеской удержание стрелового оборудования и изменение угла наклона стрелы производятся с помощью канатов (краны с канатной подвеской стрелового рабочего оборудования), а у кранов с жесткой подвеской — с помощью гидроцилиндров.

На кранах устанавливают стреловое и башенно-стреловое оборудование. Применяют следующие виды стрелового оборудования: неведущее (решетчатая стрела, секции которой жестко соединены одна с другой), выдвигное (стрела с одной или несколькими выдвигными секциями для изменения ее длины без рабочей нагрузки) и телескопическое (стрела с одной или несколькими выдвигными секциями для изменения ее длины при рабочей нагрузке). Неведущее и выдвигное стреловое

оборудование с помощью одной или нескольких дополнительных вставок (секций) может быть удлинено. Все перечисленные виды стрелового оборудования могут быть оснащены гуськом, допускающим применение второго крюка.

Стреловые самоходные краны обозначаются индексами, состоящими из буквенной и цифровой частей. Буквенная часть, стоящая перед цифровой, обозначает принадлежность машины к группе кранов, а также некоторые отличительные особенности конструкции или назначение: К — кран, АК — автомобильный кран, МКГ и МКП — монтажный кран гусеничный или пневмоколесный; ДЭК — дизель-электрический кран; СКГ — специальный кран гусеничный; СМК — специальный монтажный кран. Цифровая часть обозначает грузоподъемность крана и порядковый номер модели. Буквенная часть, стоящая после цифровой, характеризует очередную модернизацию, исполнение крана (северное, тропическое) или другие данные.

Для кранов, изготавливаемых Минтяжмашем (бывший Минстройдормаш), действует индексация, по которой индекс машины состоит из букв КС (кран самоходный) и четырех цифр. Цифровая часть, которую пишут после буквенной через дефис, обозначает основные данные о кране в следующем порядке: первая цифра — размерную группу, вторая — тип ходового устройства, третья и четвертая — соответственно, характер подвески стрелы и порядковый номер модели крана (рис. 8.15).

После цифр в индексе могут стоять буквы, обозначающие очередную модернизацию (А, Б, В,...) и климатическое исполнение крана (для районов с холодным климатом — ХЛ, тропическим — Т, влажным тропическим — ТВ).

Например, индекс КС-4562ХЛ расшифровывается так: кран стреловой самоходный четвертой размерной группы, на шасси автомобиля с гибкой подвеской стрелового оборудования, вторая модель для холодного климата.

К основным параметрам стреловых самоходных кранов, согласно ГОСТ 22827-85, относятся грузоподъемность, вылет стрелы (расстояние по горизонтали от оси вращения до вертикальной оси грузозахватного устройства), грузовой момент (произведение грузоподъемности на соответствующий вылет), высота подъема, скорость движения.

Стреловые самоходные краны могут осуществлять следующие рабочие операции: подъем и опускание груза, изменение угла наклона стрелы, поворот стрелы в плане, выдвигание стрелы (у кранов с телескопической стрелой).

В коммунальном хозяйстве чаще других используют *автомобильные краны*. Автомобильными называют стреловые краны, смонтированные на базе серийно выпускаемых грузовых автомобилей (ЗИЛ—133ГЯ, ЗИЛ—4331, МАЗ—5337, КраЗ—257, КамАЗ—5313). Благодаря хорошей маневренности и высокой мобильности (скорость передвижения до 90 км/ч) эти машины широко используют для производства грузоподъ-

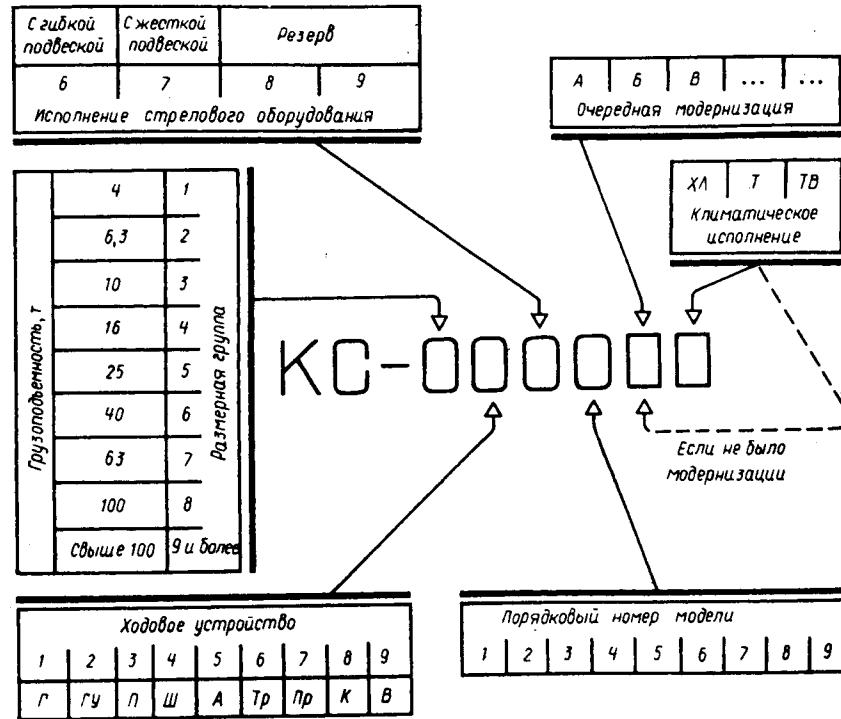


Рис. 8.15. Схема индексации стреловых самоходных кранов

емных и погрузочно-разгрузочных работ небольших по объему и разбросанных территориально.

Краны выпускают грузоподъемностью 4; 6,3; 10 и 16 т с канатной подвеской стрелового оборудования и механическим, электрическим и гидравлическим приводами, а также гидравлические краны с жесткой подвеской стрелового оборудования.

Максимальная грузоподъемность кранов может значительно превышать грузоподъемность базовых автомобилей, так как определяется при условии работы крана на выносных опорах. Грузоподъемность кранов без выносных опор не превышает 30 % максимальной, что является их основным недостатком.

Автомобильный кран с гибкой подвеской рабочего оборудования состоит из неповоротной и поворотной частей (рис. 8.16). Обе части связаны между собой опорно-поворотным устройством 7, служащим для передачи нагрузок от поворотной части крана на неповоротную, а также для вращения поворотной части.

Неповоротная часть крана состоит из ходового устройства 1, ходовой рамы 4 и выносных опор 3 и 8.

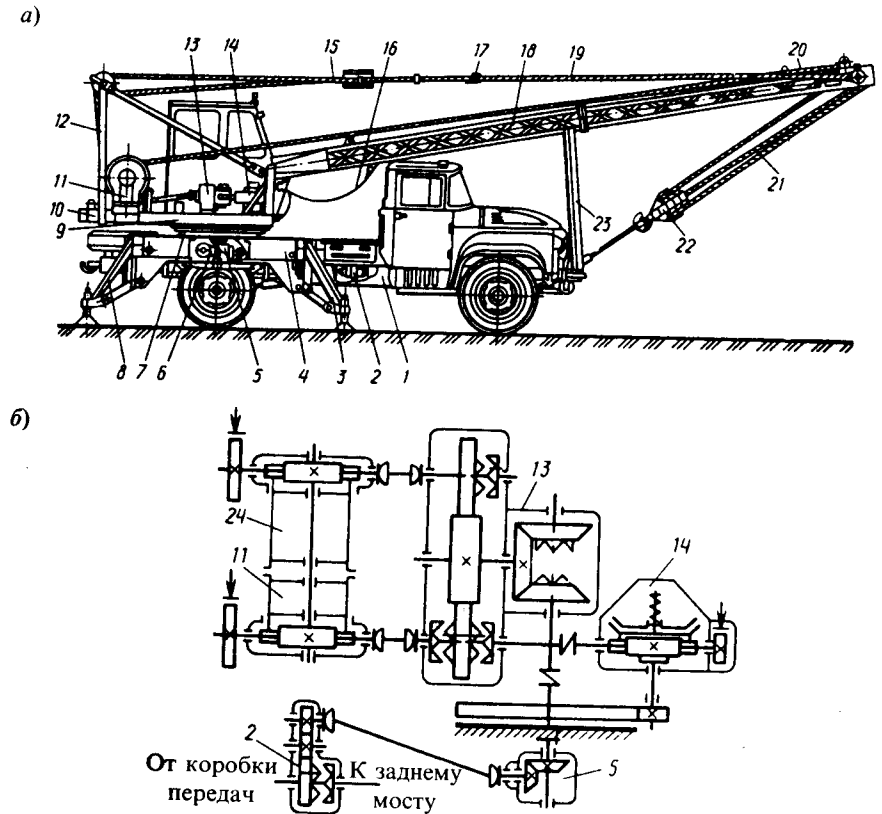


Рис. 8.16. Автомобильный кран с механическим приводом (а) и его кинематическая схема (б)

В связи с необходимостью размещения на шасси автомобиля механизмов и узлов крановой установки в конструкцию шасси вносят некоторые изменения. Вместо кузова на раме автомобиля закрепляют ходовую раму 4. Дополнительно устанавливают коробку отбора мощности 2, промежуточный редуктор 5, опорную стойку 23 стрелы, а также стабилизатор 6 или выключатели упругих подвесок. При необходимости изменяют место расположения топливных баков и запасных колес.

В рабочем положении кран для повышения устойчивости устанавливают на выносные опоры 3 и 8 с расположением платформы так, что стрела находится сзади автомобиля. При работе без выносных опор рессоры крана выключаются стабилизирующим устройством 6. Стабилизирующее устройство представляет собой торсионный вал, который при помощи рычагов соединяет между собой рессоры и уменьшает поперечную раскачку крана.

Поворотная часть крана состоит из поворотной платформы, кабины машиниста и стрелового оборудования. Основанием поворотной части крана является поворотная рама 9, устанавливаемая на опорно-поворотное устройство 7. Противовес 10 закрепляют на поворотной части крана для уравнивания его во время работы.

Двуногая стойка 12 состоит из двух боковых ферм (стоек), соединенных наверху и удерживающих стреловое оборудование.

На поворотной раме установлены стреловая 11 и грузовая 24 лебедки, механизм поворота 14 и реверсивно-распределительный механизм 13. Грузовая лебедка служит для подъема и опускания груза, стреловая — для изменения угла наклона стрелы при изменении вылета. Механизм поворота предназначен для вращения поворотной части крана. Реверсивно-распределительный механизм служит для изменения направления вращения барабанов лебедок и поворотной части крана, а также для распределения крутящего момента между стреловой и грузовой лебедками и механизмом поворота. Органы управления лебедками и механизмом поворота крана расположены в кабине машиниста.

К стреловому оборудованию относят стрелу 18, стреловой полиспаст 15, грузовой полиспаст 21 и грузозахватные устройства. К грузозахватным устройствам относят крюковую подвеску 22 и грейферный ковш (грейфер). При замене крюковой подвески на грейфер краны могут работать на погрузке и разгрузке сыпучих и мелкокусковых материалов.

На головке стрелы смонтирован автоматический сигнализатор 20 опасного напряжения, предупреждающий машиниста о приближении стрелы крана на опасное расстояние (не менее 1 м) к одно- или многофазной линии электропередачи напряжением 220/380 В и частотой 50 Гц.

Стреловой полиспаст связан с головкой стрелы растяжками 19, между которыми устанавливают универсальный ограничитель грузоподъемности 17, автоматически выключающий механизм крана при превышении грузоподъемности. Кроме ограничителей грузоподъемности и сигнализаторов опасного напряжения на кранах применяют ограничители подъема крюка и подъема стрелы, указатели вылетов и грузоподъемности, а также маятниковые креномеры или сигнализаторы крена. Для предохранения стрелы от запорокивания на кране устанавливают телескопические упоры или специальное канатное устройство 16.

На рис. 8.16 показан кран с основной невыемной стрелой 18. Под основной понимается стрела, обеспечивающая наибольшую грузоподъемность крюка. При выполнении монтажных работ устанавливают удлиненные решетчатые стрелы — прямые или с гуськом — или башенно-стреловое рабочее оборудование. Краны с канатной подвеской комплектуют основными решетчатыми стрелами длиной 6...10 м, сменными удлиненными стрелами длиной 8...18 м, удлиненными стрелами с гуськом длиной 1,5...3 м, башенно-стреловым оборудованием со стрелами 7...9,6 м и высотой башни 7,5...12 м. Скорость подъема груза составляет 0,6...2,1 м/мин.

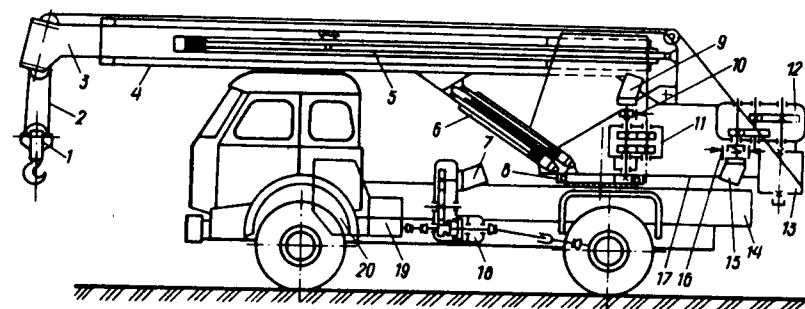


Рис. 8.17. Автокран с гидравлическим приводом

Гидравлический и электрический приводы существенно упрощают кинематическую схему крана, расширяют его технологические возможности и обеспечивают больший диапазон регулирования скоростей рабочих движений.

На рис. 8.17 показан общий вид автокрана с гидравлическим приводом и с жесткой подвеской стрелового оборудования. Этот кран состоит из таких же основных частей, что и автомобильный кран с гибкой подвеской рабочего оборудования. Отличием является отсутствие стойки и стреловой лебедки, в связи с чем для подъема стрелы используются два гидроцилиндра 6.

Платформа 17 через опорно-поворотное устройство 8 (с венцом внутреннего зацепления) опирается на ходовую раму шасси автомобиля. Телескопическая стрела неподвижной наружной секции 4 коробчатого сечения прикреплена к платформе, а на переднем конце подвижной секции 3 укреплен грузовой полиспаст 2 с крюковой подвеской 1. Подвижная секция опирается на неподвижную с помощью роликов и выдвигается гидроцилиндром 5.

Груз поднимается и опускается лебедкой, состоящей из аксиально-поршневого гидромотора 15, редуктора 12, барабана 13, замкнутого ленточного тормоза 16; вращается поворотная платформа механизмом поворота, состоящим из гидромотора 9, редуктора 11 и колодочного тормоза 10; выносные опоры и блокировка рессор приводятся в действие гидроцилиндрами от двух аксиально-поршневых насосов 7, установленных на ходовой раме 14.

Привод всех гидронасосов осуществляется от силовой установки 20 автомобиля через коробку передач 19 и редуктор отбора мощности 18. Рабочее давление жидкости в гидросистеме крана 12...16 МПа.

Сменное рабочее оборудование — гуськи и башенно-стреловое оборудование, башней которого служит основная телескопическая стрела.

Краны с жесткой подвеской стрелового оборудования имеют наименьшую длину телескопической стрелы 6,5...9,8 м, наибольшую — 10,4...22 м, наибольший подъем крюка при выдвинутой стреле 11...22 м, наибольший вылет от оси вращения 3,3...20,3 м.

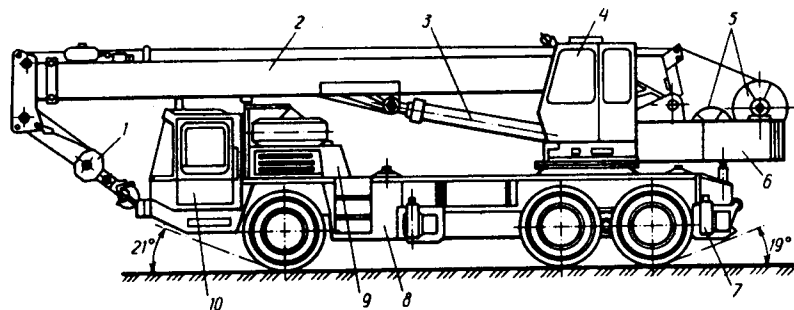


Рис. 8.18. Кран на специальном шасси автомобильного типа

Краны на специальных шасси автомобильного типа применяют для выполнения монтажных и погрузочно-разгрузочных работ преимущественно на рассредоточенных объектах при монтаже тяжелых конструкций. Краны этого типа существенно отличаются от обычных шасси автомобиля количеством приводных и управляемых осей, их распределением на базе и конструкцией системы управления. Для удовлетворения требований, предъявляемых к предельной нагрузке на ось, изготавливают специальные многосекционные шасси (3...8 осей). Число приводных осей назначают, исходя из условий достижения проходимости при движении по строительной площадке, а число управляемых осей выбирают из расчета минимального радиуса поворота, достаточного для вписывания крана в существующую дорожную сеть. Краны на специальных шасси по сравнению с автомобильными имеют лучшие грузовые характеристики, особенно при работе без выносных опор.

В нашей стране выпускают краны на специальных шасси автомобильного типа грузоподъемностью 25; 40; 63 и 100 т. Разработаны конструкции кранов грузоподъемностью 160 и 250 т. В кранах унифицированы многие узлы и механизмы. Так, на кранах грузоподъемностью 25, 40 т и 63, 100 т установлены одноступенчатые лебедки, механизмы поворота и др. Краны оборудуют многосекционными телескопическими стрелами, позволяющими при использовании удлинителей и управляемых гуськов поднимать грузы на большую высоту (до 48 м).

Привод крановых механизмов осуществляется на кранах грузоподъемностью 25 и 40 т от двигателя шасси, а 63 и 100 т — от отдельного двигателя, установленного на поворотной платформе.

