

# СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

## Введение

Современному человеку понятно, что ни одна стройка не может обойтись без машин и механизмов самого разного назначения. Это назначение машин и механизмов должно обеспечивать выполнение многочисленных строительных работ в соответствии с технологическим процессом строительства.

**Строительство** – отрасль материального производства, обеспечивающая получение строительной продукции в результате реализации комплекса производственных процессов строительно-монтажных работ (СМР), выполняемых непосредственно на строительной площадке. Строительство включает в себя комплекс организационно-технологических процессов, состоящих из многих этапов, изучаемых в соответствующих учебных дисциплинах. Здесь же отметим, что на всех этапах современного строительного производства, в самом широком его понимании, применяются машины и механизмы.

Дисциплина «Средства механизации при ремонте и эксплуатации зданий» направлена на ознакомление будущих участников строительного производства с видами, назначением и с основными параметрами строительных машин и механизмов; это даст возможность выбирать необходимые средства механизации (комплект или комплекс машин) для конкретных условий строительной площадки или для производства строительных материалов, изделий и конструкций.

С помощью современных средств механизации осуществляется комплексная механизация строительства.

# **1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, УСТРОЙСТВО И РАСЧЁТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

Любая отрасль знаний имеет свои понятия и терминологию, с которыми предстоит нам познакомиться.

**Производственный процесс** – совокупность ряда строительных и организационных процессов, реализуемых при выполнении СМР.

**Строительными процессами** называются производственные процессы, протекающие на строительной площадке и имеющие конечными целями возведение, реконструкцию, восстановление, ремонт, разборку, передвижку зданий или сооружений.

**Классификация строительных процессов и работ.** Строительные процессы разделяют на подготовительные, транспортные, монтажные, технологические.

**Строительно-технологический процесс (СТП)** – процесс непосредственного получения строительной продукции или её элементов в результате реализации технологий строительного производства по переработке, монтажу, транспортированию исходных материалов или изделий с помощью систем строительных машин.

Технология строительного производства представляет собой обоснованную совокупность методов выполнения СМР.

**Механизированными** называются строительные процессы, в которых применяются машины. Рабочие при этом осуществляют пуск, управление и остановку машин, а также уход и постоянный контроль за работой машин.

**Комплексно-механизированными** называются процессы (в основном комплексные), в которых все входящие в их состав технологические процессы полностью механизированы.

**Автоматизированными** называют процессы, в которых использованы средства автоматизации.

**Автоматическими процессами** называют такие, которые полностью управляются, регулируются и контролируются автоматами.

**Строительные работы** складываются из строительных процессов (простых, комплексных и их сочетаний), результатом выполнения которых является определенная строительная продукция. Она должна удовлетворять требованиям проекта и соответствующим техническим условиям своими размерами, формой, структурой поверхности, положением в пространстве и качеством.

Отдельные виды строительных работ получили свое наименование или по виду перерабатываемых материалов, или по конструктивным элементам, которые являются продукцией данного вида работ. По первому признаку различают земляные, каменные, бетонные и другие работы; по второму – кровельные, изоляционные и др.

**Процессы классифицируются также** по степени участия машин и средств механизации при их исполнении.

Механизированные процессы выполняются с помощью машин. Рабочие здесь лишь управляют машинами и обслуживают их.

Полумеханизированные процессы характеризуются тем, что в них наряду с применением машин используется ручной труд.

Система машин, требуемая для выполнения годовой программы СМР строительной организации, называют парком СМ.

**Строительные машины (СМ)** являются технической составляющей строительно-технологических процессов (СТП), включающей также строительные материалы, технологии и людей, участвующих в их реализации.

**Комплект (комплекс) СМ** – совокупность взаимосвязанных СМ с учетом резервной техники, согласованная по видам реализуемых технологических (рабочих) операций, их производительности и ряду других характеристик, обеспечивающих возможность комплексного выполнения конкретного СТП. В составе комплекта выделяют ведущую СМ, обычно определяющую его

производительность. Комплектами СМ выполняются основные и большинство вспомогательных операций СТП (технологические и транспортные). При этом обеспечивается их высокая производительность и качество.

### 1.1 Классификация строительных машин

Классификация строительных машин позволяет, в какой-то мере, ориентироваться во всем многообразии средств механизации строительства.

Действующий на 2022 г. ГОСТ ISO/TR 12603-2014 [1] классифицирует машины и оборудование, используемые в строительной промышленности, в виде трех иерархических уровней и девяти групп и подгрупп. Здесь приведена классификация строительных машин, принятая в строительной практике и в действующих учебниках.

Термин строительные машины (СМ) рассматривается как собирательное понятие технических средств, используемых в строительстве, и состоящих из следующих основных классов машин: **строительно-дорожные машины (СДМ), горные машины, машины и оборудование стройиндустрии, автотракторный транспорт и коммунальные машины.**

Каждый из перечисленных классов техники имеют свою классификацию. За основу классификации СМ принимают обычно обобщенную классификацию по виду выполняемых работ (назначению), включающую следующие **подклассы:**

- 1) машины для земляных работ,
- 2) подъемно-транспортные машины,
- 3) машины для буровых работ,
- 4) машины для свайных работ,
- 5) машины для бетонных и железобетонных работ,
- 6) машины для отделочных работ,
- 7) дорожные машины,

- 8) ручные машины (механизированный инструмент),
- 9) средства автотракторного транспорта,
- 10) машины и оборудование дробления и сортировки каменных материалов.

Внутри каждого подкласса имеются отдельные группы и подгруппы машин. В состав каждой подгруппы могут входить несколько видов СМ, каждый из которых может иметь иное конструктивное исполнение – подвид, который, в свою очередь, может включать несколько моделей. Представленная классификационная структура деления носит название иерархической (упорядоченной). Различные подклассы имеют разное число иерархических уровней, определяющих их состав.