Кран грузоподъемностью 25 т (рис. 8.18) устроен следующим образом. На раме 8 крана при помощи роликового опорно-поворотного круга закреплена поворотная платформа 6, на которой смонтированы кабина управления 4, лебедки 5, гидрооборудование 3 и другие механизмы. Кран оборудуют трехсекционной телескопической стрелой 2. Средняя секция выдвигается гидроцилиндром, вторая — канатным полиспастом. Грузоподъемный полиспаст оборудован крюковой подвеской 1. Гидравлические выносные опоры 7 закреплены на балках, выдвигаемых

гидроцилиндрами. Привод шасси и кранового оборудования осуществляется от двигателя 9. Передвижением крана управляют из кабины 10 шасси. Скорость передвижения составляет 60...70 км/ч. Габаритные размеры кранов и высокая мобильность позволяют им перемещаться в составе обычных транспортных потоков. Время подготовки крана к работе 3...5 мин. Перемещение крана с грузом в пределах строительной площадки допускается со скоростью до 2,5 км/ч. При этом груз поднимается на высоту не более 0,5 м и стрела с грузом располагается вдоль оси крана в сторону, противоположную кабине машины.

На кране установлены ограничители подъема крюковых подвесок стрелы и гуська, сматывания канатов с барабанов и угла поворота при работе без опор, а также указатели грузоподъемности и наклона крана.

Эксплуатационную производительность кранов (т/ч) рассчитывают по формуле:

$$P_m = 3600 Q k_z k_g / t, \quad (8.14)$$

где Q — грузоподъемность крана на данном вылете стрелы, т (устанавливают по кривым грузоподъемности, приводимым в паспорте крана); k_z — коэффициент использования крана по грузоподъемности (если масса поднимаемых грузов неизвестна, то для кранов грузоподъемностью 0,5...1,0 т можно принимать $k_z = 0,85...0,8$, для кранов грузоподъемностью 3...5 т — $k_z = 0,65...0,5$; для кранов большей грузоподъемности значение коэффициента k_z еще меньше):

$$k_z = Q_{cp} / Q, \quad (8.153)$$

здесь Q_{cp} — среднее значение полезной массы (без тары) поднимаемых грузов, т; $k_g = 0,8...0,83$ — коэффициент использования машины по времени; t — продолжительность цикла, с:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (8.16)$$

t_1 — время вертикального перемещения крюка, с:

$$t_1 = 2l_k / (v_1 + v_2), \quad (8.17)$$

l_k — длина пути крюка по вертикали от места строповки до места укладки груза, м; v_1 и v_2 — соответственно, скорости подъема груза и опускания крюка к месту строповки, м/с; t_2 — время на поворот стрелы (только для поворотных стреловых кранов), с:

$$t_2 = 2\alpha / (360^\circ n), \quad (8.18)$$

α — угол поворота стрелы в одну сторону; n — количество оборотов стрелы в секунду; t_3 — время перемещения груза при подъеме и опускании стрелы, с:

$$t_3 = l_1 / v_3 + l_2 / v_4, \quad (8.19)$$

где l_1 и l_2 — путь, проходимый стрелой при подъеме и опускании груза, м; v_3 и v_4 — скорости рабочих перемещений стрелы на подъем и опускание

ние крана и тележки, м/с; t_4 — время ручных операций на прицепку груза, установку и его отцепку (устанавливают хронометражем), для штучных грузов и контейнеров $t_4 = 40...150$ с, для бункеров, бадей и ящиков $t_4 = 90...150$ с; t_5 — время перерыва между рабочими движениями при управлении краном (10...15 с).

8.3. Землеройные и землеройно-транспортные машины

При производстве земляных работ в коммунальном хозяйстве механическим способом применяют землеройно-транспортные машины (бульдозеры и автогрейдеры), экскаваторы и машины для буровых работ.

Землеройно-транспортные машины. Землеройно-транспортные машины осуществляют копанье грунта и его транспортирование, при этом сама машина перемещается вместе с рабочим органом. К таким машинам относятся бульдозеры и автогрейдеры. Основными преимуществами землеройно-транспортных машин являются возможность совмещения в одном рабочем цикле всего комплекса операций по копанью, перемещению и отсыпанию грунта с предварительным разравниванием и частичным уплотнением, а также простота конструкции и высокая производительность.

Бульдозером называют гусеничный, колесный трактор или пневмоколесный тягач с навешенным впереди отвалом, приспособленный для срезания и перемещения грунта на расстояние до 120 м. Бульдозеры используют для послойной разработки и перемещения грунтов I...IV категории, а также предварительно разрыхленных мерзлых и скальных грунтов. С их помощью осуществляются разработка выемок и возведение насыпей из резервов; планировка поверхностей, а также дна и откосов выемок; засыпка траншей, ям, котлованов и пазух фундаментов зданий; расчистка территорий от снега, мелких деревьев, кустарников, пней и строительного мусора.

По тяговому классу и мощности двигателей базовых машин бульдозеры подразделяют на малогабаритные (тяговый класс менее 25 кН, мощность двигателя до 15 кВт), легкие (25...135 кН, 15,5...60 кВт), средние (135...200 кН, 60...108 кВт), тяжелые (200...300 кН, 110...220 кВт), сверхтяжелые (свыше 300 кН, свыше 220 кВт).

Оборудование бульдозера состоит из отвала, рамы и механизма управления отвалом.

По способу установки отвала различают бульдозеры с неповоротным (рис. 8.19 а,б) и поворотным (рис. 8.20 а,б) отвалом. У первых отвал установлен под постоянным углом 90° к продольной оси трактора (тягача), поэтому он может перемещать грунт только вперед. У вторых (универсальных) бульдозеров отвал можно устанавливать под углом до 60° по отношению к продольной оси трактора (угол захвата β) и поворачивать в вертикальной плоскости на угол $5...12^\circ$ (угол резания γ). Изменение угла захвата позволяет перемещать грунт в сторону и выпол-

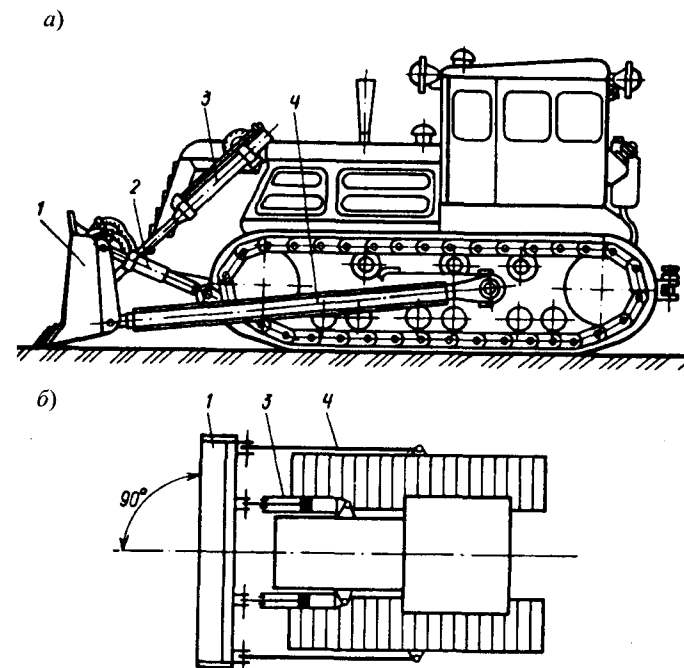


Рис. 8.19. Бульдозер с неповоротным отвалом

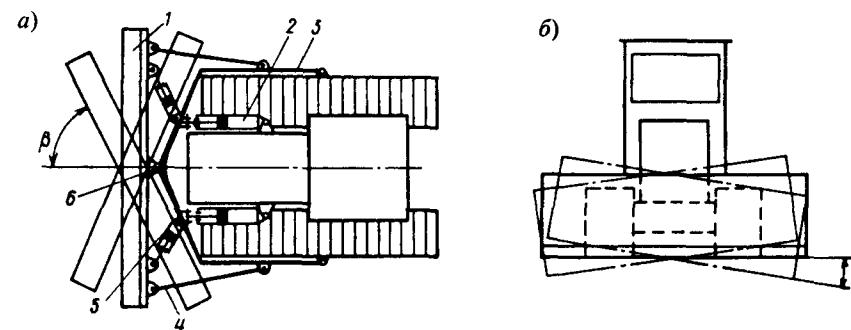


Рис. 8.20. Бульдозер с поворотным отвалом

нять грубые профилировочные работы. Поперечный перекося отвала дает возможность бульдозеру разрабатывать прочные и подмороженные грунты, обеспечивая их срезание боковым концом отвала.

Механизм управления бульдозером может быть гидравлическим и канатным. Преимуществом бульдозеров с гидравлическим управлением является принудительное заглубление отвала в грунт с усилием, достигающим 40 % и более от веса базовой машины.



Рис. 8.21. Основные типы отвалов бульдозера: 1 — средние ножи; 2 — лобовой лист; 3 — угловые ножи; 4 — боковые щитки; 5 — боковые ножи

Наиболее часто на бульдозерах устанавливают прямые неповоротные (рис. 8.21 а) и поворотные (рис. 8.21 б) отвалы. Отвалы бульдозера представляют собой жесткую сварную металлическую конструкцию с лобовым листом криволинейного профиля. Поворотный отвал длиннее неповоротного, так как в повернутом положении он должен перекрывать ширину базовой машины. Применяют поворотный отвал для планировочных работ с перемещением грунта в сторону (грунт при этом сходит с отстающего конца отвала в виде бокового валика), для засыпки траншей, разравнивания валов и других работ при непрерывном движении машины вдоль фронта работ. Поворотный отвал устанавливают только на гусеничных тракторах, так как колесные тягачи плохо воспринимают боковые нагрузки.

Сферические отвалы (рис. 8.21 в), состоящие из трех или пяти секций, которые установлены под углом 10... 15° одна к другой, набирают грунта на 15...20 % больше, чем прямые отвалы. Сферические отвалы применяют для работы с кусковыми и сыпучими материалами при мощности базовых машин более 130 кВт.

Для расширения области применения бульдозеров отвалы оборудуют специальными приспособлениями — окрылками, уширителями, выступающими средними ножами, грузовыми вилами, траверсами с подъемными крюками и др.

Жесткость крепления отвала 1 к толкающим брусам 4 достигается в бульдозерах с неповоротным отвалом (см. рис. 8.19) установкой раскосов 2. Толщина срезаемой стружки регулируется гидроцилиндрами 3 подъема и опускания отвала.

У бульдозеров с поворотным отвалом (см. рис. 8.20 а) универсальная толкающая рама 3 соединяется с отвалом 7 шаровым шарниром 6 и двумя подвижными раскосами 4, что позволяет гидроцилиндрам 5, выполняющим роль горизонтальных телескопических раскосов, поворачивать отвал в плане на угол $\pm 30^\circ$. После установки отвала под заданным углом раскосы 4 закрепляются жестко. Перекос отвала в вертикальной плоскости в пределах $\pm 5^\circ$ (см. рис. 8.20 б) осуществляется гидроцилиндрами 2 (см. рис. 8.20 а).

Полный цикл работы бульдозера при вырезании и перемещении грунта состоит из следующих этапов: внедрения отвала в грунт и набора призмы волочения, перемещения грунта к месту укладки, укладки грун-

та слоями или гудами, возвращения в забой, опускания отвала и установки его в положение для очередного внедрения. Наиболее распространенной схемой циклической работы бульдозера является челночная схема, при которой обратный (холостой) ход выполняют задним ходом без разворота машины.

Необходимая для работы бульдозера сила тяги расходуется на преодоление следующих сопротивлений грунта: резанию W_1 , перемещению его вверх по отвалу W_2 и перед отвалом W_3 . Кроме этих сопротивлений возникает сопротивление от самопередвижения машины W_4 . В случае бульдозера с поворотным отвалом учитывается дополнительное сопротивление, возникающее от перемещения грунта вдоль отвала, т. е. в сторону W_5 .

Таким образом, суммарное сопротивление в конце процесса копания бульдозера в общем виде находят по формуле:

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5. \quad (8.20)$$

Эксплуатационную производительность бульдозера ($\text{м}^3/\text{ч}$) рассчитывают по формуле:

$$P_o = 3600 V k_{np} k_{\theta} / (T_{\text{ц}} k_p), \quad (8.21)$$

где V — объем призмы волочения, м^3 ; k_{np} — поправочный коэффициент к объему призмы волочения (при изменении отношения ширины и высоты отвала в пределах от 0,15 до 0,45, для связных грунтов $k_{np} = 1,43...1,06$, а для несвязных — 0,87...0,67); $k_{\theta} = 0,8...0,9$ — коэффициент использования машины по времени; $T_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла, с; $k_p = 1,1...1,3$ — коэффициент разрыхления грунта.

Объем призмы волочения (м^3):

$$V = 0,5 B H^2, \quad (8.22)$$

где B — ширина срезаемого слоя (ширина захвата), м; H — высота грунта в призме волочения, м.

Продолжительность цикла (с):

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (8.23)$$

где t_1 , t_2 , t_3 — соответственно, время, затрачиваемое на набор грунта, его перемещение и холостой ход бульдозера; $t_4 = 20...30$ с — дополнительное время, учитывающее затраты на переключение передач, манипуляции с отвалом и т.д.

Продолжительность первых трех этапов цикла (с):

$$T_i = L_i / v_i, \quad (8.24)$$

где L_i — длина соответствующего участка, м; v_i — скорость движения на соответствующем участке, м/с.

В зависимости от условий работы, мощности двигателя и типа отвала набор грунта производят при скорости 2,5...3,5 км/ч для гусеничного и 3,5...5 км/ч для колесного бульдозера, перемещение грунта — при скорости (соответственно) 2,5...5 и 5...8 км/ч, обратный (холостой)

ход — при скорости 5...10 и 10...20 км/ч. Длина пути набора составляет 5...10 м.

Для увеличения производительности во время забора грунта в забое необходимо стремиться к полному использованию мощности двигателя. Этому требованию не отвечает режим работы бульдозера, при котором резание грунта производится при постоянном заглублении отвала в грунт, так как в начале процесса набора грунта мощность двигателя недоиспользуется, а в конце двигатель оказывается перегруженным. Поэтому при рациональном режиме работы отвал вначале заглубляют на большую глубину, а затем, по мере образования призмы волочения, постепенно снижают толщину стружки. При такой работе бульдозера путь набора грунта снижается в 1,5 раза и полностью используется мощность двигателя.

Хорошие результаты дает спаренная работа двух бульдозеров, движущихся таким образом, чтобы их отвалы являлись как бы продолжением друг друга и зазор между ними не превышал 0,3...0,4 м.

Работу одиночного бульдозера следует организовать так, чтобы его движение происходило по одному следу. Тогда получающиеся по бокам валики грунта образуют своеобразную траншею, что снижает потери. Если позволяют условия, то выгодно набирать грунт под уклон.

Автогрейдеры представляют собой самоходные землеройно-транспортные машины, предназначенные главным образом для ведения планировочных и профилировочных работ на грунтах I...III категорий. Их используют также для формирования и очистки кюветов, перемешивания грунта или гравия с вяжущими материалами, для разрушения дорожных покрытий при ремонте, уборке площадей и дорог от снега.

В отличие от бульдозера основной отвал автогрейдера расположен не впереди, а между передними и задними колесами машины, что обеспечивает большую точность планировки, поскольку продольная база автогрейдера в несколько раз больше, чем у бульдозера, и, следовательно, при работе автогрейдера неровности грунта сказываются меньше.

Автогрейдеры подразделяют на *легкие* — массой до 9 т и с двигателем мощностью 45...65 кВт, *средние* — массой 9...13 т и с двигателем мощностью 65...110 кВт, *тяжелые* — массой 13...19 т и с двигателем мощностью 110...185 кВт, *особо тяжелые* — массой более 19 т и с двигателем мощностью свыше 185 кВт.

Колесное оборудование автогрейдеров характеризуется формулой $A \times B \times V$, где A — количество осей с управляемыми колесами, B — количество осей с ведущими колесами и V — общее количество осей.

Наибольшее распространение получили автогрейдеры с колесной формулой $1 \times 2 \times 3$, обеспечивающие лучшую планировку и прямолинейность движения при боковой нагрузке и более постоянный сцепной вес.

Привод рабочих органов может быть механическим (редукторным), гидравлическим и комбинированным (редукторно-гидравлическим или пневмогидравлическим).

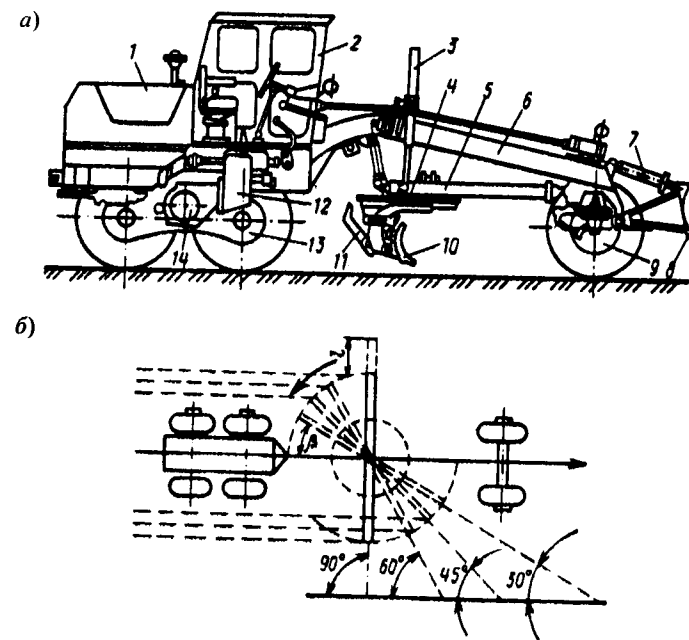


Рис. 8.22. Автогрейдер

Современные автогрейдеры (рис. 8.22 а) изготавливают по единой принципиальной схеме в виде самоходных трехосных машин с полноповоротным отвалом и гидравлической системой управления рабочими органами. Несущей частью автогрейдера является основная (хребтовая) рама 6, на которой установлены двигатель 1 с трансмиссией 12, кабина 2 и основное рабочее оборудование — тяговая рама 5 и поворотный круг 4 с отвалом 10. Полноповоротный в плане отвал обеспечивает работу автогрейдера при прямом и обратном ходах машины.

Передняя часть тяговой рамы шарнирно соединена с основной рамой, а задняя подвешена на гидроцилиндрах 3 подъема и опускания отвала.

Основная рама задним концом опирается на мост 14 с продольно-балансирной тележкой 13, а передним — на мост 9 управляемых передних колес, которые можно устанавливать с боковым наклоном в правую или левую сторону для повышения устойчивости движения машины при работе на местности с уклоном. Балансирная подвеска задних колес повышает планирующие качества автогрейдера.

Гидравлическая система управления рабочим оборудованием обеспечивает подъем и опускание тяговой рамы вместе с поворотным кругом и отвалом, разворот поворотного круга вместе с отвалом в плане до 360° (угол захвата β , рис. 8.22 б), вынос отвала (до $l = 300...800$ мм) в обе стороны от продольной оси машины, установку отвала под различными углами в вертикальной плоскости (угол зарезания γ). На средних и тяже-

Таблица 8.1. Рекомендуемые углы, град, установки отвала автогрейdera

Рабочая операция	α	β	γ
перемещение	35...45	35...50	0...18
разравнивание	50...60	55...70	0...2
планировка	40...45	45...55	0...18

ных машинах гидрофицирован также наклон отвала для изменения угла резания α . Рациональные углы установки отвала α, β, γ , обеспечивающие наибольшую производительность и наилучшие условия работы машин, приведены в табл. 8.1.

Все виды работ выполняют последовательными и параллельными проходами при отвале, установленном в положение, соответствующем характеру выполняемой работы. Срезанный ножом грунт перемещается в сторону при угле захвата меньше 90° и впереди отвала — при угле захвата 90° .

Автогрейдеры могут иметь дополнительное сменное оборудование (рис. 8.22 а) бульдозера 8, управляемого гидроцилиндром 7, кирковщика (рыхлителя) 11, укрепленного сзади основного отвала или устанавливаемого вместо бульдозерного отвала 8 спереди, а также удлинители и уширители отвала для перемещения и планирования грунтов, откосник для планирования откосов, двухотвальный снегоочиститель, установленный на месте бульдозерного оборудования.

Основные рамы тяжелых автогрейдеров делают иногда шарнирными в горизонтальной плоскости, что уменьшает радиус поворота и позволяет вести работы в стесненных условиях городской застройки.

Эксплуатационную производительность автогрейдера (м³/ч) при резании и перемещении грунта определяют по формуле:

$$P_r = 60LSk_g/T_{\text{ц}}, \quad (8.25)$$

где L — длина рабочего участка, м; S — площадь сечения стружки, срезаемой за один проход, м² ($S = 0,05...0,09$ м² для автогрейдеров среднего типа и $S = 0,07...0,12$ м² для тяжелого типа); $T_{\text{ц}}$ — время цикла, мин:

$$T_{\text{ц}} = 2L(n_1/v_1 + n_2/v_2 + \dots + n_i/v_i) + 2t_{\text{в}}, \quad (8.26)$$

где $n_1, n_2, \dots, n_i$ — количество проходов, выполняемых, соответственно, при зарезании, перемещении и отделке; $v_1, v_2, \dots, v_i$ — скорости, соответственно, при зарезании, перемещении и отделке, м/мин; $t_{\text{в}}$ — время вспомогательных операций, необходимое для поворота автогрейдера или его отвала на концах рабочего участка, мин.

Зарезание грунта производят при скорости 3...4 км/ч, перемещение — 3...6 км/ч, отделку — 3...4 км/ч. Применение автогрейдеров эффективно при длине рабочих участков (захваток) более 500 м. На коротких захватках увеличивается количество разворотов машины и перестановок рабочего органа, в результате чего производительность автогрейдера снижается.

Повышение производительности автогрейдеров связано прежде всего с повышением рабочих скоростей машины, а также уменьшением ко-

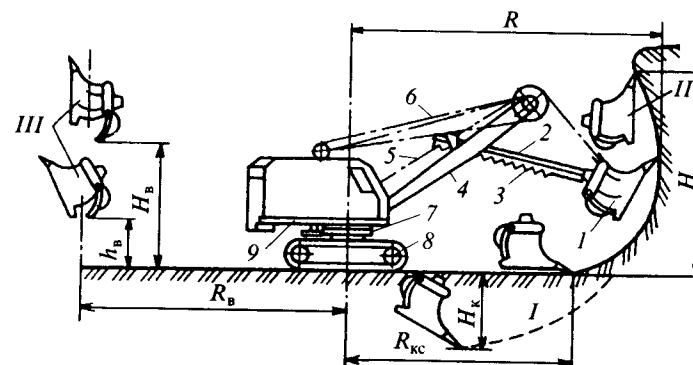


Рис. 8.23. Одноковшовый экскаватор с гибкой подвеской прямой лопаты: 1 — ковш; 2 — рукоять; 3 — подъемный полиспаст; 4 — стрела; 5 — тяговый канат; 6 — стойка; 7 — стрелоподъемный полиспаст; 8 — разгрузочный канат; 9 — тяговые цепи

личества проходов по одному следу, что, в свою очередь, зависит от мощности двигателя и тягово-эксплуатационных характеристик автогрейдера. Резервом повышения производительности и улучшения качества работ является дальнейшая автоматизация управления рабочим органом.

Экскаваторы. Экскаваторами называют землеройные машины, предназначенные для копания грунта или других пород и погрузки материала в транспортные средства или отсыпки его в отвал. По принципу работы экскаваторы подразделяют на машины циклического действия (одноковшовые) и непрерывного действия (многоковшовые).

Рабочий процесс экскаваторов циклического действия состоит из следующих операций: отделения режущей кромкой ковша стружки грунта от массива с одновременным наполнением ковша, перемещения и разгрузки ковша и возвращения его в забой. В экскаваторах непрерывного действия эти операции совмещены, благодаря чему их производительность выше, чем у одноковшовых.

Тем не менее наибольшее распространение получили одноковшовые экскаваторы, преимущество которых заключается в их универсальности, т.е. возможности применения как на земляных работах независимо от категории грунта, так и на других видах работ (например, на погрузочно-разгрузочных, для забивки свай и т.д.).

Одноковшовые экскаваторы по эксплуатационному назначению подразделяют на строительные, карьерные, вскрышные, тоннельные и шахтные. В качестве сменного рабочего оборудования в этих экскаваторах используют прямую (рис. 8.23) и обратную лопаты (рис. 8.24 б), а также драглайн (рис. 8.25).

Строительные экскаваторы предназначены для земляных работ в грунтах I...IV категорий. Их рабочее оборудование может быть сконст-

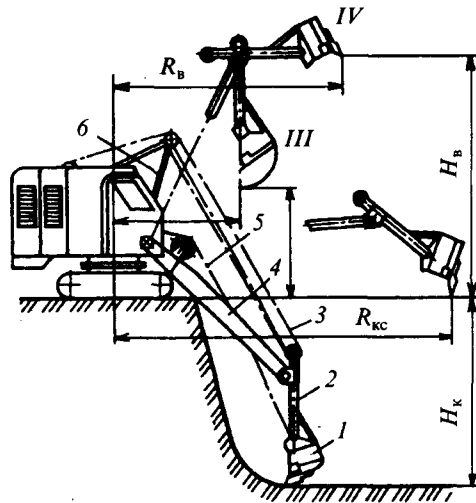


Рис.8.24. Одноковшовый экскаватор с гибкой подвеской обратной лопаты

руировано с гибкой и жесткой подвеской рабочего органа. В первом случае рабочий орган приводится в действие канатами, на которых он подвешен. Гибкая подвеска увеличивает рабочую зону экскаватора (например, драглайн), но не позволяет развивать большие усилия при разработке грунта.

При жесткой подвеске элементы рабочего оборудования приводятся в действие гидроцилиндрами. Такое оборудование обеспечивает большие усилия и позволяет применять экскаваторы в плотных грунтах. Различают гидравлические экскаваторы с шарнирно-рычажным (рис. 8.27) и телескопическим (рис. 8.30) рабочим оборудованием. Основными рабочими движениями шарнирно-рычажного оборудования являются изменение угла наклона стрелы, поворот рукояти с ковшом относительно стрелы и поворот ковша относительно рукояти; для телескопического оборудования — выдвигание и втягивание телескопической стрелы.

К основным параметрам одноковшовых экскаваторов относятся масса, вместимость ковша, продолжительность рабочего цикла, радиусы копания и выгрузки, высота и глубина копания, высота выгрузки.

Экскаваторы с гибкой подвеской рабочего органа имеют механический привод, а с жесткой — гидравлический.

Ходовое оборудование экскаваторов бывает гусеничным, пневмоколесным, на шасси автомобилей и тракторов, а также шагающим. Последнее используется в экскаваторах особо большой массы с ковшами вместимостью порядка 100 м³, которые для выполнения работ в коммунальном хозяйстве не применяются.

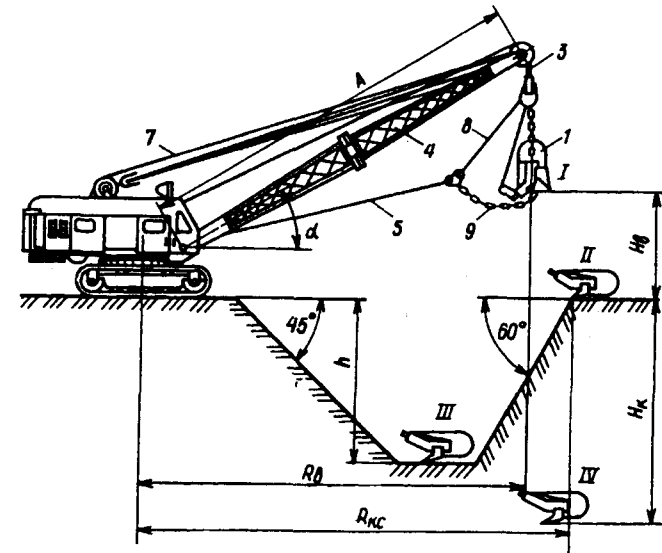


Рис. 8.25. Драглайн

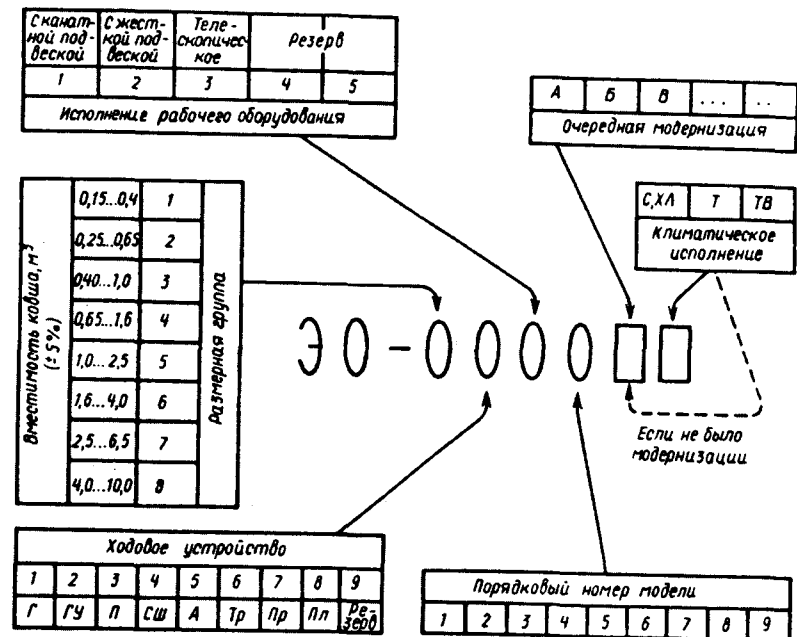


Рис. 8.26. Индексация одноковшовых универсальных экскаваторов

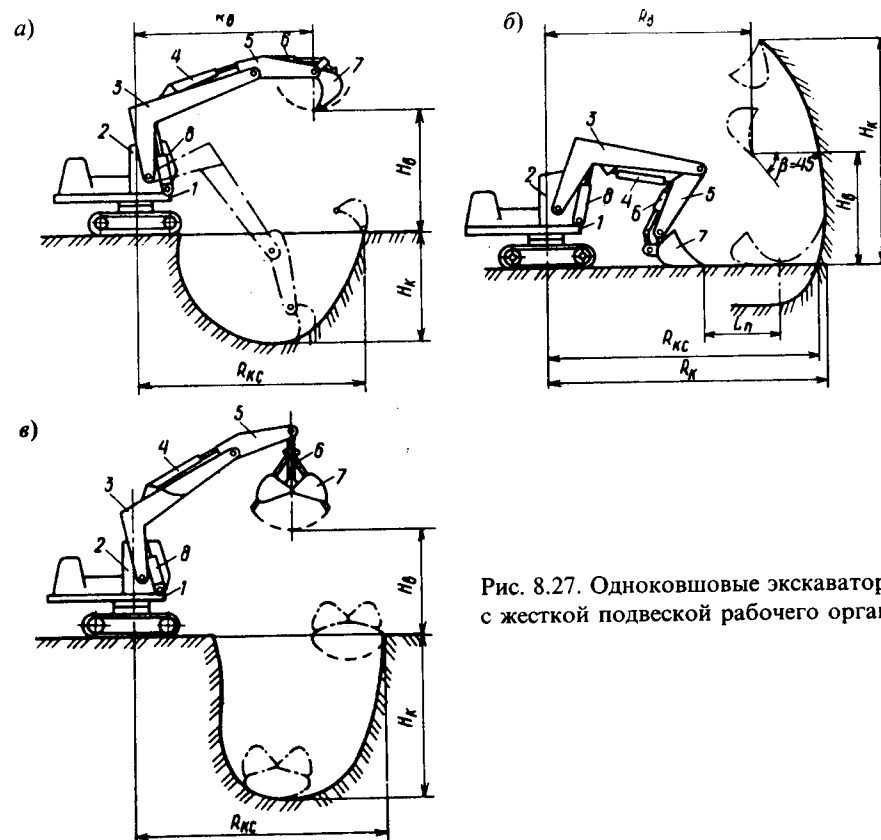


Рис. 8.27. Одноковшовые экскаваторы с жесткой подвеской рабочего органа

По количеству двигателей различают одномоторные экскаваторы, если привод их механизмов осуществляется от одного двигателя, и многомоторные, у которых отдельные механизмы имеют индивидуальные двигатели. Например, экскаваторы на автомобильном ходу имеют два двигателя. Один установлен на шасси и служит для передвижения, а второй — на поворотной платформе — предназначен для привода механизмов.

На экскаваторах применяют дизельные, дизель-электрические и дизель-гидравлические силовые установки с различными видами управления механизмами (рычажным, гидравлическим, электромагнитным др.).

По типу поворотного устройства более эффективны полноповоротные экскаваторы, у которых платформа с рабочим оборудованием поворачивается вокруг вертикальной оси на 360°. Неполноповоротные экскаваторы, как правило, выпускают на базе автомобилей и тракторов.

Рассмотренные типы конструкций агрегатов и узлов экскаваторов, особенно рабочего, ходового оборудования и поворотного устройства, применяют в различном сочетании для максимального соответствия условиям производства работ и повышения эффективности работы данно-

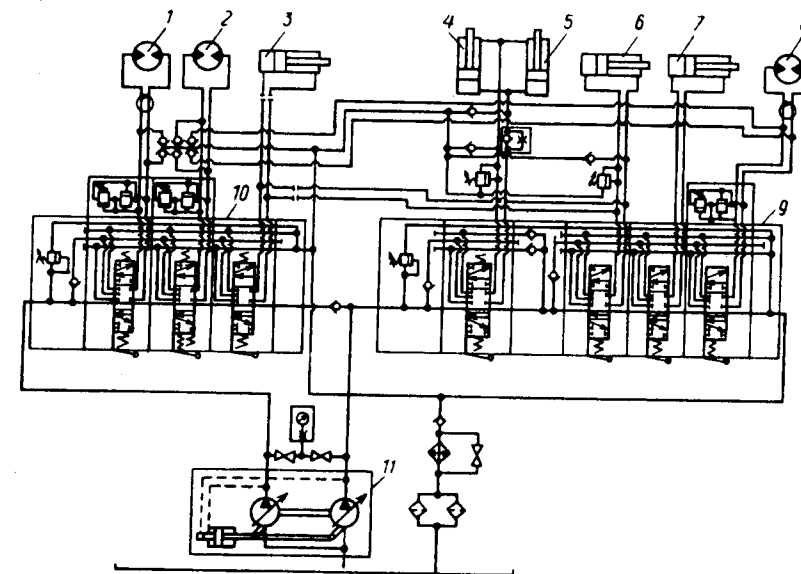


Рис. 8.28. Типовая гидравлическая схема универсального полноповоротного экскаватора

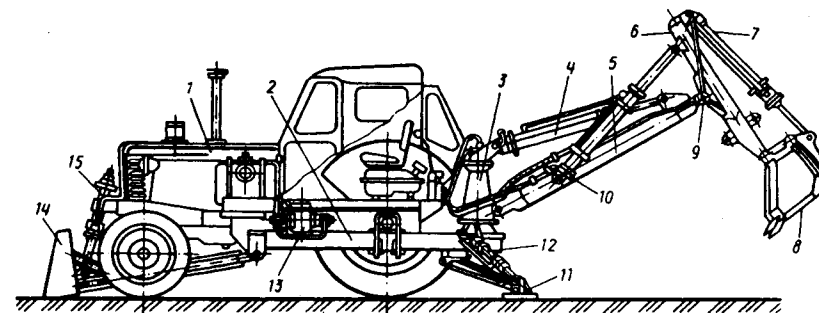


Рис. 8.29. Неполноповоротный экскаватор с гидравлическим управлением на базе колесного трактора

го типа машин. Например, одноковшовые экскаваторы с жесткой подвеской могут быть на пневмоколесном ходу, что делает их мобильными на рассредоточенных объектах, и на гусеничном ходу, что позволяет повысить устойчивость машины. И те, и другие экскаваторы выпускают в обычном, северном и тропическом исполнениях.