Индексация СМ включает в себя буквенно – цифровые обозначения. Начальные буквы индексации определяют подкласс или группу СМ, цифровая часть – значение главного параметра, а последующая буквенная часть, при ее наличии, очередную модернизацию модели (А, Б, В, Г ...) и основные климатические исполнения (ХЛ – для холодного климата, Т – тропического климата, ТВ – тропического влажного климата и так далее). Наиболее часто СМ основных групп указанных подклассов имеют следующие начальные буквенные индексы.

ЭО - экскаватор одноковшовый; ЭТР - экскаватор траншейный роторный; ЭТЦ - экскаватор траншейный цепной; ДЗ - землеройно-транспортная машина; ДП - машина для подготовительных работ и разработки мерзлых грунтов; КС - кран стреловой; КБ - кран башенный; СП - оборудование для погружения свай; БМ - машина бурильная; СО - машина для отделочных работ; ТЛ - лебедка; ТМ - погрузчик многоковшовый; ТО - погрузчик одноковшовый; ТП - подъемник; ТК - конвейер, питатель; КО - машина для уборки и очистки городов; ИЭ - машина ручная электрическая; ИП - машина ручная пневматическая; ИВ – вибратор. Для отдельных классов СМ в соответствующем разделе будут примеры индексации.

## 1.2 Структурная схема средств механизации при ремонте и эксплуатации зданий

**Строительная машина (СМ)** – устройство целенаправленного преобразования энергии первичной силовой установки и информации в необходимое движение рабочего органа с целью замены физического и умственного труда оператора при выполнении рабочих процессов в строительстве.

**Рабочий процесс** – процесс реализации операций, определяемых назначением СМ, осуществляемых путем целенаправленного взаимодействия её рабочего органа с объектом обработки (воздействия).

СМ, несмотря на их разнообразие по многим параметрам, часто могут иметь общую структурную и функциональную схемы.

**Структурной схемой** называют схему, определяющую основные части строения системы и их взаимодействие. Она используется на стадии общего представления об изучаемой системе. Наряду со структурной рассматривают и **функциональную схему**, отражающую функциональные связи между основными частями системы, с описанием их соответствующими математическими зависимостями.

В структурную схему СМ входят: привод, трансмиссия, рабочее оборудование, система управления (СУ), ходовое устройство (для мобильных машин) и рама (рис. 1.1).

**Привод** состоит из силовой установки (двигатель), трансмиссии и системы управления.

**Двигатель или силовая установка** – энергетическая машина, преобразующая любой вид энергии в механическую работу. В качестве двигателя в СМ чаще всего применяют электродвигатель или двигатель внутреннего сгорания (ДВС – дизельный или карбюраторный).

В качестве электродвигателей обычно применяют асинхронные трехфазные двигатели с основными параметрами: мощность, частота вращения и механическая характеристика – зависимость частоты вращения вала двигателя от крутящего момента на его валу (рис. 1.2).

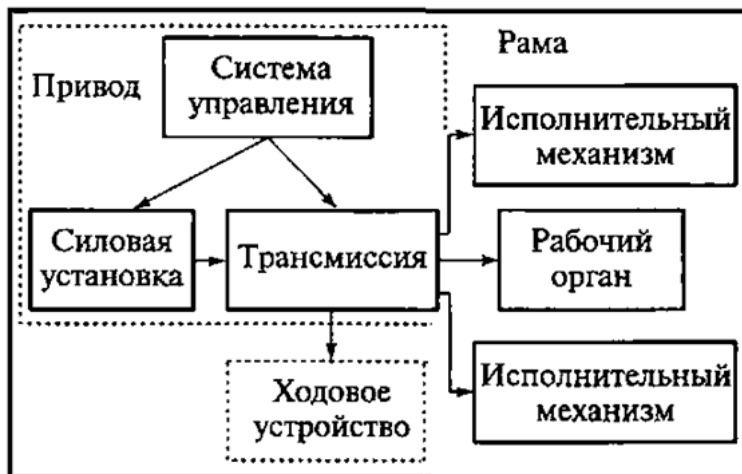


Рис. 1.1 Структурная схема строительной машины

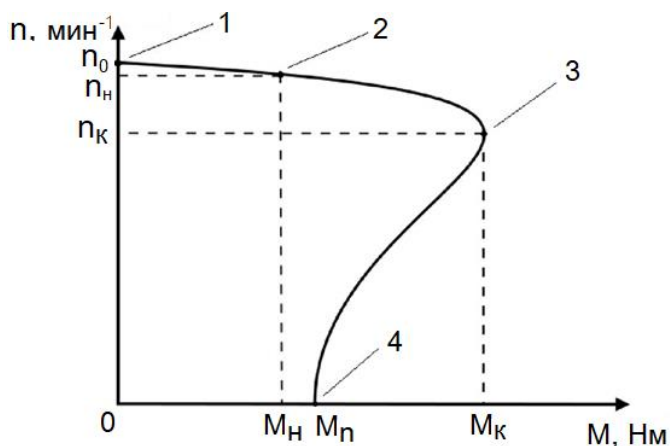


Рис. 1.2 Механическая характеристика асинхронного электродвигателя:  
1 – холостой ход, 2 – номинальные частота и момент, 3 – критическое значение частоты и момента, 4 – пусковой момент

Характеристикой ДВС называется зависимость основных показателей его работы (мощности  $N_e$ , вращающего момента на выходном валу  $M_e$ , расхода топлива  $g$ ) от одного из параметров режима работы (частоты вращения коленчатого вала  $n$ , внешней нагрузки и т. п.) (рис. 1.3).