Для облегчения выбора экскаваторов разработана индексация (рис. 8.26). Индекс экскаватора имеет две буквы ЭО (экскаватор одноковшовый) и четыре основные цифры, соответственно обозначающие размерную группу машины, тип ходового устройства, конструктивное испол-

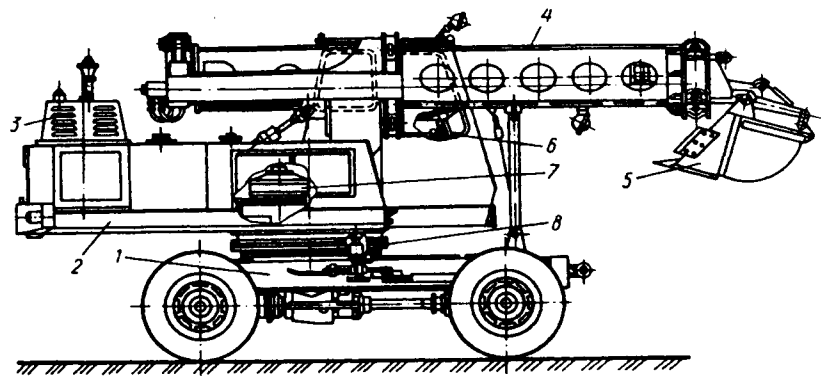


Рис. 8.30. Экскаватор-планировщик с телескопическим рабочим оборудованием

нение рабочего оборудования и порядковый номер модели данной машины. Кроме того, используют буквенные обозначения порядковой модернизации данной машины и ее климатического исполнения: для северных и тропических условий работы. Например, индекс ЭО-3122БХЛ расшифровывается так: экскаватор одноковшовый универсальный, *третьей* размерной группы, на гусеничном ходовом устройстве, с жесткой подвеской рабочего оборудования, вторая модель, вторая модернизация, для холодного климата.

Экскаваторы с гибкой подвеской прямой лопаты выпускают 3...7-й размерных групп. Их применяют в основном для производства работ в забоях выше уровня стоянки машины с погрузкой грунта в транспорт или в отвал.

Экскаватор с гибкой подвеской рабочего органа (см. рис. 8.23) имеет следующие основные части: ковш 1, соединенный с рукоятью 2, и стрелу 4. Управление рабочим органом осуществляется канатно-блочной системой, включающей в себя тяговый канат 5, и стрелоподъемный полиспат 6. Ходовая часть машины 8 соединяется с поворотной платформой экскаватора 9 через опорно-поворотное устройство 7. На поворотной платформе монтируется силовое оборудование экскаватора, лебедка управления ковшом и стрелой и кабина машиниста с пультом управления.

Порядок работы прямой лопаты следующий. Вначале ковш опускается в положение I. Затем под действием тягового каната и напорного устройства 3 набирает грунт. Ковш движется от экскаватора снизу вверх в положение II. После наполнения ковша его поднимают или опускают на необходимую высоту с одновременным поворотом на выгрузку в положение III. Разгруженный ковш обратным поворотом возвращается в забой к месту набора грунта. После выработки забоя в пределах радиуса действия экскаватора в легких грунтах и на 1/2 ... 2/3 хода рукояти в

тяжелых грунтах экскаватор передвигается к стенке забоя для дальнейшей работы.

Основные рабочие показатели прямой лопаты: радиус копания R , радиус копания на уровне стоянки $R_{\text{к}}$, высота копания H , глубина копания $H_{\text{к}}$ ниже уровня стоянки экскаватора, радиус разгрузки $R_{\text{в}}$, наибольшая высота разгрузки $H_{\text{в}}$ и высота разгрузки $h_{\text{в}}$ при наибольшем радиусе выгрузки ковша.

Рабочее оборудование обратной лопаты (см. рис. 8.24) применяют для копания траншей, котлованов под фундаментами и для очистки каналов. Обратная лопата вынимает грунт ниже уровня стояния экскаватора перемещением ковша в направлении «на себя», периодически передвигаясь вдоль оси выемки.

Ковш 1 жестко или шарнирно укрепляют на конце рукояти 2, шарнирно присоединенной к головке стрелы 4, которая пятой шарнирно укреплена на поворотной платформе. Стрелу с рукоятью и ковшом подвешивают к стойке 6 на подъемном полиспасте 3, а к ковшу прикрепляют тяговый полиспаст 5.

Ковш наполняется путем его перемещения при образовании забоя из положения I, а по достижении заданной глубины — из положения II в сторону экскаватора и снизу вверх канатом тягового полиспаста с одновременным регулированием толщины снимаемой стружки канатом подъемного полиспаста. По окончании копания ковш поднимают в положение III и поворачивают к месту выгрузки. Разгружают ковш в положении IV путем ослабления каната тягового полиспаста с одновременным подтягиванием подъемного. После выработки забоя в пределах радиуса действия рабочего оборудования экскаватор передвигается назад для образования последующего забоя.

Рабочие показатели обратной лопаты: радиус копания $R_{\text{к}}$, глубина копания $H_{\text{к}}$, радиус начальной и конечной разгрузки $r_{\text{в}}$ и $R_{\text{в}}$, начальная и конечная высота разгрузки $h_{\text{в}}$ и $H_{\text{в}}$.

Драглайн (см. рис. 8.25) применяют для разработки выемок и возведения насыпей, для добычи строительных материалов, очистки и углубления рек и каналов (с выемкой грунта ниже уровня стоянки экскаватора).

Драглайн состоит из ковша 1, стрелы 4, наводки (направляющие блоки тягового каната) 5, стрелоподъемного полиспаста 7, а также подъемного 3, разгрузочного 8, тягового 5 канатов. Ковш подвешен на подъемном канате за подъемные цепи и тяговом канате за тяговые цепи 9. Разгрузочный канат прикреплен одним концом к втулке тягового каната, а вторым — к ковшу через блок.

Стрела пятой укреплена на поворотной платформе и подвешена к двуперной стойке на стрелоподъемном полиспасте. Рабочий угол наклона стрелы к горизонту может изменяться от 25 до 70°. В процессе рабочего цикла наклон стрелы не изменяется. Направляющая обойма предохраняет канат от соприкосновения со стрелой и деталями механизмов на поворотной платформе при любом расположении ковша.

Порядок работы экскаватора с оборудованием драглайн следующий. Вначале ковш подтягивают подъемным и тяговым канатами к стреле. Затем тяговый канат ослабляют. Ковш, отойдя от стрелы, переворачивается режущей частью вниз (положение I). При достижении положения, с которого ковш нужно забросить в забой, отпускают подъемный канат. Ковш под действием собственного веса падает в забой и врезается в грунт (положение II, III или IV). После этого тяговым канатом подтягивают ковш к экскаватору. Ковш, двигаясь, срезает стружку и наполняется. Наполненный ковш поднимают к стреле подъемным канатом при подторможенном тяговом канате. Как только ковш оторвется от грунта и поднимется выше препятствий на пути поворота, начинают поворот к месту разгрузки. Поднятый ковш удерживается от опрокидывания разгрузочным канатом. Выгрузка осуществляется ослаблением тягового каната: ковш при этом (благодаря расположению центра тяжести впереди точки подвески на подъемных цепях) поворачивается режущей частью вниз и грунт под действием собственного веса высыпается из него. Выгружать можно в отвал или транспортные средства. После выгрузки ковш возвращается в исходное положение (место набора грунта). Выработав забой в пределах необходимой величины или радиуса действия рабочего оборудования, экскаватор передвигается на следующее место. Драглайн при работе всегда передвигается вдоль оси выемки; разрабатывать грунт может как сзади себя (торцовый способ разработки), так и сбоку (боковой способ).

Разгрузку и копание можно вести на расстоянии, большем вылета стрелы, забрасывая ковш раскачиванием за счет центробежной силы. Величина заброски при копании может быть доведена до 1/3 длины стрелы.

Рабочие показатели экскаваторов с оборудованием драглайн: радиус копания $R_{\text{кп}}$, глубина копания $H_{\text{к}}$, h , радиус разгрузки $R_{\text{в}}$, высота разгрузки $H_{\text{в}}$. Значение этих показателей зависит от длины стрелы A и угла ее наклона α .

Экскаваторы с жесткой подвеской рабочего органа. В настоящее время около 90 % всего выпуска одноковшовых экскаваторов составляют экскаваторы с гидравлическим приводом. Гидравлический привод позволяет упростить кинематику трансмиссии и рабочего оборудования, уменьшить габариты машины, сообщать сменным рабочим органам движения, необходимые для выполнения земляных работ в труднодоступных местах, реализовать большие усилия копания, улучшить условия труда машиниста, использовать более широкую номенклатуру рабочих органов. Эти достоинства обеспечивают повышение производительности гидравлических экскаваторов по сравнению с механическими аналогами типоразмеров в среднем на 30...35 %.

Основные виды сменного рабочего оборудования гидравлических экскаваторов: обратная лопата (рис. 8.27 а), прямая лопата (рис. 8.27 б), грейфер (рис. 8.27 в).

Главным рабочим оборудованием полноповоротных гидравлических экскаваторов является обратная лопата. Для каждой размерной группы установлены три сменных ковша вместимостью (м^3): для третьей — 0,4; 0,5; 0,63; четвертой — 0,63; 1,0; 1,25; пятой — 1,25; 1,6; 2; шестой — 1,6; 2,5; 3,2.

При работе с ковшом большей вместимости, чем та, по которой экскаватор относят к размерной группе, уменьшают линейные рабочие параметры (глубину и радиус копания, радиус и высоту выгрузки) и разрабатывают более слабые грунты, чем при работе с основным ковшом. Вместимость ковшей прямой лопаты, соответственно, для размерных групп (м^3): третьей — 0,5 и 1; четвертой — 1 и 1,6; пятой — 1,6 и 2,5; шестой — 2,5 и 4. Привод рабочего оборудования — от силовых гидроцилиндров двустороннего действия, а поворот платформы и передвижение машины — от индивидуальных гидромоторов.

Основные рабочие параметры (рис. 8.27): наибольшая глубина копания $H_{\text{к}}$, наибольший радиус копания на уровне стоянки $R_{\text{к}}$, высота выгрузки в транспорт $H_{\text{в}}$, радиус выгрузки в транспорт $R_{\text{в}}$ при высоте выгрузки в транспорт $H_{\text{в}}$, а у прямой лопаты и погрузчика также и длина планируемого участка на уровне стоянки $L_{\text{п}}$.

Рабочее оборудование обратной и прямой лопат, а также грейфера состоит (рис. 8.27) из стрелы 3, гидроцилиндров подъема (опускания) стрелы 8, рукояти 5, гидроцилиндров поворота рукояти 4, ковша 7, гидроцилиндра поворота ковша 6, а у грейфера еще и из механизма управления ковшом.

Процесс и порядок работы гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием — прямая, обратная лопаты такие же, как и у канатных экскаваторов с гибкой подвеской рабочего оборудования и механическим приводом. Отличие состоит в том, что подъем и опускание стрелы, поворот рукояти и ковша осуществляются не канатами, а гидроцилиндрами, а поворот платформы 1 с кабиной 2 — гидромоторами. При этом поворотом ковша можно производить копание грунта, зачистку основания забоя и выгрузку грунта из ковша.

Грейферное оборудование (рис. 8.27 в) на одноковшовых экскаваторах применяют при погрузке—разгрузке сыпучих и мелкокусковых материалов, для рытья колодцев и узких траншей в легких грунтах. Ковш состоит из двух челюстей, шарнирно-соединенных между собой тягами. Копание грунта происходит в результате смыкания челюстей ковша.

Типовая гидравлическая схема универсального одноковшового экскаватора показана на рис. 8.28. Питание осуществляется от сдвоенного насоса 11. Распределительные устройства 10 и 9 образуют две группы: первая питается одним насосом, вторая — другим, к которому автоматически присоединяется силовой поток от первого насоса при нейтральном положении золотников гидрораспределительных устройств первой группы. Таким образом, участвующие в цикле экскавации исполнитель-

ные механизмы, управляемые с помощью первой группы распределительных устройств, питаются от одного насоса; что касается второй группы, в которую входят гидроцилиндры управления стрелой 3, 4, 5, гидроцилиндр поворота рукоятки 6, гидроцилиндр поворота ковша 7, то полный силовой поток рабочей жидкости может поступать к ним от обоих насосов.

В первый блок гидрораспределителя входят питаемые параллельно золотники управления поворотом платформы и гусеничного хода.

Золотники второго блока соединены по схеме последовательного питания стрела—рукоять и стрела—ковш, что позволяет совмещать эти движения.

Механизм передвижения гусеничных экскаваторов снабжен, как правило, отдельным приводом каждой гусеничной ленты от низкомомментных гидромоторов 1 и 8; привод механизма поворота платформы осуществляется от гидромотора 2. Независимый привод механизма передвижения в 2...3 раза сокращает затраты времени на передвижение в забое и повышает мобильность экскаватора при длительных переездах.

В экскаваторах на пневмоколесном ходу привод переднего и заднего мостов осуществляется от низкомомментного аксиально-поршневого гидромотора через двухскоростную коробку передач. Рабочее давление жидкости в гидросистемах большинства современных экскаваторов составляет 16...25 МПа.

На рис. 8.28 приведена лишь принципиальная структурная схема гидропривода механизмов, принимающих участие в выполнении рабочего цикла экскаватора, и не затронуты вопросы ограничения нагрузок и предотвращения разрыва потока жидкости при попутных нагрузках, для решения которых в гидравлических приводах упомянутых машин применены соответствующие автоматические устройства.

Конструкции одноковшовых экскаваторов постоянно совершенствуются. Так, на ряде экскаваторов третьей — пятой размерных групп применены новые энергосберегающие системы с введением автоматического регулирования двигателей в зависимости от их загрузки, с комбинированным управлением гидронасосами для рекуперации энергии при холостых движениях, оптимизации режимов и циклов работы и др. Эти системы обеспечивают экономию топлива (до 20 %) и повышение производительности труда, а также значительно облегчают условия труда машиниста.

Наряду с массовым выпуском полноповоротных гидравлических экскаваторов третьей — шестой размерных групп выпускают неполноповоротные навесные экскаваторы второй размерной группы на базе колесных тракторов (рис. 8.29). Их используют для выполнения земляных (в грунтах I...III категорий) и погрузочных работ небольших объемов на рассредоточенных объектах. Весьма эффективно эти экскаваторы применяются в стесненных условиях.

На раме 2 сзади трактора 1 установлена поворотная колонка 3, а спереди укреплен отвал бульдозера 14. К стреле 5 экскаватора с помо-

щью шарнира 9 прикреплена рукоять 6 с ковшом 8, а сама стрела шарнирно присоединена к поворотной колонке 3 и штоку подъемного гидроцилиндра 4. Поэтому рабочее оборудование может поворачиваться в обе стороны от продольной оси на 120°, подниматься выше и опускаться ниже уровня стоянки машины. Для обеспечения устойчивости в процессе работы экскаватор имеет выносные опорные домкраты (аутриггеры) 11, управляемые гидроцилиндрами 12.

Гидроцилиндры подъема стрелы 4, поворота ковша 7, подъема рукоятки 10, подъема опорных домкратов 12 и подъема бульдозера 15 приводятся в действие от двух или трех насосов 13, работающих от двигателя трактора. Управляют навешенным на трактор оборудованием расположенными в кабине рычагами, соединенными с гидрораспределителями объемной передачи.

Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием предназначены для производства земляных работ в грунтах I...IV категорий и имеют до 30 видов сменного рабочего оборудования. Изготавливают их на гусеничном, пневмоколесном и автомобильном ходу.

Основными видами сменного рабочего оборудования являются ковш для разработки грунта, планировочные и погрузочные ковши, отвалы, двухчелюстные захваты и удлинители стрелы.

Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием называют экскаваторами-планировщиками. Они предназначены для разработки и одновременного планирования котлованов, траншей, каналов, планировки горизонтальных поверхностей и откосов. Особенности конструкции телескопического оборудования обеспечивают практически полную механизацию планировочных, зачистных, доводочных и погрузочно-разгрузочных работ в стесненных условиях, где не могут быть использованы экскаваторы с шарнирно-рычажным рабочим оборудованием.

Экскаватор-планировщик (рис. 8.30) состоит из ходового оборудования, поворотной платформы 2 с расположенным на ней силовым оборудованием 3, пультом 6 управления гидрооборудованием и механизмами, а также телескопической стрелы 4 с рабочим органом — ковшом 5.

Ходовое оборудование включает ходовую раму 1, два моста и механизм передвижения. Ходовая рама представляет собой сварную металлоконструкцию, на которой смонтировано опорно-поворотное устройство 8. Через балки коробчатого профиля ходовая рама опирается сзади на мост ведущих колес, а спереди — на мост направляющих колес. Опорно-поворотное устройство включает зубчатый венец, верхнюю и нижнюю обоймы и ролики. Зубчатый венец жестко соединен с ходовой рамой болтами. В задней части платформы установлен двигатель с гидронасосами и компрессором, в средней части — механизм 7 поворота платформы, который приводится в движение от гидромотора через двухступенчатый шестеренчатый редуктор. В передней части платформы смонтирован гидрораспределитель, которым управляют из кабины машиниста с помощью системы рычагов и тяг.

Силовое оборудование состоит из дизеля с муфтой сцепления, редуктора привода гидронасосов, трех гидронасосов и топливного бака.

Телескопическое рабочее оборудование состоит из рамы, стрелы, сменных рабочих органов (различных ковшей, отвала, удлинителя), гидроцилиндра выдвижения—втягивания стрелы, механизма поворота стрелы вокруг своей продольной оси, гидроцилиндра поворота рабочего органа вокруг оси крепления, гидроцилиндров подъема—опускания стрелы.

Стрела может подниматься на угол до 23° и опускаться на угол до 50° , а также вращаться без ограничения угла в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси экскаватора. Кроме того, вокруг своей продольной оси стрела может поворачиваться на 180° в обе стороны. Поворот стрелы осуществляется с помощью специального механизма, состоящего из гидроцилиндра, зубчатого сектора и шестерни, жестко связанной с неподвижной частью стрелы. В некоторых конструкциях экскаваторов-планировщиков рабочее оборудование может быть смещено от продольной оси вправо или влево.

На конце подвижной части стрелы шарнирно закреплен рабочий орган. Телескопическая стрела представляет собой сварную конструкцию треугольного сечения из труб и листов. Подвижная часть стрелы перемещается внутри неподвижной части на роликах и с помощью гидроцилиндра выдвижения—втягивания стрелы, который обеспечивает ход стрелы до 3,2 м.

В последнее время получили развитие системы автоматизированного управления процессом планировки одноковшовым экскаватором. Эти системы управления позволяют одноковшовому экскаватору выполнить почти любую заданную прямолинейную траекторию без вмешательства машиниста.

Производительность одноковшовых экскаваторов зависит от многих факторов: конструктивных качеств машины, вида и состояния грунта и забоя, системы управления и др. Эксплуатационную производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) одноковшовых экскаваторов определяют по формуле:

$$P_3 = V n_{\text{ц}} k_{\text{н}} k_{\text{в}} / k_{\text{р}}, \quad (8.27)$$

где V — вместимость ковша, м^3 ; $k_{\text{н}} = 0,9 \dots 1,2$ — коэффициент наполнения ковша грунтом; $k_{\text{в}} = 0,65 \dots 0,85$ — коэффициент использования машины по времени; $k_{\text{р}} = 1,1 \dots 1,4$ — коэффициент разрыхления грунта; $n_{\text{ц}}$ — количество циклов за один час работы:

$$n_{\text{ц}} = 3600 / T_{\text{ц}}, \quad (8.28)$$

здесь $T_{\text{ц}}$ — продолжительность одного рабочего цикла, с:

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (8.29)$$

где t_1, t_2, t_3, t_4 — соответственно, продолжительность копания, поворота платформы на выгрузку, выгрузки и возврата в первоначальное положение, с.

Многоковшовые экскаваторы выполняют все операции по резанию, транспортированию и разгрузке грунта одновременно и непрерывно. В результате совмещения операций многоковшовые экскаваторы по сравнению с одноковшовыми имеют более высокую производительность и применяются для отрывки траншей глубиной 1,5...4,5 м (в отдельных случаях до 6 м) при ширине 0,14...2,1 м, каналов глубиной 0,5...2,5 м при ширине по дну 0,25...2 м с заложением откосов от 1:1 до 1:2. Траншеи могут быть отрыты как в талых грунтах I...IV категорий, так и в сезонно-мерзлых, а в отдельных случаях — и в вечномерзлых грунтах.

Экскаваторы непрерывного действия классифицируют по типу рабочего органа, характеру перемещения рабочего органа в пространстве, типу силового и ходового оборудования, по назначению.

По типу рабочего органа экскаваторы подразделяют на цепные, роторные, шнекороторные, двухроторные.

По характеру перемещения рабочего органа в пространстве различают экскаваторы продольного копания, поперечного копания и радиального копания. У первых направление движения рабочего органа совпадает с направлением движения самой машины, у вторых направление движения рабочего органа перпендикулярно направлению движения самой машины, у третьих рабочий орган перемещается, поворачиваясь относительно вертикальной оси копания.

По типу силового оборудования различают экскаваторы с приводом от двигателя внутреннего сгорания, с электрическим многодвигательным приводом, с дизель-электрическим приводом, с гидродинамическим и объемным гидравлическим приводом.

По типу ходового оборудования — экскаваторы на гусеничном, пневмоколесном и рельсовом ходу.

По назначению можно выделить экскаваторы траншейные (прокладка траншей), дренаукладочные (строительство дренажных систем), мелиоративные и каналные (разработка, ремонт и очистка каналов), а также карьерные (вскрышные и добычные работы).

Для экскаваторов непрерывного действия принята буквенно-цифровая индексация (рис. 8.31). Для траншейных экскаваторов (ЭТР и ЭТЦ) первые две цифры обозначают глубину копания, дм; третья — порядковый номер модели; для экскаваторов поперечного и радиального копания первые две цифры — вместимость ковша, л; третья — порядковый номер модели. При модернизации после цифрового обозначения добавляют буквы по порядку русского алфавита.

Например, индекс ЭТЦ-208В обозначает экскаватор траншейный цепной с глубиной копания до 20 дм, восьмая модель, третья модернизация; индекс ЭМ-251А — экскаватор цепной поперечного копания с ковшем вместимостью 25 л, первая модель, первая модернизация.

Экскаваторам-каналоочистителям присваиваются индекс машин для ремонта и содержания мелиоративных систем (МР) и порядковый номер по реестру (например, каналоочиститель МР-15).

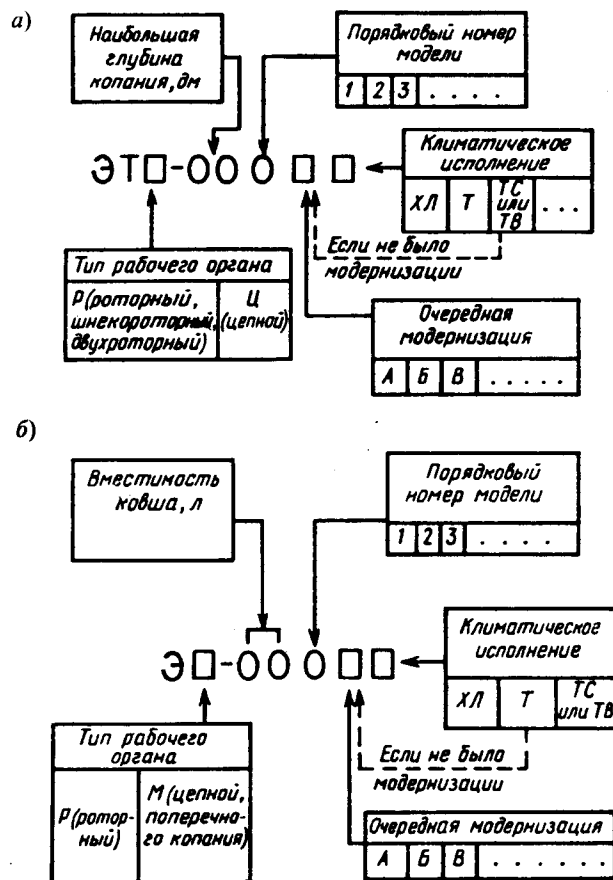


Рис. 8.31. Структура индексов экскаваторов непрерывного действия продольного (а), поперечного и радиального (б) копания

В городском строительстве и хозяйстве для рытья траншей и укладки водопроводных, канализационных и теплофикационных кабельных линий связи и электроснабжения, а также других коммуникаций, используются главным образом *траншейные экскаваторы*.

Базовой машиной траншейных экскаваторов служит трактор или тягач. Рабочее оборудование этих экскаваторов представляет собой бесконечную цепь или жесткий ротор с ковшами или скребками. Во время работы цепь или ротор движутся в плоскости передвижения базовой машины. Ковши имеют форму, соответствующую прямоугольному или трапецидальному сечению траншеи, что позволяет ликвидировать финишные операции и снизить затраты труда на отделочных работах. Скребки применяются при малой ширине траншеи (0,25...0,5 м), а также для траншейной укладки кабеля.

Главным параметром траншейных экскаваторов является номинальная глубина отрываемой траншеи.

Основными параметрами экскаваторов являются скорость движения ковшей (скорость копания) и скорость перемещения машины. При любой глубине траншеи скорость ковшовой цепи и скорость хода должны обеспечивать наполнение ковшей. Рабочая скорость передвижения экскаваторов при копании траншей бесступенчато регулируется в широком диапазоне в зависимости от условий работы, физико-механических свойств грунтов и составляет 10...400 м/ч у цепных машин и 10...800 м/ч — у роторных.

Для разработки траншей малых габаритов (ширина 0,25...0,4 м, глубина до 1,6 м) в грунтах I...III категорий без крупных каменных включений в стесненных условиях городской застройки широко используются *цепные экскаваторы* на базе пневмоколесных универсальных тракторов тягового класса 14 кН с одним или двумя ведущими мостами (рис. 8.32 а). Экскаватор оборудован цепным рабочим органом 4 со скребками 6 и шнековым конвейером 7, установленными в задней части трактора, а также бульдозером 11, расположенным впереди. Цепной рабочий орган приводится в движение от вала отбора мощности 2 трактора через трехступенчатый редуктор, обеспечивающий четыре рабочие скорости (от 0,8 до 2,1 м/с) и реверсивный ход цепи. В редукторе привода цепи установлена предохранительная муфта предельного момента. Шнеки приводятся во вращение с помощью скребковой цепи.

В комплект навесного экскаваторного оборудования входят также дополнительная рама 3 с зачистным башмаком 5, механизм подъема-опуска рабочего органа 7 и гидромеханический ходоуменьшитель 9.

Цепной рабочий орган экскаватора (рис. 8.32 б) имеет сварную раму 6, на которой установлены шнеки 7 и натяжное устройство 5 с амортизатором, предохраняющим от перегрузок рабочую цепь 3. Цепь установлена на ведущей 2 и ведомой 4 звездочках и опирается на ролики, размещенные на раме 6.

В зависимости от ширины разрабатываемой траншеи рабочую цепь оснащают определенным комплектом резцов и скребков. Для рытья траншеи шириной 0,4 м на цепь устанавливают резцы 8, 9, 10 трех размеров и скребки 7. Шнеки на раме рабочего органа устанавливают в положении, необходимом для данной глубины копания. Кронштейн шнеков фиксируется планкой, позволяющей регулировать его положение относительно рамы рабочего органа.

Скребки выносят из траншеи грунт в направлении ведущей звездочки, образуя отвал в виде пирамиды. Дальнейшую эвакуацию грунта в боковые стороны от траншеи осуществляют два шнека винтового конвейера, установленного на раме рабочего органа. Шнеки приводятся во вращение скребковой цепью. Для зачистки дна траншеи рабочий орган имеет зачистной башмак.

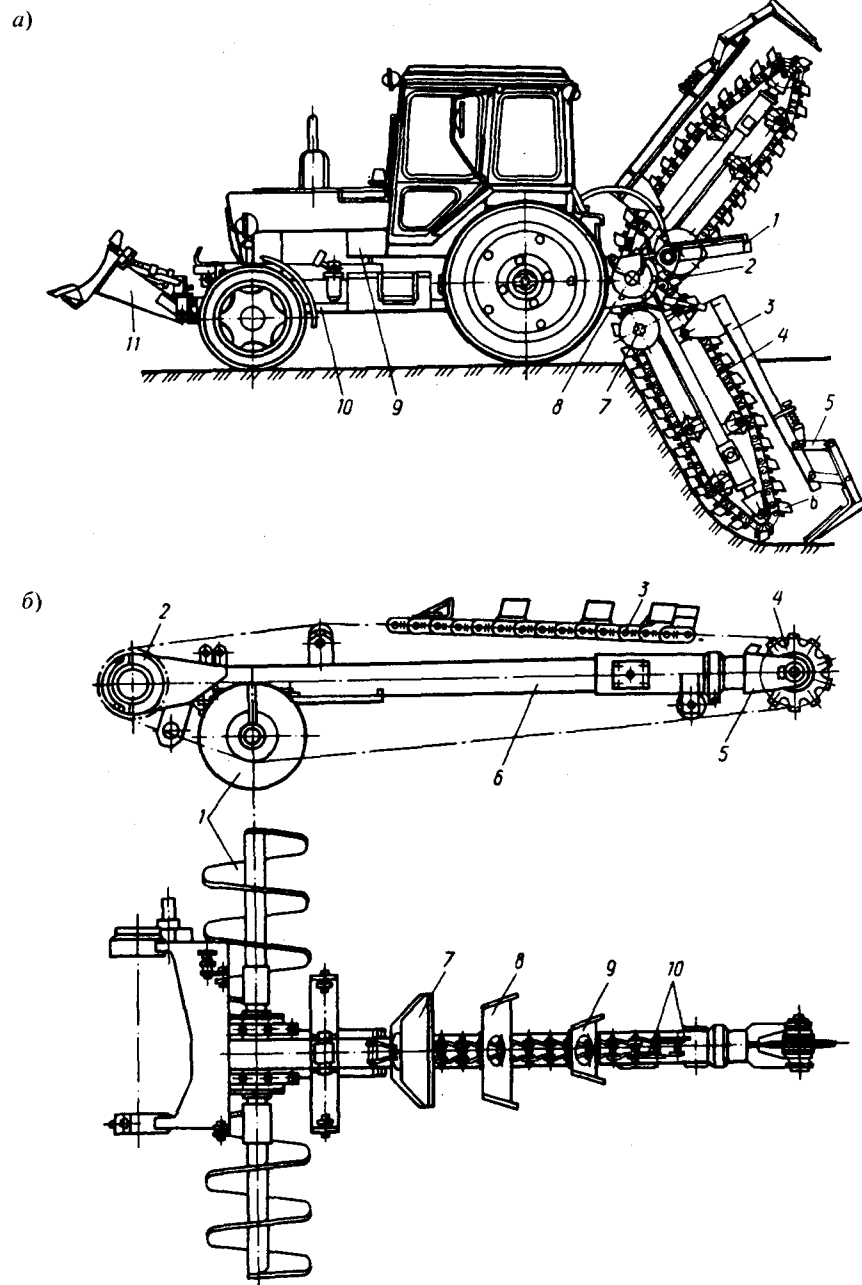


Рис. 8.32. Траншейный цепной экскаватор (одноцепной)

Транспортные скорости экскаватора такие же, как у базового трактора. При необходимости повышения тягово-сцепных качеств экскаватора включают дополнительно передний мост, который приводится в действие от раздаточной коробки карданными валами.

Бульдозерный отвал поворачивается в плане в любую сторону на угол до 45° и выдвигается в сторону за колесо трактора, что позволяет повысить производительность на засыпке траншеи при движении экскаватора параллельно ей.

Эксплуатационная производительность цепных траншейных экскаваторов со скребковым рабочим органом ($\text{м}^3/\text{ч}$):

$$P_3 = 3600 b_c h_c v_{\text{ц}} k_n k_b / k_p, \quad (8.30)$$

где b_c — ширина скребка, м; h_c — высота скребка, м; $v_{\text{ц}} = 0,8 \dots 2,1$ м/с — скорость движения скребковой цепи; $k_n = 0,35 \dots 0,75$ — коэффициент заполнения экскавационных емкостей; $k_b = 0,5 \dots 0,65$ — коэффициент использования машины по времени; $k_p = 1,1 \dots 1,5$ — коэффициент разрыхления грунта в процессе разработки.

Роторные траншейные экскаваторы предназначены для рытья траншей в талых грунтах I...IV категорий, а также в мерзлых грунтах под инженерные коммуникации, при оконтуривании котлованов, выемок и на других работах. Эти экскаваторы применяют главным образом на линейных работах большой протяженности со значительными объемами земляных выемок, когда не требуется частого перебазирования с одного участка на другой.

Роторные траншейные экскаваторы имеют ряд преимуществ перед цепными траншейными экскаваторами: менее энергоемкий процесс разработки грунта ввиду отсутствия цепей, работающих в абразивной среде; более высокая производительность благодаря повышенному числу разгрузок, обеспечиваемому равномерностью вращения ротора и лучшими условиями опорожнения ковшей. Однако цепные траншекопатели могут разрабатывать траншеи большей глубины, чем роторные, и при равной глубине копания имеют меньшую массу. Рациональный предел глубины копания для роторных экскаваторов не превышает 2,5 м.

Роторный траншейный экскаватор в обычном исполнении является самоходной машиной и состоит из двух основных частей: тягача и рабочего оборудования (рис. 8.33). По способу соединения рабочего оборудования с тягачом роторные траншейные экскаваторы подразделяют на навесные и полуприцепные. У полуприцепных экскаваторов рабочий орган опирается спереди на тягач, а сзади — на дополнительную пневмоколесную опору.

Тягач имеет силовую установку 1, гидравлический механизм подъема рабочего оборудования 2, раму 3 для монтажа рабочего оборудования, трансмиссию 4, ходовое устройство 5. В качестве тягачей используют чаще всего перекомпонованные тракторы или специальные базовые тягачи с использованием узлов промышленных тракторов. В

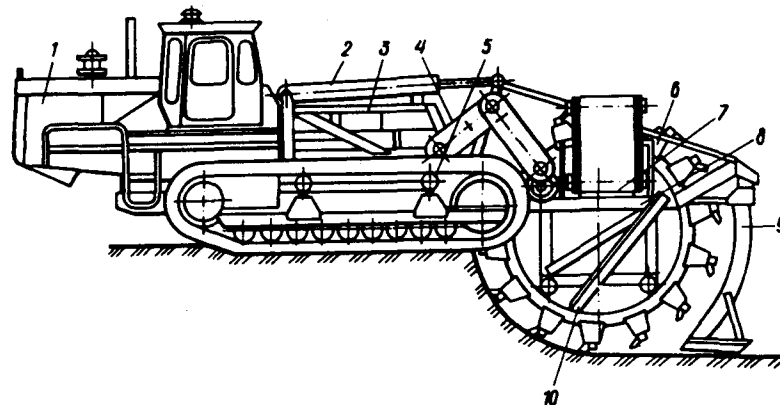


Рис. 8.33. Роторный траншейный экскаватор

нашей стране наибольшее распространение получили роторные экскаваторы на гусеничном ходу с одномоторным приводом.

Рабочее оборудование состоит из ротора 6 с ковшами, конвейера 7, рамы 8 рабочего оборудования, зачистного устройства 9 и ножевых откосников 10.

Роторное колесо состоит из двух кольцевых обечаек, связанных между собой ковшами и поперечными стяжками. Каждый ковш открыт с двух сторон и имеет в передней части карманы для крепления сменных зубьев, а в задней — цепное днище, что способствует лучшей разгрузке ковша, особенно при разработке вязких и увлажненных грунтов.

Для рытья траншей с различными параметрами один и тот же базовый тягач может комплектоваться сменными рабочими органами, имеющими разную ширину, диаметр и число ковшей.

Привод ходовой части, вращение ротора и конвейера осуществляются через трансмиссию. Для оптимизации режима работы экскаватора в различных грунтах трансмиссия обеспечивает несколько скоростей рабочего передвижения или их непрерывное изменение, а также несколько частот вращения ротора и скоростей ленты конвейера.

Эксплуатационную производительность роторных траншейных экскаваторов определяют по формуле:

$$P_3 = 3,6 V z n k_n k_b / k_p, \quad (8.31)$$

где $V = 70 \dots 250$ л — вместимость ковша; $z = 10 \dots 24$ — количество ковшей; $n = 0,12 \dots 0,175$ с⁻¹ — частота вращения ротора; $k_n = 0,9 \dots 1,1$ — коэффициент наполнения ковша; $k_b = 0,7 \dots 0,85$ — коэффициент использования машины по времени; $k_p = 1,1 \dots 1,4$ — коэффициент разрыхления грунта.