Важное значение для двигателей представляет внешняя механическая характеристика (ВМХ) – зависимость вращающего момента на его валу от

частоты его вращения:  $M(\omega)$  или  $M(n)$ , являющейся механической реакцией двигателя на значение внешней нагрузки на его валу.

С помощью механической характеристики можно определить важные для динамических режимов работы коэффициент жесткости:  $\beta = dM / dn$ , и коэффициент перегрузки:  $k_n = M_{\max} / M_{\text{ном}}$  ( $M_{\max}$ —максимальное возможное значение вращающего момента, допускаемого двигателем;  $M_{\text{ном}}$ —номинальное значение вращающего момента, соответствующее номинальному числу оборотов стационарного режима работы).

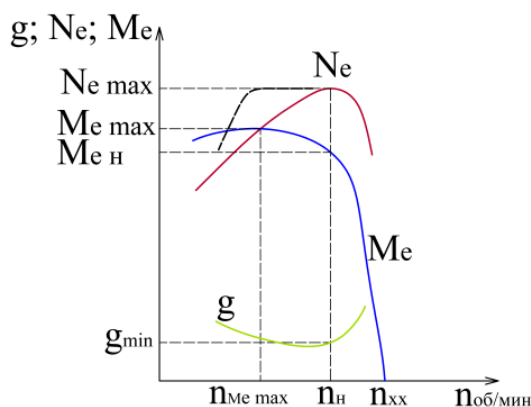


Рис. 1.3 Эксплуатационные характеристики ДВС

**Трансмиссия** – устройство, передающее энергию от силовой установки к рабочему оборудованию или исполнительному механизму. В качестве трансмиссии может быть любой передаточный механизм, основными параметрами которого являются передаточное отношение  $i$  и КПД  $\eta$ . Их можно определить из выражений:  $i = n_1 / n_2$  и  $\eta = N_2 / N_1$ , где  $n_1, n_2$  – частота вращения валов на входе и выходе трансмиссии;  $N_2$  и  $N_1$ , – мощность на выходе и на входе.

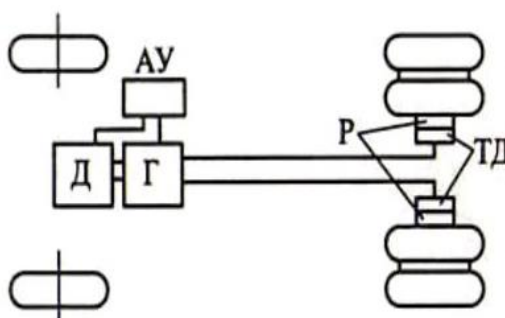
Трансмиссии бывают механические (рис. 1.4), электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные (рис. 1.5). Современные СМ чаще всего имеют гидравлический привод, что объясняется высокой удельной мощностью, более простым бесступенчатым регулированием скорости, высоким быстродействием и многими другими достоинствами по сравнению с механическим приводом. При механической трансмиссии



применяют передаточный механизм в виде коробки перемены передач (КПП) – редуктора с возможностью изменения скорости вращения.



*Рис. 1.4 Пример сложной механической трансмиссии*



*Рис. 1.5 Пример электромеханической трансмиссии*

*Д – двигатель, Г – генератор, АУ – аппараты управления,*

*Р – регулятор, ТД – тяговый двигатель*

**Система управления** – комплекс устройств управления, обеспечивающий функционирование СМ в соответствии с назначением, предъявляемыми показателями качества.

Основными характеристиками системы управления являются показатели устойчивости её функционирования (коэффициент запаса устойчивости) и качества (точности управления и быстродействия). Система управления включает: устройство управления, производящее формирование и выдачу управляющих воздействий в силовые цепи привода; пульт управления, обеспечивающий ввод задания в виде программы или отдельных команд оператора; алгоритм управления, определяющий последовательность реализации программы управления.

Классификация систем управления: по степени участия оператора (ручные; системы автоматического управления (регулирования), управление в интерактивном режиме); по расположению пульта управления (со встроенным и выносным «дистанционные» пультом управления); по назначению (рабочим и ходовым оборудование; первичными силовыми установками; распределение мощных потоков; защиты, контроля, диагностирования технических параметров); по виду решаемых задач (стабилизирующие; программные; оптимизирующие).

Существуют адаптивные системы автоматизированного управления, которые предназначены для работы в неизвестных или изменяющихся во времени условиях, что часто характерно для СМ циклического действия.

**Рабочее оборудование строительных машин** – система механизмов, участвующих в непосредственной реализации рабочего процесса. Рабочее оборудование включает рабочий орган, механизмы крепления его к раме машины и исполнительное устройство привода.

Рабочее оборудование по технологическому назначению разделяют на группы по аналогии с классификацией СМ: грузоподъемное, погрузочно-разгрузочное, землеройное, уплотняющее, дробильное, сортировочное, отбойки и бурения и другое.

**Рабочими органами СМ** являются детали или механизмы, непосредственно взаимодействующие с объектом (средой) обработки.

Размеры рабочих органов входят в число основных, а иногда и главных параметров СМ. Например, вместимость ковшевых рабочих органов часто является главным параметром всей машины (одноковшовые экскаваторы, скреперы и пр.).

Если СМ оснащают различными видами рабочих органов (инструментов), или разными видами рабочего оборудования, то они называются **универсальными**, т.е. выполняющими различные виды рабочих процессов: копанье грунта, его уплотнение, бурение и пр.