Бурильные и бурильно-крановые машины. Буровые работы в строительстве проводят при инженерно-геологических изысканиях, водоснабжении, водопонижении, установке опор линий электропередачи и связи, ограждений, при подготовке ям для посадки растений и др. В процессе

бурения образуются цилиндрические полости, называемые шпурами, скважинами и ямами. При строительстве объектов коммунального назначения диаметры шпуров не превышают 75 мм, скважин — 300 мм, ям — 2 000 мм, а глубина, соответственно, 8 м, 30 м и 6 м.

Буровые работы в основном производят механическим способом. В горной промышленности на твердых породах применяют также термический способ бурения, который здесь не рассматривается.

Машины, имеющие грузоподъемное оборудование для подъема и установки в скважины опор, столбов и свай, называют бурильно-крановыми.

Бурильные и бурильно-крановые машины можно применять в талых и мерзлых грунтах I...IV категорий, не содержащих крупных твердых включений — камней, валунов, строительных отходов.

В зависимости от глубины бурения и массы машины условно подразделяют на легкие (глубина бурения до 5 м), средние (глубина бурения до 20 м), тяжелые (глубина бурения свыше 20 м).

Машины для буровых работ подразделяют также:

по способу приложения силовой нагрузки — ударного, ударно-вращательного и вращательного действия;

по способу удаления разрушенного грунта из скважин (шурфа или ямы) — с периодическим или циклическим удалением грунта (с помощью лопастных, короткошnekовых, керновых и ковшовых буров при вращательном бурении; грейферов и желонки — при ударном бурении); с непрерывным удалением грунта (шнеком, потоком сжатого воздуха или промывочной жидкости);

по типу привода исполнительных механизмов — с механическим, гидравлическим и электрическим приводом;

по типу несущего шасси машины могут быть смонтированы на базе автомобилей, тракторов, экскаваторов, стреловых кранов, а также на спецшасси.

При ударном бурении вертикальная скважина диаметром до 250 мм и глубиной до 50 м образуется в результате воздействия падающего с высоты порядка 1 м долота массой до 3000 кг. При бурении в скважину заливают воду. По мере проходки скважины разрушенный грунт вместе с водой извлекаются наружу при помощи желонки — полого цилиндра с закрывающимся днищем.

При ударно-вращательном бурении шпур или скважина диаметром 75... 150 мм и глубиной до 40 м образуются в результате сообщения буровому инструменту одновременно с вращательным движением ударных импульсов. Очищается скважина от разрушенной породы продувкой сжатым воздухом или промывкой водой.

Большое распространение в настоящее время получили *бурильные машины вращательного действия*. При вращательном бурении грунт в шпуре, скважине или яме разрушается непрерывно вращающимся буровым инструментом, которому сообщается осевое усилие подачи. Используемый в этих машинах бурильный инструмент показан на рис. 8.34.

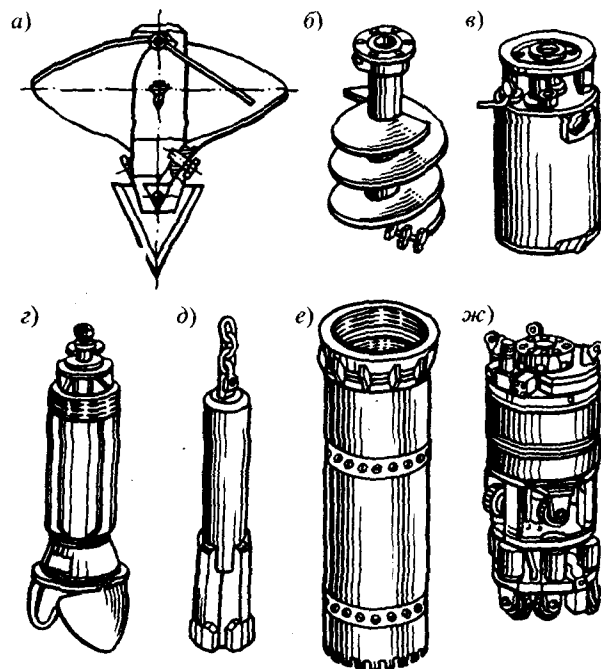


Рис. 8.34. Виды бурильного инструмента

Лопастный бур (рис. 8.34 а) применяют главным образом на легких бурильно-крановых машинах. Он имеет винтовые лопасти для накопления и последующего выноса грунта из скважины. Лопасти выполняют литыми вместе с остовом, соединяемым с бурильной штангой, либо приваривают к остову. Для разрушения грунта к лопасти винтами крепят резцы, а к нижней части остова бура с помощью пальца — забурник. Для предотвращения просыпания грунта при подъеме на поверхность к лопастям шарнирно крепят заслонки.

Средние и тяжелые машины комплектуют набором бурильного инструмента, основными видами которого являются шнековый и ковшовый буры (рис. 8.34 б, в), оснащаемые также резцами и забурником. Бурение шнековым буром в зависимости от конструкции машины и глубины скважины может осуществляться как непрерывно на всю глубину скважины, так и циклично в грунтах, устойчивых к обрушению.

Ковшовый бур и грейфер (рис. 8.34 г) применяют преимущественно в сыпучих грунтах при бурении с использованием обсадных труб (рис. 8.34 е). Конструкция ковшového бура предусматривает возможность разгрузки путем механического открытия днища.

Машины тяжелого типа, как правило, оснащают ударными (рис. 8.34 д) и шарошечными (рис. 8.34 ж) долотами для бурения валунных, гравийно-галечниковых отложений и скальных пропластков. Основны-

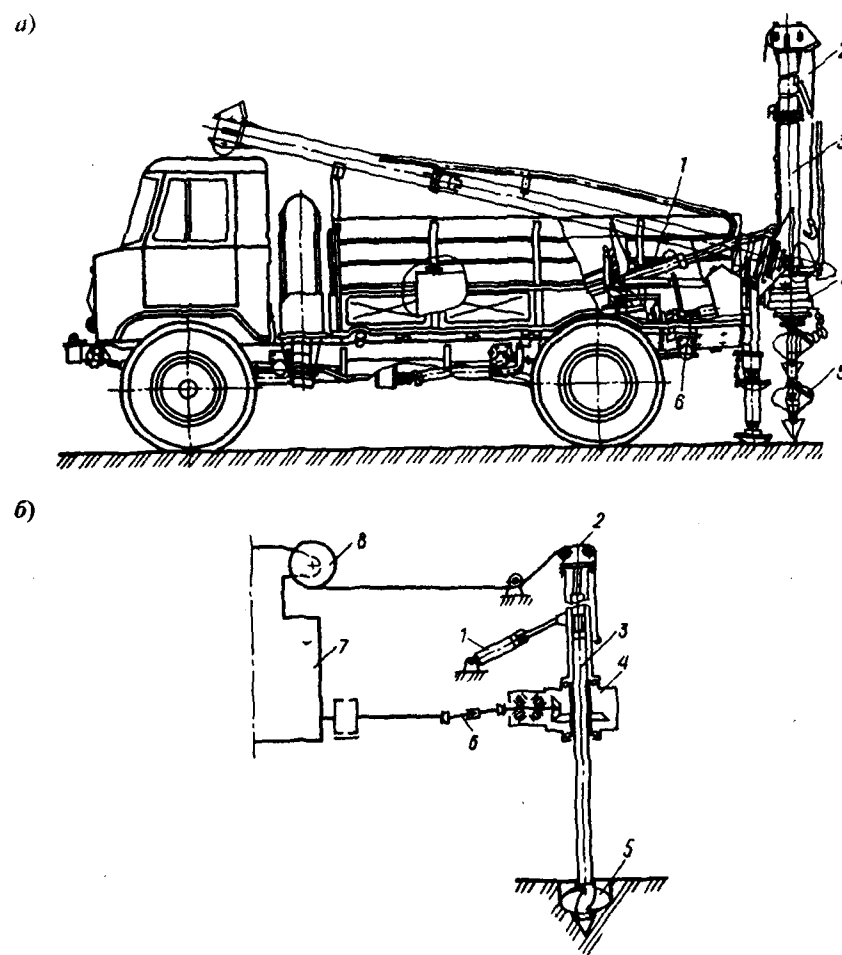


Рис. 8.35. Бурильно-крановая машина: а — общий вид; б — кинематическая схема привода рабочего органа

ми элементами шарошечного долота являются 3...5 шарошек-конусов с несколькими рядами зубьев на поверхности, разрушающими грунт.

В городском строительстве и хозяйстве наибольшее применение нашли легкие бурильные и бурильно-крановые машины, которые монтируются на автомобилях повышенной проходимости, отличаются высокой производительностью, большой скоростью передвижения и маневренностью. Они имеют унифицированное рабочее оборудование, особенностью которого является совмещение функций механизма подачи и бурильной штанги в одном узле, помещенном внутри трубчатой мачты и называемом гидравлической бурильной штангой.

Рабочий орган 5 (бур) приводится во вращение от двигателя автомобиля через раздаточную коробку 7 с помощью механической трансмиссии 6 и вращателя 4 (рис. 8.35). Гидравлическая система обеспечивает бесступенчатое возвратно-поступательное движение гидравлической штанги 3 с буром 5, а также перевод рабочего органа из транспортного положения в рабочее и обратно (гидроцилиндр 1). Усилие подачи бура составляет 16...40 кН при частоте вращения 1,2...3,0 с-1. Машины оборудованы специальным крановым устройством 2 и червячной реверсивной лебедкой 8 грузоподъемностью 1,25...2 т. Каждая машина имеет три сменных бура с резцами, у которых режущие кромки армированы твердым сплавом для бурения талых грунтов и грунтов с сезонным промерзанием.

8.4. Машины для уплотнения грунтов, строительных материалов и бытовых отходов

Уплотнение грунтов при строительстве различных земляных инженерных сооружений является завершающей операцией, от качества которой в значительной степени зависят их долговечность и прочность. Качество уплотнения оценивается коэффициентом уплотнения:

$$k_y = \delta / \delta_{\max} \quad (8.32)$$

где δ , $\delta_{\max}$ — соответственно, плотность материала после воздействия уплотняющей машины и при уплотнении стандартным способом.

Например, для верхних слоев грунта земляного полотна усовершенствованных автомобильных дорог коэффициент уплотнения должен быть не ниже 0,98...1,0, а для нижних слоев он может быть снижен до 0,95. Такое же значение 0,95 должен иметь коэффициент уплотнения для грунтов обратных засыпок пазух и траншей, являющихся основанием для городских автомобильных дорог и трамвайных путей.

Сущность уплотнения состоит в том, что под воздействием механической нагрузки частицы уплотняемого материала сближаются, что увеличивает прочность и вязкость материала и уменьшает водопроницаемость. В результате уплотнения из рыхлой смеси формируется новый материал, свойства которого существенно отличаются от исходного.

В зависимости от типа уплотняемого материала, условий работы, необходимой степени уплотнения, толщины уплотняемого слоя, требуемой производительности используют три основных способа уплотнения: статическое (укатка), ударное (трамбование) и вибрационное. Уплотняющие машины, использующие вибрацию и удар, объединяют в группу машин динамического действия.

Уплотняющие машины статического действия. Катки статического действия являются наиболее распространенными, простыми машинами для уплотнения грунтов и строительных материалов и бытовых отходов. Их классифицируют по способу передвижения, виду рабочего органа, количеству осей и вальцов.

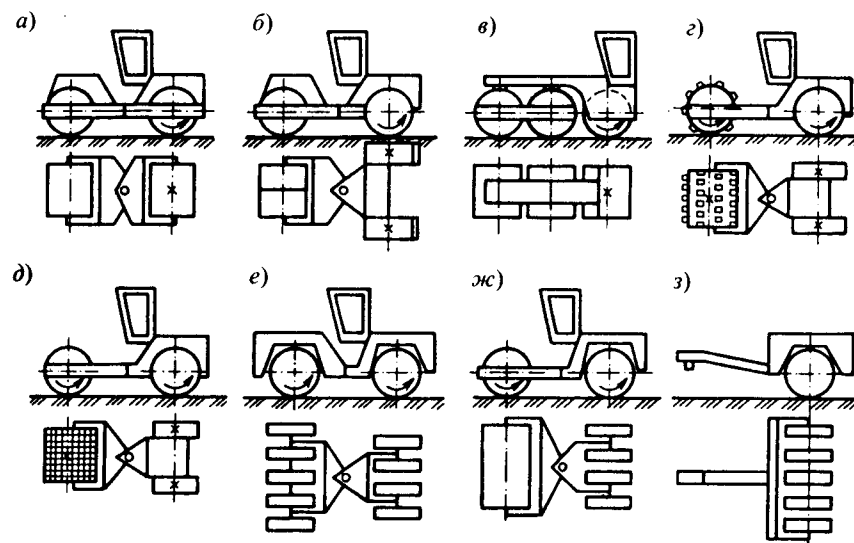


Рис. 8.36. Основные схемы уплотняющих катков статического действия

По способу передвижения катки подразделяют на прицепные, полуприцепные и самоходные. В прицепном катке его масса полностью передается на уплотняемый материал, а в полуприцепном — часть его массы передается на тягач через сцепное устройство. В комплекте с такими катками чаще всего используют пневмоколесные тягачи и тракторы.

По виду рабочего органа различают катки с гладкими вальцами (рис. 8.36 а...в), кулачковыми (рис. 8.36 г), решетчатыми (рис. 8.36 д), пневмоколесными (рис. 8.36 е, з) и комбинированными (рис. 8.36 ж). Главными параметрами катков статического действия, характеризующими их уплотняющую способность, служат масса и удельное давление, приходящееся на 1 см ширины вальца или протектора шины у пневмоколесных и на 1 см площади кулачка у кулачковых катков.

Первый вид катка характеризуется тем, что обечайки вальцов имеют гладкую рабочую поверхность. Такие катки предназначены главным образом для уплотнения асфальтобетонных покрытий, гравийно-щебеночных и других материалов. При уплотнении грунтов их заменяют более эффективными кулачковыми, вибрационными и пневмошинными катками.

Кулачковый каток представляет собой гладкий полый стальной валец диаметром 1...2,6 м, к внешней поверхности которого приварены уплотняющие кулачки. Валец имеет загрузочный люк для заполнения балластом — песком или водой. По давлению кулачковые катки разделяют на легкие (0,4...2 МПа), средние (2...4 МПа) и тяжелые (4...10 МПа).

Кулачки могут иметь различную форму (рис. 8.37), однако они должны обеспечивать уплотнение на максимальную толщину отсыпаемого



Рис. 8.37. Разновидность кулачков грунтоуплотняющих катков

слоя и минимальное разрыхление поверхностного слоя при выходе кулачка из грунта.

Симметричные (реверсивные) кулачки (рис. 8.37 а), ранее широко применявшиеся на отечественных катках, хорошо погружаются в грунт и выходят из него без излишнего разрыхления поверхности, однако имеет место налипание грунта на шейку кулачка и они теряют свое преимущество.

В настоящее время наиболее широко в отечественных и зарубежных катках применяют шиповые кулачки, имеющие форму усеченного конуса (рис. 8.37 б), а также сегментные, имеющие форму равнобедренной трапеции (рис. 8.37 в). Шиповой кулачок — высокий с отношением длины кулачка к диаметру вальца 1:6...1:7, сегментный — более низкий и широкий и, как показала практика, обеспечивает ударное воздействие на грунт. В плане опорная поверхность кулачка выполняется круглой, квадратной или эллиптической.

Количество кулачков на вальце должно быть как можно большим, чтобы снизить необходимое число проходов. Однако наличие большого количества кулачков повлечет за собой увеличение общей массы катка и усилит склонность грунта к налипанию. Практика показывает, что удовлетворительно работа осуществляется в том случае, когда число кулачков, приходящихся на 1 м поверхности вальца, равно 20...25 для легких и средних и 15...20 — для тяжелых катков. Наиболее целесообразное расположение кулачков на поверхности вальца — шахматное.

Напряжение на поверхности контакта кулачков с грунтом в несколько раз больше, чем напряжение под катком с гладкими вальцами. Поэтому при первом проходе, когда грунт еще рыхлый, кулачки полностью погружаются в него, и в результате в контакт с грунтом входит также валец катка. При последующих проходах катка погружение кулачков в грунт уменьшается за счет его уплотнения. Кулачковые катки эффективны при уплотнении связных, преимущественно комковатых грунтов.

На рис. 8.38 показан уплотняющий каток на базе двухосного шасси 1 с шарниросочлененными полурамами, имеющий два кулачковых вальца, причем передний 5 может работать как в статическом режиме, так и в вибрационном, а задний 4 — только в статическом режиме.

Для очистки вальцов от налипающего грунта или мусора на катке монтируются очистные скребки 3. Для разрывания уплотненного на рабочей карте ТБО уплотняющий каток в передней части оснащен

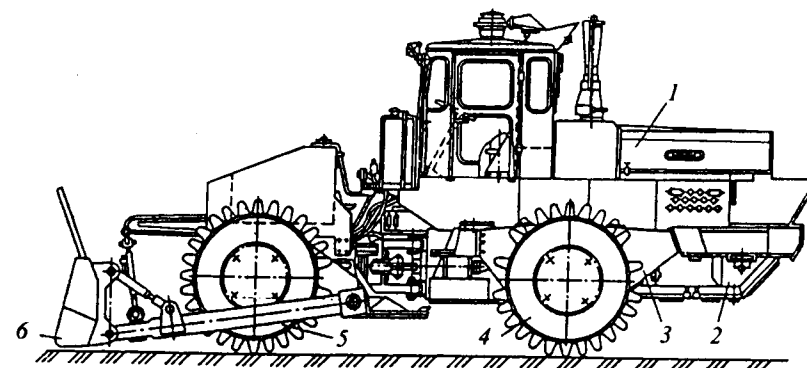


Рис. 8.38. Уплотняющий каток с кулачковыми вальцами

бульдозерным оборудованием 6, а в задней части (для защиты двигателя) броневым листом 2.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает кулачковые катки массой (с балластом) 9 и 18 т. Толщина уплотняемых слоев для этих катков достигает, соответственно, 0,2 и 0,3 м при 8...12 проходах. При работе кулачкового катка верхняя часть слоя грунта разрыхляется во время выхода кулачков на поверхность. Эта часть слоя снова может быть уплотнена после насыпки поверх нее нового слоя или в конце уплотнения с помощью машин других типов (например, катками на пневматических шинах).