Характеристиками рабочего оборудования является:

- виды выполняемой операции, определяющей его технологическое назначение;
- зона действия и рабочая зона, определяющие части пространства перемещения рабочего органа соответственно в холостом и рабочем режимах;
- диапазон усилий, реализуемых на рабочем органе и их характер;
- формы и размеры рабочих органов. Первые определяют их название: ковшевые, отвальные, а вторые часто являются главными параметрами СМ.

**Ходовое оборудование** в составе ходовой части и привода хода обеспечивает возможность передвижения машины в результате взаимодействия движителя с основанием, путем создания тягового усилия.

В качестве движителей наиболее широко используются рельсовые и пневматические колеса, гусеницы. Кроме движителя, в состав ходового оборудования входят подвеска – устройство для соединения их с рамой машины, и исполнительные устройства, обеспечивающие непосредственную передачу движения на ведущие движители.

Машины, оснащённые приводом хода, называют самоходными. Упруго-демпфирующие подвески, используемые в них, обеспечивают возможность реализации высоких скоростей движения (до 60 - 80 км/ч, при требуемой плавности хода). Машины, не имеющие привода хода, называются передвижными.

Основными характеристиками ходового оборудования являются:

- тягово-скоростная в диапазоне возможных скоростей передвижения,
- величины удельных давлений на основание,
- общий коэффициент сцепления движителя с основанием,
- общий коэффициент сопротивления передвижению.

Часто мобильная СМ состоит из самоходного шасси, являющегося мобильной энергосиловой установкой, и рабочего (технологического) оборудования.

**Самоходные шасси (СШ)**, как базовые машины, включают в себя несущую опорную конструкцию – само шасси, называемое рамой или остомом с ходовой частью, привод передвижения (хода), систему рулевого управления.

В СМ в качестве базовых машин (самоходных шасси) используют промышленные трактора и тягачи, автомобили, а также специальные шасси, в основном пневмоколесные, гусеничные, рельсо-колесный, реже шагающие и другие.

Дополнительно к указанным выше характеристикам ходового оборудования, СШ еще характеризуют: диапазон рабочих и транспортных скоростей передвижения; нагрузка на ведущий мост ( $G$ ) (для пневмоколесных СШ) и грузоподъемность ( $g$ ); мощность установленного двигателя и массу СШ; крутизна трассы  $i = \operatorname{tg} \alpha$ , где  $\alpha$  – угол ее подъема или уклона; проходимость (способность преодолевать неровности местности с продольным и поперечным уклоном); обобщенные (в целом для СШ) значения коэффициентов сопротивления передвижению  $f$  и сцеплению  $\phi$ ; маневренность (способность разворачиваться в стесненных условиях с минимальным радиусом поворота); вместимость топливного бака; геометрические параметры шасси (база, колея, дорожный просвет, габаритные размеры); масса. Важнейшими характеристиками самоходных шасси являются устойчивость от опрокидывания и плавность хода.

**Рамы** строительных машин служат базой для крепления на них всего оборудования, например, рабочего, и механизмов. Рамы многих самоходных СМ являются опорой для опорно-поворотного круга и поворотной платформы.

### **1.3 Производительность строительных машин**

**Производительностью машины** называют количество продукции, произведенное ею в единицу времени при выполнении рабочего процесса.

В зависимости от вида работ она может быть массовой (**т/час**) или объемной (**м<sup>3</sup>/час**), а также измеряется **м<sup>2</sup>/час, м/час, штуками/час**.

Различают три категории производительности: конструктивную (теоретическую), техническую и эксплуатационную.

**Конструктивная (теоретическая) производительность** используется на стадиях создания машины и является отражением ее технических возможностей применительно к расчетным режимам и условиям работы. Ее рассчитывают за час непрерывной работы с учетом характера рабочего процесса, реализуемого СМ.

Для СМ цикличного действия, обеспечивающих порционную за цикл продолжительностью  $T_{\text{ц}}$ , с выработку продукции  $Q$ , м, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>, т, шт, она определяется по формуле:

$$P_k = 3600Q / T_{\text{ц}} = 60Qn_{\text{ц}} \quad (1.1)$$

где  $n_{\text{ц}}$  – число циклов в минуту.

Для СМ непрерывного действия при непрерывно-выдаваемом потоке продукции со скоростью  $V$ , м/с с погонным значением количества продукции на 1 метр потока  $q$ , производительность определяют по формуле

$$P_k = 3600qV. \quad (1.2)$$

Для СМ непрерывного действия при пошаговой  $S$ , м выдачи продукции с числом разгрузок в минуту:  $n_{\text{ц}} = V / S$ , по формуле (1.1).

**Техническая производительность ( $K_T$ )** – максимально возможная производительность, реализуемая машиной в производственных условиях, обычно так же за час непрерывной работы.

Учет этих условий в общем случае определяется коэффициентом технологичности

$$K_T = P_T / P_k. \quad (1.3)$$

Техническая производительность входит в число основных показателей СМ, и для многих машин непрерывного действия является главным.

**Эксплуатационная производительность** ( $P_э$ ) не является показателем только СМ, в виду того, что кроме технических возможностей машины она отражает степень организации и производства работ на строительном объекте. Это учитывается коэффициентами использования машины по времени ( $K_в$ ), отражающим в совокупности степень надежности машины и организацию работ при ее эксплуатации, и коэффициентом управления ( $K_у$ ), отражающим степень квалификации оператора по управлению машиной. Расчет эксплуатационной производительности ( $P_э$ ) проводят для различной продолжительности эксплуатации: за час, смену, месяц, год.

Связь между эксплуатационной и технической производительностями выражается так:

$$P_э = P_m K_у K_в. \quad (1.4)$$

При эксплуатации СМ категория технической производительности используется при формировании комплектов СМ, а эксплуатационной – при взаиморасчете заказчика с подрядчиком.