У решетчатого катка обечайка вальца выполнена в виде решетки, сваренной из стальных прутьев низколегированной стали диаметром 30...40 мм или собранной из литых металлических элементов. Общая масса катка с балластом составляет 15...30 т. Диаметр вальцов до 2,5 м. Ширина укатываемой полосы 2,9 м. Внутри решетчатого вальца установлены два конуса для очистки и отбрасывания в стороны провалившихся через ячейки решетки комьев грунта. Балласт размещают внутри вальца или на раме катка. Такие катки применяют для уплотнения как связных, так и несвязных комковатых грунтов слоями толщиной до 0,4 м. Их можно применять и зимой, так как решетка дробит комья и включения и одновременно погружает их в массив грунта.

Широкое применение получили катки на пневмошинах (пневмокати), которые могут уплотнять все виды грунтов. Пневмокати с гладкой рабочей поверхностью эффективно используют также для уплотнения асфальтобетонных покрытий.

Типы и размеры катков на пневмошинах весьма разнообразны. Прицепные пневмокати изготавливают четырех типоразмеров: легкие массой (с балластом) 15 (± 3) т, средние — 25 (± 4) т, тяжелые — 50 (± 6) т, особо тяжелые — 100 (± 10) т. Прицепные одноосные катки обычно имеют от 4 до 6 колес. Наибольшее применение получили катки массой 25 и 50 т.

Полуприцепные пневмоколесные катки выполняют трех типоразмеров: легкие массой (с балластом) $15 (\pm 3)$ т, средние — $30 (\pm 6)$ т, тяжелые — $45 (\pm 9)$ т. Их агрегируют с одно- или двухосными тягачами.

Самоходные пневмоколесные катки, снабженные собственным двигателем и ходовой трансмиссией, по массе подразделяют на легкие (10...15 т), средние (20...30 т) и тяжелые (40...50 т). Самоходные катки на пневмошинах имеют две оси: ведущую и ведомую; общее количество колес 7...9. Колеса на обеих осях расположены так, чтобы шины задних колес шли по следу между шинным промежутком передних (см. рис. 8.36 е), при этом обеспечивается укатка всей поверхности уплотняемого слоя.

Подвеску пневмоколес разделяют на жесткую и независимую (свободную). Каток с независимой подвеской состоит из 4...6 секций, шарнирно прикрепленных к раме. Каждая секция имеет свой пневмоколесный ход и свой балластный контейнер для загрузки грунтом, камнем или чугунными плитами. Независимая подвеска колес обеспечивает свободное копирование неровностей поверхности грунта и постоянный контакт пневмошины с грунтом (рис. 8.39).

Под пневмошиной грунт находится в напряженном состоянии более продолжительное время, чем под жестким ободом. Больше и площадь контакта с поверхностью грунта, что зависит от давления воздуха в шине. Все это повышает качество уплотнения и глубину уплотненных слоев грунта. Оптимальное значение давления в шинах при уплотнении песка составляет 0,2...0,3 МПа; для супесей — 0,3...0,4 МПа; для суглинков и глин — 0,5...0,6 МПа. В конструкции большинства пневмоколесных катков предусмотрено регулирование давления воздуха в шинах на ходу в процессе работы.

Легкие и средние пневмошинные катки наиболее пригодны для уплотнения тонких слоев грунта на глубину до 0,1...0,15 м; тяжелые пневмокотки могут обеспечить уплотнение на глубину до 0,7 м. Необходимое количество проходов по одному следу зависит от физико-механических свойств грунта, климатических условий, толщины отсыпки и других факторов и определяется на месте замером достигнутой плотности грунта. Ориентировочно необходимое количество проходов пневмокотка по одному следу при уплотнении связных грунтов составляет 6...8. При несвязных грунтах оно в два раза меньше.

Самоходные, так же как и полуприцепные, катки характеризуются сравнительно высокими транспортными скоростями (до 40 км/ч) и маневренностью.

Комбинированные катки оборудуют рабочими органами, характерными для катков различного вида. Наиболее распространены катки с пневмоколесами и вибрационным вальцом, которые обеспечивают наи-

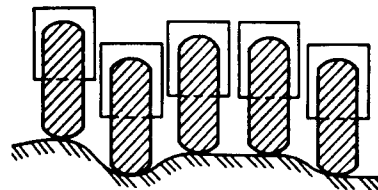


Рис. 8.39. Схема независимой подвески колес пневмошинного катка

большую универсальность машины с точки зрения уплотнения различных материалов — от суглинка и асфальтобетонной смеси до гравийно-щебеночных материалов и песков. Комбинированные катки, так же как и пневмоколесные, имеют специальные шины высокого давления. Шины обеспечивают уплотнение материала у поверхности, а вибровалец — на глубине, превышающей зону действия шин. Валец с гладкой поверхностью создает ровную поверхность уплотняемого материала, что необходимо при возведении покрытий.

Рабочие органы катков разделяют на ведущие и ведомые. К ведущим рабочим органам передается крутящий момент от двигателя внутреннего сгорания. Ведомые рабочие органы самоходных катков являются направляющими и, как правило, служат для поворота машины.

По количеству осей катки делят на одно-, двух- и трехосные.

По количеству валцов различают одно-, двух- и трехвальцовые.

Одновальцовые катки относятся к легкому типу. При отсутствии поддерживающих валцов или колес двигатель и трансмиссия расположены внутри вальца, а рычаги управления вынесены на рукоятку дышла, при помощи которого вручную производятся повороты катка. Поддерживающие валцы или колеса делают управляемыми — с их помощью производятся повороты катка.

Двухвальцовые катки (тандем) имеют валцы одинаковой ширины и бывают легкого, среднего и тяжелого типов (см. рис. 8.36 а). Наиболее совершенным является каток с двумя ведущими валцами. В этом случае ведущий валец иногда выполняется несколько большего диаметра, чем ведомый.

Трехвальцовые двухосные катки (см. рис. 8.36 б) выполняются среднего и тяжелого типов. Они снабжены двумя узкими ведущими задними валцами и широким ведомым валцом. Широко расставленные ведущие валцы обеспечивают хорошую поперечную устойчивость катка. Кроме того, ведущие валцы большого диаметра выходят за габариты катка и дают возможность легко преодолевать сопротивление движению, подходить вплотную к стенкам, высоким бордюрам и другим препятствиям. Уплотнение материала производится в основном задними валцами. Передний валец по ширине делается таким, чтобы при движении катка его след перекрывался задними валцами.

Трехвальцовые трехосные катки (см. рис. 8.36 в) имеют валцы одинаковой ширины и выполняются тяжелого и, реже, среднего типов. Наиболее совершенным является каток со всеми ведущими валцами.

Производительность катков ($\text{м}^3/\text{ч}$):

$$\Pi = L(B - b)h_0 z k_b / [(L/v + t_p)n], \quad (8.33)$$

где L — длина участка уплотнения, м; B — ширина полосы уплотнения, м; $b = 0,15...0,30$ м — ширина перекрытия; h_0 — толщина уплотняемых слоев в плотном теле, м; z — число уплотняемых слоев; $k_b = 0,8...0,9$ — коэффициент использования машины по времени с учетом потерь на пе-

реключение скоростей и реверсирование (для самоходных катков), на развороты (для прицепных и полуприцепных катков) и т. п.; v — рабочая скорость катка, м/ч; $t_p \approx 0,02$ ч — время на разворот катка в конце участка; n — необходимое количество проходов катка по одному слою.

Без учета h_0 производительность уплотняющей машины, вычисленная по формуле (8.34), будет выражена в m^2 укатанной поверхности за единицу времени.

Уплотняющие машины динамического действия. Машины динамического действия уплотняют грунт ударами (трамбование) или вибрированием, а также сочетанием трамбования с вибрированием или укаткой. К этой группе машин относятся трамбующие машины, вибрационные плиты и виброкатки.

Трамбующие машины по принципу действия подразделяют на машины, у которых уплотняющие плиты падают с определенной высоты свободно, и машины, у которых уплотняющие плиты опускаются принудительно (пневматические трамбовки и трамбовки взрывного действия). В первом случае рабочие плиты массой 0,8...1,5 т (чугунные или железобетонные) навешиваются на трактор или на стрелу экскаватора и сбрасываются с высоты 0,8...2,0 м. После удара уплотняющая плита (или плиты) поднимается в исходное положение в зависимости от конструкции базовой машины с помощью канатного, кривошипно-полиспастного или зубчато-реечного механизма.

Трамбовки *взрывного действия* уплотняют материал падающим грузом, получающим энергию в результате сгорания продуктов горения. Пневматические трамбовки осуществляют уплотнение за счет энергии падающего груза и сжатого воздуха. Возвращение ударного элемента в исходное положение обеспечивается энергией сжатого воздуха.

Трамбующие машины *со свободным падением рабочего органа* используют для интенсивного уплотнения как связных, так и несвязных грунтов слоями толщиной до 1,5 м. Наиболее эффективно этим способом уплотняются грунты с пониженной влажностью, с щебеночными и гравелистыми включениями, а также отсыпаемые зимой.

Пневматические трамбовки и трамбовки взрывного действия также можно использовать для уплотнения связных и несвязных грунтов, но толщина прорабатываемых ими слоев в сравнении с предыдущими машинами во много раз меньше.

В городском хозяйстве и строительстве при уплотнении грунтов в стесненных условиях (вблизи фундаментов зданий, в пазах между стенками траншеи и трубопровода, траншеи и коллектора и т.д.) получили распространение ручные пневматические трамбовки. По типу ударного механизма их можно классифицировать на компрессионно-вакуумные и пружинно-воздушные.

В трамбовках с *компрессионно-вакуумным механизмом* связь трамбующего башмака с приводом осуществляется посредством воздушной подушки, расположенной между верхним торцом поршня-башмака и дном

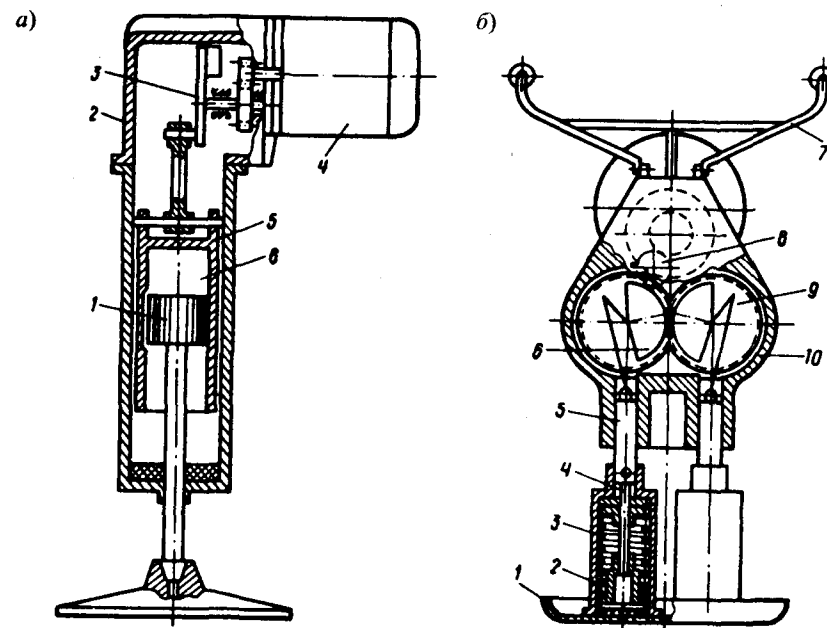


Рис. 8.40. Ручные трамбовки

подвижного цилиндра (рис. 8.40 а). Трамбовка работает следующим образом: при вращении кривошипа 3, создаваемом приводом 4, цилиндр 5, в котором размещен поршень 7, жестко связанный с башмаком, движется возвратно-поступательно. При перемещении вверх над головкой поршня-башмака создается разрежение. Под действием разности атмосферного и остаточного давлений поршень-башмак тоже перемещается вверх.

Пройдя верхнюю мертвую точку, цилиндр начинает двигаться вниз, а поршень-башмак вследствие сжатия воздушной подушки 6 постепенно теряет скорость, останавливается, а затем также, устремляясь вниз, ударяет по грунту. Далее цикл повторяется. Трамбовки с компрессионно-вакуумным ударным механизмом компактны и надежны в работе. Использование вместо пружины воздуха повышает их долговечность. Недостатком таких трамбровок является возможность оседания корпуса 2 и, в связи с этим, необходимость поддерживать трамбовку во время ее работы на определенном уровне от поверхности грунта.

В трамбовках с *пружинно-воздушным ударным механизмом* связь рабочего органа с приводом осуществляется посредством спиральной пружины и воздушной подушки, работающих последовательно. Конструкция этих трамбровок, разработанных специалистами ВНИИСМИ, обеспечивает снижение уровня вибрации корпуса трамбовки, а также уменьшение усилий, действующих на основные звенья ударного и преобразовательного механизмов.

Трамбовка с пружинно-воздушным ударным механизмом (рис. 8.40 б) имеет трамбуемый башмак 7, на котором закреплены два цилиндра 2. Эти цилиндры служат направляющими для оправок, между которыми установлены с предварительным натяжением пружины 3. В оправках имеются отверстия, через которые пропущены ступенчатые штоки 4 кривошипно-шатунного механизма 9. На кривошипных валах закреплены массы 6, взаимно уравновешенные в горизонтальной плоскости, суммарная центробежная сила которых гасит вибрацию корпуса 10. Валы приводятся во вращение от электродвигателя. При этом вращающиеся массы расположены под определенным углом к кривошипу. Вращение их синхронизировано при помощи зубчатой передачи 8.

При вращении вала электродвигателя приводятся в движение валы кривошипно-шатунных механизмов, которые сообщают трамбуемому башмаку возвратно-поступательное движение посредством ступенчатых штоков 4, ползунов 5 и пружины 3. При движении ступенчатых штоков вверх перемещаются нижние оправки, которые деформируют пружину снизу и увлекают за собой трамбуемый башмак. После перехода кривошипом верхней мертвой точки ступенчатые штоки движутся вниз, давят на верхние оправки и направляют движение трамбуемого башмака, который в конце хода наносит удар по грунту. Установка пружин в один ярус с предварительным натяжением и соединение направляющих цилиндров с трамбуемым башмаком снизили центр тяжести машины, повысили ее устойчивость, предотвратили оседание корпуса трамбовки во время ее эксплуатации и тем самым способствовали стабилизации энергии удара трамбуемого башмака, что дает возможность эффективно использовать такие трамбовки для уплотнения как несвязных, так и связных грунтов. Управление трамбовкой осуществляется при помощи рукоятки 7 и не представляет трудности.

Вибрационные плиты применяют в строительстве для уплотнения преимущественно малосвязных грунтов, гравийно-щебеночных и других материалов при небольших объемах работ в неудобных и узких местах, при обратной засыпке траншей, пазух, парковых дорожек и т.п. Их подразделяют: по способу перемещения при работе — на ручные, самопередвигающиеся, прицепные, навесные и подвесные; по характеру колебаний — с круговыми и направленными колебаниями; по виду привода вибратора — механические, гидравлические, электрические и пневматические; по массе — легкие (до 500 кг), средние (500...1 500 кг) и тяжелые (более 1500 кг).

Основной параметр поверхностных вибрационных машин для уплотнения грунта — вынуждающая сила, назначаемая по массе машины. Для легких и средних виброплит вынуждающая сила составляет, соответственно, 60...80 кН, а для тяжелых — 100...150 кН.

Частотный диапазон колебаний вибрационных плит лежит в пределах 12...50 Гц.

Наибольшее применение получили легкие самопередвигающиеся виброплиты с механическим приводом вибровозбудителя от двигателя

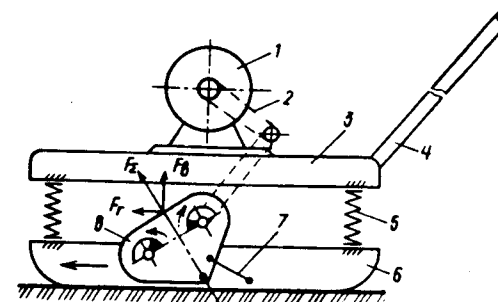


Рис. 8.41. Самопередвигающаяся виброплита

внутреннего сгорания и с ручным управлением. В этих плитах (рис. 8.41) двигатель 1 устанавливается на подрессоренной плите 3, соединенной пружинами (или резинометаллическими амортизаторами) 5 с рабочей плитой 6, на которой смонтирован наклонный центробежный вибровозбудитель 8 направленного действия. Для привода дебалансных валов используется двойная цепная передача 2, компенсирующая смещения приводного вала вибровозбудителя относительно оси двигателя.

Самопередвижение виброплит возникает от действия горизонтальной составляющей F_x , суммарной вынуждающей силы F_z , генерируемой вибровозбудителем. Горизонтальная составляющая возникает при наклоне вибровозбудителя с помощью регулировочной тяги 7. Передвижение плиты осуществляется в сторону наклона вибровозбудителя. Разворот и управление плитой осуществляются с помощью дышла 4, прикрепленного к плите через амортизаторы. На дышле смонтированы рычаги управления двигателем и вибровозбудителем. Число проходов по одному следу зависит от скорости передвижения виброплиты. При скорости 240...300 м/ч требуются 2...4 прохода. Глубина уплотнения при работе на песчаных грунтах легких и средних виброплит достигает 0,5 м при коэффициенте уплотнения 0,9. При этом эксплуатационная производительность может составить до 50 м³/ч.

Производительность (м³/ч) самоходных виброплит рассчитывают по формуле:

$$P_s = 60(B - 0,2)vhk_b / n, \quad (8.34)$$

где $(B - 0,2)$ — ширина уплотняемой полосы с учетом перекрытия следа предыдущего прохода, м; $v = 6...20$ м/мин — скорость передвижения машины; h — толщина уплотняемого слоя, м; $k_b = 0,7...0,8$ — коэффициент использования машины по времени; n — количество проходов по одному следу.