Для оценки различных категорий производительности в конкретных условиях эксплуатации СМ можно использовать метод математического моделирования, учитывающий особенности данной строительной площадки. Это позволяет выбрать требуемый комплект СМ или отдельную машину наилучшим образом.

Важнейшей частью привода СМ является силовая установка и такой ее параметр как мощность. В общем случае мощность  $N$  двигателя определяется как работа в единицу времени или в виде

$$N = Fv = M\omega, \quad (1.5)$$

где  $F$ ,  $M$  – суммарная или приведенная сила или крутящий момент сопротивления, учитывающие как полезные силы сопротивления, связанные с назначением СМ, так и вредные силы сопротивления в виде трения, сопротивления среды и тому подобное;  $v$ ,  $\omega$  - скорость точки приложения силы или угловая скорость вращения крутящего момента.

Суммарная или приведенная сила или крутящий момент сопротивления СМ обычно определяются исходя из требуемой производительности СМ и для конкретной машины имеют свое выражение.

Для всех самоходных машин существует такой важный параметр как **тяговая способность**, которая определяется по мощности двигателя, чтобы он не заглох при выполнении требуемой работы, и по сцеплению с основанием, по которому перемещается машина, чтобы она не буксовала.

Для расчета эффекта сцепления движителей машины с основанием, используют значение коэффициента сцепления  $\phi_{сц}$ , через который выражают возможное значение силы тяги по условию сцепления:

$$P_{сц} = G_{сц} \cdot \phi_{сц} \quad (1.6)$$

где  $G_{сц}$  – сцепной вес машины, рассматриваемый в виде вертикальной реакции поверхности передвижения, действующей на движители, к которым осуществляется подвод крутящего момента от привода. Его определяют как:

$$G_{сц} = G \cdot \xi \quad (1.7)$$

где  $\xi$  – коэффициент использования сцепного веса.

Силу тяги, которую может создать привод машины, на движителе называют силой тяги « по двигателю». Её называют касательной силой тяги и определяют по выражению:

$$P_K = P_{дв} = M \cdot i_{мп} \cdot \frac{\eta_{мп}}{r} \quad (1.8)$$

где  $M$  - номинальный момент двигателя,  $r$  – радиус колеса для колёсных машин или ведущей звёздочки для гусеничных.

Реально реализуемое значение тягового усилия в общем случае является минимальным из двух приведённых выше:

$$P_K = \min\{P_{сц}; P_{дв} = P_K\} \quad (1.9)$$

При движении машины в транспортном режиме, она преодолевает ряд сопротивлений, направленных вдоль оси её движения, качению  $W_f$ , подъёму трассы  $W_h$ , ветровой нагрузке  $W_w$ , разгону  $W_j$ .

Уравнение равновесия машины вдоль оси её движения называют тяговым балансом и записывают обычно в удельной форме (к силе тяжести машины):

$$\frac{P - W_w}{G_M} = \frac{W_f \pm W_h \pm W_j}{G_M} = f \pm i \pm \frac{j}{g} \quad (1.10)$$

где знаки «+» соответствуют режиму подъёма и разгона с ускорением  $j$ , а знаки «-» – спуска и торможения.

Левая часть этого уравнения, зависящая только от конструктивных параметров машин, называется динамический фактор машины ( $D_m$ ), рассчитываемый для скоростных режимов движения, формирующих значимое значение  $W_w$

$$D_M = \frac{P_K - W_w}{G_m}. \quad (1.11)$$

При малых скоростных режимах, когда  $W_w \approx 0$ ;  $P = P_{цс}$ , различают сцепной фактор:

$$D_{цс} = G_{цс} \cdot \frac{\varphi}{G_M} = \varphi \cdot \zeta \quad (1.12)$$

Значение динамического и сцепного факторов определяются скоростными режимами движения машины и степенью её загрузки.

В правой части (1.10) представлены характеристики, определяющие режим движения: сопротивление качению машины  $f$ , зависящее от параметров ходовой части и поверхности движения; крутизна трассы  $i$ ; удельное (к ускорению свободного падения  $g$ ) ускорение разгона (замедление, торможение).

Степень загрузки оценивают коэффициентом использования машины по грузоподъёмности  $0 \leq K_\Gamma \leq 1,0$ . При грузоподъёмности  $g_m$  сила тяжести загруженной машины, с коэффициентом  $K_\Gamma$  составит:

$$G_{K\Gamma} = G_0 + K_\Gamma \cdot g_m \quad (1.13)$$

Значение динамического фактора при произвольном  $K_\Gamma$ :

$$D = D_{1,0} \frac{G_0}{G_0 + K_\Gamma \cdot g_m} \quad (1.14)$$

Значение сцепного фактора при произвольном  $K_\Gamma$ :



$$D_{сц} = D_{сц1,0} \frac{G_0}{G_0 + K_{\Gamma} \cdot g_m} \quad (1.15)$$

где индекс 1,0 означает, что значение фактора  $D$  и  $D_{сц}$  соответствует  $K_{\Gamma} = 1$ ;  $G_0$  - сила тяжести машины при  $K_{\Gamma} = 0$ .

Семейство графиков, отражающих функциональные зависимости динамического фактора, при  $K_{\Gamma} = 0$ , от скорости движения машины при всех передачах коробки перемены передач (КПП) в виде  $D_{1,0} = D(V_j)$ , называют динамической характеристикой машины. Эти графики, отражающие зависимости (1.14) и (1.15), называют нагрузочными характеристиками динамического и сцепного факторов. Их точки пересечения соответствуют предельным скоростным режимам, реализуемым без буксования ( $P_{дв} = P_{сц}$ ).

На рис. 1.6 – динамический паспорт машины с механической трансмиссией, имеющей КПП с четырьмя передачами (скоростями) I÷IV.

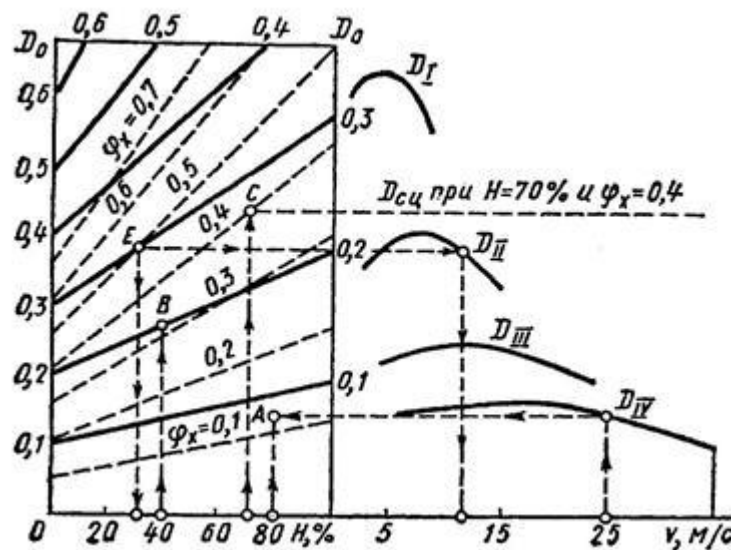


Рис. 1.6 Динамический паспорт автомобиля

Динамический паспорт машины позволяет выбрать ее скоростной режим при заданной степени загрузки с оценкой режима буксования.

## 1.4 Базы данных по средствам механизации при ремонте и эксплуатации зданий

Приводимая ниже информация имеет целью в какой-то степени психологически подготовить будущих работников строительной отрасли к новым тенденциям, которые развиваются очень быстро, некоторые из которых, например, BIM – моделирование, 3D печать, уже активно внедряются и применяются.

**База данных (БД)** – совокупность данных, организованных по определённым правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными, независимая от прикладных программ. Эти данные относятся к определённой предметной области и организованы таким образом, что могут быть использованы для решения многих задач многими пользователями. Таким образом, база данных включает в себя набор постоянных данных, систему управления данными.

Базы данных средств механизации строительства можно найти по конкретному виду техники, по данным фирм-производителей и на торговых площадках. Также можно искать в международных базах данных, включая РФ, например, база данных национального агентства финансовых исследований.

В отличии от **баз данных** существуют **BigData** или **большие данные** — это структурированные или неструктурированные массивы данных большого объема, обрабатываемых с помощью специальных инструментов (термин BigData появился в 2008 г. и вызван взрывным ростом объемов информации в мире). Понятие **больших данных** подразумевает работу с информацией огромного объема и разнообразного состава, весьма часто обновляемой и находящейся в разных источниках в целях увеличения эффективности работы, создания новых продуктов и повышения конкурентоспособности.

Применение **больших данных в отрасли строительных машин** на 2022 г. пока еще в самом начальном состоянии. Однако из опыта передовых отраслей оно может дать огромный эффект: наличие соответствующих датчиков позволяет следить за состоянием оператора и машины с целью предотвращения нештатной ситуации или определение в реальном времени остаточного ресурса СМ; в случае нештатной ситуации автоматическое принятие решения по ее устранению; решение логистических задач по запасным частям, топливу и другим расходным материалам; и другое.

В сквозных цифровых технологиях существует понятие **блокчейн (Blockchain)** — это распределённая база данных, у которой устройства хранения данных не подключены к общему серверу. Эта база данных хранит постоянно растущий список упорядоченных записей, называемых блоками. Каждый блок содержит метку времени и ссылку на предыдущий блок. Данные, которые попали в блокчейн, остаются там навсегда.

**Комбинация технологий Blockchain и BigData не имеет себе равных.** Технологии Blockchain прекрасно справляются с требованиями и задачами BigData, обеспечивая прозрачность и безопасность. К преимуществам использования блокчейна относятся: децентрализация, гибкость, прозрачность, безопасность; к преимуществам больших данных — повышенная продуктивность, экономия времени и денег, улучшение процесса принятия решений, лучшее обслуживание клиентов. Вместе с тем, не нужно во всех проектах объединять блокчейн и большие данные, например, из-за разной скорости обработки данных.

#### **1.4.1 Понятие аддитивных технологий в строительстве**

Аддитивные технологии (AdditiveManufacturing – от слова аддитивность, то есть прибавляемый) в строительстве сводятся к послойному наращиванию строящегося объекта с помощью уже известной и применяемой в

промышленности 3D печати. Применение 3D печати может сократить сроки строительства и затраты на него.

Для применения этого метода разрабатывается компьютерная 3Д-модель; затем файл с трехмерной моделью загружается в аддитивный аппарат, с помощью которого происходит сооружение объекта.

Применение метода аддитивных технологий в строительстве имеет большие перспективы благодаря своим **достоинствам**: сокращение сроков строительства; уменьшение отходов строительства; уменьшение расхода материалов; быстрая переналадка на изготовление оригинального, например, дизайнерского проекта; возможность создания элементов сооружения высокой сложности со встроенными коммуникациями; геометрическая точность создаваемых элементов и сооружения в целом; экологичность процесса и готового изделия; быстрое строительство типового (или) временного поселения; небольшие затраты на обучение операторов 3D принтеров и уменьшение рабочего персонала.