Вибрационные катки (самоходные и прицепные) предназначены для послойного уплотнения несвязных, малосвязных и гравийно-щебеночных грунтов на глубину 0,6...1,2 м. Выполняют их с гладкими, кулачковыми и решетчатыми вибровальцами. Кулачковые и решетчатые вибро-

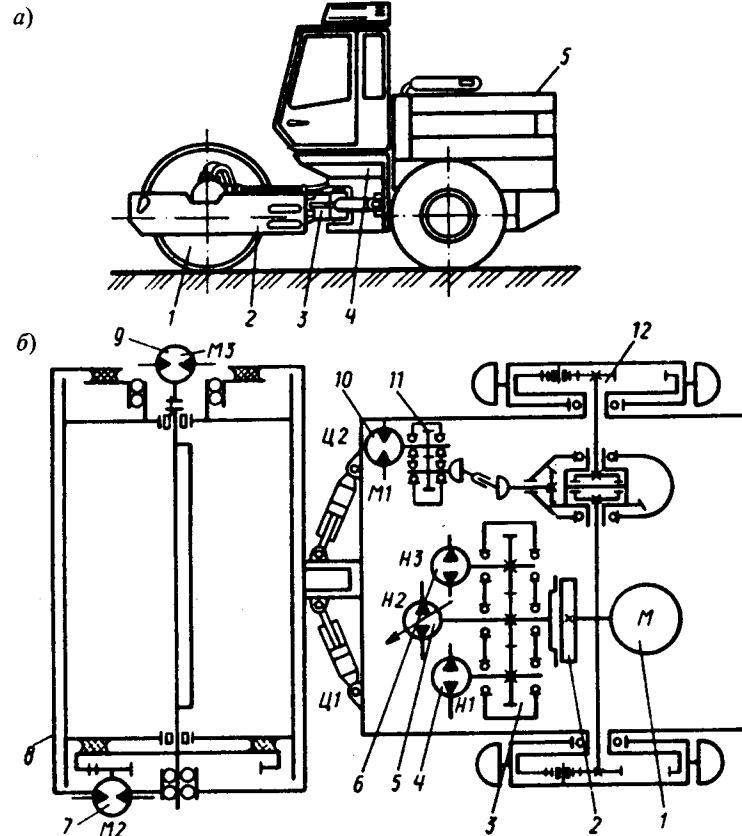


Рис. 8.42. Самоходный вибрационный каток

вальцы можно применять для уплотнения связных грунтов и бытовых отходов. Самоходные гладковальцовые виброкатки используют также для уплотнения асфальтобетонных покрытий.

По массе виброкатки подразделяют на легкие (до 2 т), средние (2...6 т) и тяжелые (более 6 т).

Самоходные виброкатки классифицируют, кроме того, по количеству и взаимному расположению валцов — одновальцовые с ручным управлением, двухвальцовые двухосные и трехвальцовые трехосные; по количеству ведущих валцов — с одним и двумя вальцами; по типу трансмиссии — с механической, гидромеханической и гидрообъемной.

Рабочим органом виброкатка является металлический валец сварной конструкции, внутри которого вмонтирован вибровозбудитель, обычно дебалансного типа, создающий круговые колебания. Привод вибровозбудителя у прицепных катков осуществляется от автономного двигателя внутреннего сгорания, установленного на раме, а у самоходных кат-

ков — от основного двигателя. Соединение вибровальца с рамой катка осуществляется посредством резинометаллических амортизаторов.

В последние годы в нашей стране и за рубежом получили большое распространение самоходные вибрационные катки на базе одноосных тягачей (рис. 8.42). Рабочий орган машины (рис. 8.42 а) — вибровалец 1 — установлен с помощью резинометаллических амортизаторов в передней полураме 2. Передняя полурама соединена с задней полурамой 4 посредством шарнирного сочленения 3, которое обеспечивает повороты полурам относительно вертикальной оси на 35° и в горизонтальной плоскости на 7° в каждую сторону. На задней полураме смонтированы дизельный двигатель 5, раздаточный редуктор, элементы гидрооборудования, кабина с системами управления, задний мост с пневмоколесами.

Вибрационные катки имеют преимущественно одну фиксированную частоту вращения вала вибровозбудителя и одно значение вынуждающей силы применительно к одному виду уплотняемого материала. Для расширения области использования на различных материалах виброкатки оснащают вибровозбудителями с двумя фиксированными частотами и двумя значениями вынуждающей силы. Это достигается с помощью раздвижных дебалансов и реверсирования гидромотора вибровозбудителя.

На рис. 8.42 б приведена кинематическая схема виброкатка. Дизельный двигатель 1 через муфту сцепления 2 и редуктор 3 приводит в работу гидронасосы привода хода 4, вибровозбудителя 5 и рулевого управления 6. Привод колес заднего моста 12 катка осуществляется с помощью гидромотора 10 через понижающий редуктор 11.

Для обеспечения необходимой проходимости катка при уплотнении сильно просадочных грунтов, когда передвижение машины затруднено, приводным выполняют и вибровалец. Момент от гидромотора 7, расположенного на передней полураме, передается через открытую механическую передачу и резинометаллические амортизаторы на вибровалец 8.

Приведение в движение вибровозбудителя осуществляется гидромотором 9. Его гидрораспределитель обеспечивает вращение гидромотора в правую и левую стороны для получения двух вынуждающих сил.

Для расчета производительности виброкатков можно использовать формулы, приведенные для катков статического действия. В зависимости от вида уплотняемого грунта виброкатки в два раза превосходят по количественным и качественным показателям эффект уплотнения, создаваемый катками статического действия аналогичной массы.

Контрольные вопросы

1. Расскажите, какова классификация современных погрузочно-разгрузочных машин?
2. Перечислите виды сменного рабочего оборудования одноковшовых погрузчиков.
3. Назовите грузоподъемные средства, которые применяются в городском хозяйстве.

4. Какие существуют типы подъемников и какова область их применения?
5. Какие краны относятся к группе стреловых самоходных кранов?
6. Напишите формулы для определения продолжительности цикла и производительности крана.
7. Расскажите, каково назначение, классификация, устройство и рабочий процесс бульдозеров с неповоротным и поворотным отвалами.
8. Дайте классификацию и опишите устройство автогрейдеров. Для выполнения каких работ их используют?
9. Как классифицируются одноковшовые экскаваторы, их основные параметры и индексация?
10. Назовите область рационального применения и особенности работы экскаваторов, оборудованных прямой и обратной лопатой.
11. Расскажите устройство и рабочий процесс ценных траншейных экскаваторов.
12. Какие особенности имеют конструкция и рабочий процесс роторных траншейных экскаваторов?
13. Напишите формулы для расчета производительности одноковшовых и многоковшовых экскаваторов.
14. Охарактеризуйте назначение, устройство и рабочий процесс бурильно-крановых машин.
15. Что такое коэффициент уплотнения и как он определяется?
16. Дайте классификацию и укажите область рационального применения катков статического действия.
17. Для уплотнения каких материалов целесообразно использовать укатку кулачковыми катками, поверхностное послойное виброуплотнение и трамбование?

Заключение

В последние годы в коммунальном хозяйстве были внедрены новые эффективные технологии и машины для содержания городских дорог и придомовых территорий. Создан типаж машин для сбора и транспортирования бытовых отходов, а для их переработки и уничтожения введены в эксплуатацию высокопроизводительные технологические комплексы.

Разработан и освоен выпуск многофункционального новейшего оборудования, используемого для благоустройства и озеленения городов. Коммунальное хозяйство получило в свое распоряжение современные высокоэффективные машины и оборудование для выполнения аварийных и ремонтных работ.

Для того чтобы рационально организовать работу указанных машин, экономично и грамотно их эксплуатировать, нужны высококвалифицированные специалисты, владеющие передовой технологией работ, творчески относящиеся к своему делу и использующие последние достижения науки и техники. Настоящее учебное пособие призвано способствовать подготовке таких инженерных кадров.

Литература

1. Атрюхин В.Г., Иевинь И.К. Рубки ухода за лесом и промежуточное лесопользование. — М.: Агропромиздат, 1985. — 225 с.
2. Баранов К.Н., Александров В.А. Проектирование лесопромышленного оборудования Учеб. Пособие / лесотехническая академия им. С.Н. Кирова. — Л., 1985.
3. Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнений природной среды. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — 286 с.
4. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И. и др. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. — М.: Машиностроение, 1977. — 568 с.
5. Голишевская В.В., Гришаев Л.В. Экологические проблемы городов. — Норильск, 2000. — 73 с.
6. Гуцелюк Н.А., Зотов В.А. Механизация работ в городском зеленом строительстве. — М.: Стройиздат, 1988. — 286 с.
7. Данилин А.В., Качегаров А.В. Энергоемкость процесса внесения удобрений в древесостой. Лесотехническая академия им. С.М. Кирова. — Л., 1985 — С. 34—37.
8. Доценко А.И. Строительные машины. — М.: Стройиздат, 2003. — 412 с.
9. Доценко А.И., Зотов В.А. Коммунальные машины и оборудование. — М.: МИКХиС, 1997. — 96 с.
10. Зотов В.А., Ильин Г.П., Шумков М.М. Механизация зеленого хозяйства: Справочник. — М.: Стройиздат, 1985. — 440 с.
11. Кормилицын В.И., Цицкишвили М.С., Яламов Ю.И. Основы экологии. — М.: Интерстиль, 1997. — 365 с.
12. Лурьев А.Б., Громбчевский А.А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. — Л.: Машиностроение, 1977, — 528 с.
13. Мирзаев Г.Г., Иванов Б.А., Щербаков В.В. Экология городского производства. — М.: Недра, 1991. — 320 с.
14. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. — М.: Высшая школа, 1980. — 423 с.
15. Охрана окружающей среды/ Под ред. С.В. Белова. — М.: Высшая школа, 1983. — 319 с.
16. Основы природопользования/ Под ред. Р.С. Потапенко. — Минск: Наука и техника, 1980. — 572 с.
17. Карабан Г.Л., Баловиц В.И., Зосов И.А. Машины для городского хозяйства. — М.: Машиностроение, 1988.
18. Пути повышения эффективности использования машин для уборки городских территорий и переработка твердых бытовых отходов (под ред. Зимина А.И. / НТО Коммунальное хозяйство. — Свердловск. 1981.
19. Санитарная очистка и уборка населенных мест (Справочник под ред. Мирного А.И.) М. — АКХ им. Памфилова К.Д. 1997.
20. Ширкин Ю.А., Пожарников Ф.В. Технология и оборудование малообъемных лесозаготовок и лесовосстановления. Йошкар-Ола. 2001 г.
21. Чернышев В.В. Механизация лесопосадочных работ. — М.: Лесная промышленность. 1978. — 160 с.

Предметный указатель

А	
Автогрейдеры	302
Автокраны	291
Автомат	6
Автоматизация	6
Автомобили грузовые	12

Б	
Базовые машины	12
Безотказность	11
Биотермический барабан	231
Бульдозеры	298
Бурильно-крановые машины	322

В	
Вакуумно-подметальная машина ...	102
Вакуумно-уборочная машина	102
Вакуум машина	210
Виброплиты	334

Г	
Газонокосилки	125
— на воздушной подушке	134
— с плосковращательным	130
режущим аппаратом	
— с вращательно-цилиндрическим	
режущим аппаратом	135
Газоочистители	163
Гидробуры	147
Генераторы аэрозольные	150
Гидромолоты	34
Гидронасосы	24
Гидрораспылители	32
Гидротрансформаторы	34
Грейфер	313
Грузоподъемные машины	276

Д	
Двигатели	
— внутреннего сгорания	23
— электрические	24
— гидравлические	26
Дождевальные установки	145
Долговечность	11

Драглайн	311
Дробилки для компоста	240

И	
Илососные машины	249

К	
Катки	
— с гладкими металлическими	
вальцами	326
— пневмошинные	329
— кулачковые	327
— вибрационные	335
Комплекс машин	7
Комплект машин	7
Клиренс	36
Компрессоры	27
Краны	
— автомобильные	291
— на спецшасси	296
— стреловые	289

Л	
Лебедки	277
Лифты	282

М	
Маневренность	11
Манипулятор	6
Машина	6
Машины для распределения	
ядохимикатов	149
Механизм	6
Механизация	6
Мобильность	11
Мотоблок	17
Мусоровозы	179
Мусороперегрузочные станции	217
Мусороперерабатывающие	
заводы	226
Мусоросжигательные заводы	241

Н	
Надежность	11

Насосы	
— шестеренчатые	25
— лопастные	26
— аксиально-поршневые	27
— радиально-поршневые	26
— водоотливные	262

О	
Обратная лопата	311
Отвалы бульдозера	300
Отказ	11

П	
Пиролиз ТБО	245
Пескоразбрасыватели	86
Пневмотранспорт ТБО	201
Погрузчики	
— одноковшовые	271
— малогабаритные	275
Подметально-уборочные	
машины	94
Подъемники	
— автомобильные	285
— грузовые	280
— грузопассажирские	282
— мачтовые	280
— шахтные	282
Поливочно-моечные машины	109
Прокладимость	36
Прямая лопата	310

Р	
Работоспособность	11
Ремонтпригодность	11
Робот	6

С	
Самоходные шасси	21
Самосвалы	16
Сепараторы	
— для извлечения черного	
металлолома	236
— цветных металлов	238
— балласта	239
Силовое оборудование	22
Системы управления	41
Снегоочистители	
— плужные	54
— плужно-роторные	68
— плужно-щеточные	59
— шнекороторные	68

— фрезерные	68
— фрезерно-роторные	68
Снегопогрузчики	74
Снегоплавильные станции	81

Т	
Тали	279
Тельферы	279
Технологический комплекс	7
Тракторы	
— гусеничные	16
— пневмоколесные	17
Трансмиссии	
— гидравлические	30
— механические	29
Трамбовки	332
Требования к машинам	
— конструктивные	9
— технологические	9
— эксплуатационные	9
— экономические	10
— патентно-правовые	10
— социальные	10
Тротуаро-уборочные машины	101
Тяговый расчет	38

У	
Уборочная машина струйного	
действия	103
Унификация	11
Устойчивость машины	11

Ф	
Фильтры	33

Х	
Ходовое оборудование	35

Ш	
Шасси самоходные	21
Шины	36

Э	
Экскаваторы	
— одноковшовые	305
— многоковшовые	317
Эрлифты	263

Я	
Ямокопатели	158

Содержание

Предисловие	3
Введение	4
Глава 1.	
Коммунальные машины и оборудование. Основные понятия	6
1.1. Классификация и общие требования к машинам и оборудованию	6
1.2. Базовые машины	12
1.3. Силовое оборудование	22
1.4. Трансмиссии	29
1.5. Ходовое оборудование	35
1.6. Системы управления	41
1.7. Техничко-экономические показатели	47
Контрольные вопросы	51
Глава 2.	
Машины и оборудование для содержания городских территорий в холодное время года	52
2.1. Технологии и способы выполнения работ	52
2.2. Снегоочистители	54
2.3. Снегопогрузочные машины	74
2.4. Снегоплавильные станции	81
2.5. Распределители технологических материалов для борьбы с гололедом	86
Контрольные вопросы	91
Глава 3.	
Машины и оборудование для содержания городских территорий в теплое время года	92
3.1. Технологии и способы выполнения работ	92
3.2. Подметально-уборочные машины	94
3.3. Поливочно-моечные машины	109
Контрольные вопросы	117
Глава 4.	
Машины и оборудование для озеленения городских территорий	118
4.1. Влияние зеленых насаждений на жизнедеятельность городов	118
4.2. Машины для подрезки растений	125
4.3. Машины и оборудование для распределения технологических жидкостей и материалов	144
4.4. Выкопочные машины	155

4.5. Ямокопатели	158
4.6. Машины для очистки газонов и дорожек от листьев и мусора	161
Контрольные вопросы	170

Глава 5.

Машины и оборудование для сбора и транспортирования бытовых отходов	171
5.1. Состав и свойства ТБО	171
5.2. Организация работ	174
5.3. Технические средства для сбора и удаления ТБО	175
5.4. Машины для сбора и вывоза ТБО	179
5.5. Пневмотранспорт твердых бытовых отходов	201
5.6. Машина для сбора и вывоза жидких бытовых отходов	210
5.7. Мусороперегрузочные станции	217
Контрольные вопросы	221

Глава 6.

Технологические комплексы для захоронения, переработки и уничтожения бытовых отходов	222
6.1. Полигоны ТБО и средства механизации работ	222
6.2. Мусороперерабатывающие заводы	226
6.3. Мусоросжигательные заводы	241
6.4. Пиролиз ТБО	245
Контрольные вопросы	247

Глава 7.

Машины и оборудование для выполнения аварийных и ремонтных работ	248
7.1. Машины и оборудование для содержания канализационных и водосточных сетей	248
7.2. Аварийные и аварийно-ремонтные машины для водопроводных сетей	261
7.3. Аварийные и аварийно-ремонтные машины для газового хозяйства	266
Контрольные вопросы	270

Глава 8.

Вспомогательные машины для выполнения работ в коммунальном хозяйстве города	271
8.1. Погрузочно-разгрузочные машины	271
8.2. Грузоподъемные машины	276
8.3. Землеройные и землеройно-транспортные машины	298
8.4. Машины для уплотнения грунтов, строительных материалов и бытовых отходов	326
Контрольные вопросы	337

Заключение	338
-------------------------	-----

Литература	339
-------------------------	-----

Предметный указатель	340
-----------------------------------	-----

Учебное издание

Доценко Анатолий Иванович

действительный член Академии жилищно-коммунального хозяйства,
профессор

КОММУНАЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Редактор *И.В. Попова*

Компьютерная верстка *М. Г. Севастьяновой*

Подписано в печать 24.08.05. Формат 60×90/16

Бумага офсетная. Гарнитура «Times».

Уч.-изд. л. 24,65. Усл. печ. л. 21,5.

Изд. № А-63. Заказ № 5057

Архитектура-С

Отпечатано во ФГУП ИПК «Ульяновский Дом печати»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14