Наряду с большими достоинствами, метод аддитивных технологий имеет и большие **недостатки**: большие затраты при единичном, а не массовом, применении; пока фундамент и плиты перекрытия не создаются с помощью 3D печати; трудности с термо- и гидроизоляцией сооружения; создаваемая 3D принтером поверхность изделия, например, стены, требует доработки, например, выравнивания и дизайнерских решений; ограниченный список применяемых материалов, отвечающих специфическим требованиям применения в 3D принтерах, в том числе, и по механическим свойствам; метод пока применим в малоэтажном строительстве и только при положительной температуре окружающей среды.

В курсе дисциплины средств механизации строительства мы не будем рассматривать подробности технологии 3D печати. В 3D принтер входит печатающая головка с соответствующими устройствами подачи материала. А вот необходимое перемещение часто обеспечивается с помощью машин,

работающих по принципу работы рассматриваемых в нашем курсе порталного или мостового крана (иногда специального порталного сооружения), кранового манипулятора или специального манипулятора или робота. Эти машины будут рассмотрены в соответствующих разделах.

Рассмотрим возможное применение СМ на подготовительных мероприятиях применения аддитивных технологий в строительстве. Перед тем, как начинать возводить запланированный дом на 3D принтере, необходимо основательно подготовиться к предстоящему процессу.

1. Подготовить соответствующую площадку, где будет проводиться весь строительный процесс. Для этого по обычной технологии проводится весь комплекс подготовительных операций с возможным применением таких строительных машин, как кусторезы, корчеватели, бульдозеры, экскаваторы, буровые установки и другие.

2. Возведение крепкого фундамента для запланированного сооружения с применением крана, автобетоновоза; возможно применение бетононасоса, сваебойного оборудования и другое.

3. Требуется, чтобы вся окружающая местность имела ровную поверхность — это необходимо для правильной установки принтера и его дальнейшей работы. Здесь опять возможно применение, например, бульдозера и автогрейдера.

4. Доставить необходимые материалы и все оборудование для 3D печати. Для этого тоже необходимы грузовые транспортные средства, кран-манипулятор и другая техника.

По машинам, перемещающим печатающую головку 3D принтера, различают порталный строительный принтер; трёхосевой (дельтовидный) принтер, в котором с помощью системы рычагов перемещается печатающая головка в пространстве для создания отдельных строительных блоков или элементов декора сооружения; крановый принтер с манипулятором и робот 3D принтер строительный.

## 2 ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Подъемно-транспортные машины (ПТМ) представляют собой расширенный класс СМ, включающий грузоподъемные (ГПМ), машины непрерывного транспорта (МНТ), погрузочно-разгрузочные машины (ПРМ). В строительно-технологических процессах (СТП) эти машины осуществляют внутристроительные транспортные операции материалов по трассам, имеющим в общем случае вертикальные, наклонные и горизонтальные участки. В связи с этим они получили название подъемно-транспортных машин. На рис. 2.1 показана классификация ПТМ, составляющие которой будут рассмотрены отдельно.

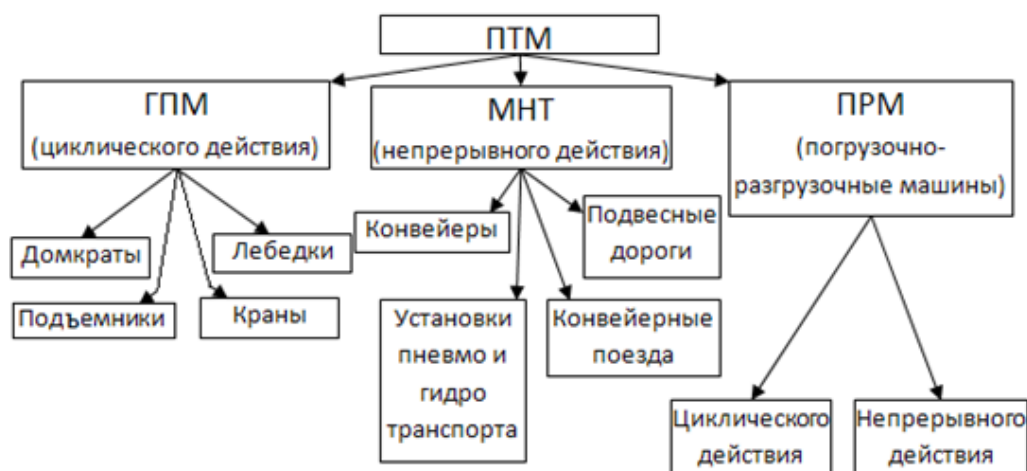


Рис. 2.1 Классификация ПТМ

### 2.1 Грузовые, тяговые и рабочие органы ПТМ

Грузовыми, тяговыми и рабочими органами ПТМ являются стальные канаты, ленты, цепи, крюки и ковши, то есть те элементы, которые воспринимают нагрузку ПТМ.

**Стальные канаты** ПТМ используют в качестве грузовых (подъемных), тяговых, оттяжных и несущих органов. Канаты изготавливают путем свивки проволок в пряди, а прядей в канат. Материал канатной проволоки – углеродистая сталь с исходным пределом прочности 600 МПа, который

повышают при предварительной обработке до 2000 МПа. При этом канаты приобретают высокую гибкость, достаточную прочность и долговечность. Чаще всего применяют канаты одинарной и двойной свивки (рис. 2.2).

В индексации канатов отражен также характер контакта между проволоками: ТК - точечный, ЛК - линейный, ТЛК - комби, и их диаметр: О – одинаковый, Р – разный.

В грузоподъемных машинах, как правило, применяют канаты типа ЛК-Р – с разным диаметром проволок по слоям прядей. В сравнении с канатами типа ЛК-О они обеспечивают лучшее заполнение сечения прядей, что повышает нагрузочные характеристики. В маркировке каната указываются также число прядей и количество проволок в каждой.

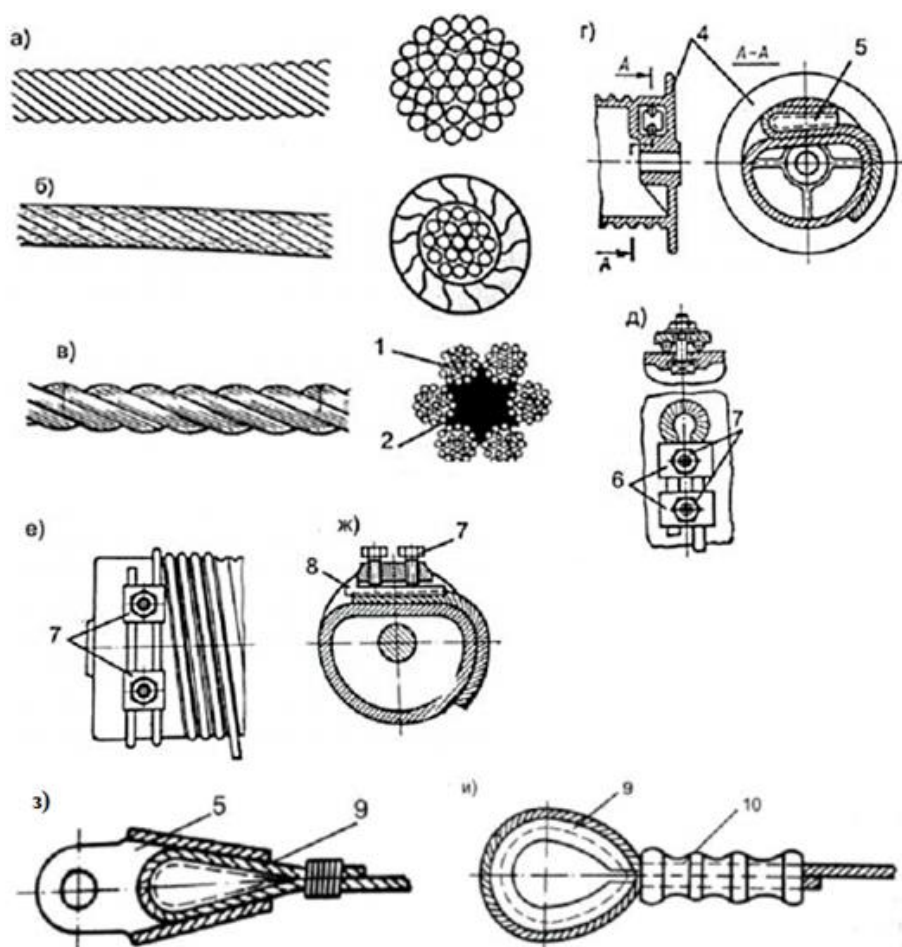


Рис.2.2. Стальные канаты и способы их крепления:  
а, б - одинарной, в - двойной свивки; 1 - пряди; 2 - сердечник;  
3 - оплетка; г - ж - крепление к барабану; з, и - к коушу (петле);  
4 - барабан, 5 - зажимной клин, 6 - планки, 7 - болты, 8 - закладная чека,  
9 - коуш (петля), 10 - винтовая стяжка

Стальные канаты характеризуют диаметром, прочностью используемой проволоки, определяющей маркировочную группу, и предельным значением разрывного усилия, которое рассчитывают как произведение максимального статического усилия в канате и коэффициента запаса прочности, принимаемого в зависимости от возможных условий работе по нормативным документам.

Подбор канатов производят по критериям их прочности и жесткости. Для безопасной работы ПТМ регулярно следят за состоянием канатов, подвергаемых износу, контролируя при этом число оборванных проволок на шаге свивки для сравнения с нормативами.

**Полиспаст** – система подвижных и неподвижных блоков, помещенных в подвижную и неподвижную обоймы и огибаемых канатом; предназначен для выигрыша в силе (грузовые) или пути (подачи) (рис 2.3).

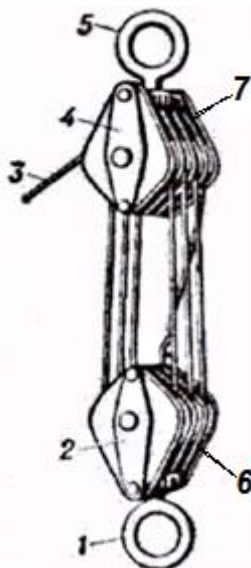


Рис.2.3. Полиспаст:

- 1 - кольцо для подвески груза; 2 – подвижная обойма;  
 3 – сбегающая на лебедку ветвь каната; 4 – неподвижная обойма;  
 5 – серьга для подвески полиспаста; 6 – подвижные блоки;  
 7 – неподвижные блоки

Кратность полиспаста может быть выражена через его передаточное отношение  $i_{\text{пол}} = v_k / v_{\text{гр}}$  ( $v_k, v_{\text{гр}}$  - скорости тяговой части каната и перемещения груза) и КПД полиспаста ( $\eta_{\text{пол}}$ ), определяемый по формуле:

$$\eta_{\text{пол}} = i_{\text{пол}} \eta_{\text{пол1}} \approx i_{\text{пол}} \eta_{\text{бл}}^j \quad (2.1)$$

где  $\eta_{\text{пол1}}$  – КПД полиспаста с  $i_{\text{пол}} = 1$ ;  $\eta_{\text{бл}}^j$  – КПД одного блока;  $j$  – число блоков.



**Ленты** – тяговые и грузонесущие органы (конвейеров), состоящие из резиновой обкладки, внутри которой завулканизирован силовой (тяговый) каркас (рис. 2.4).

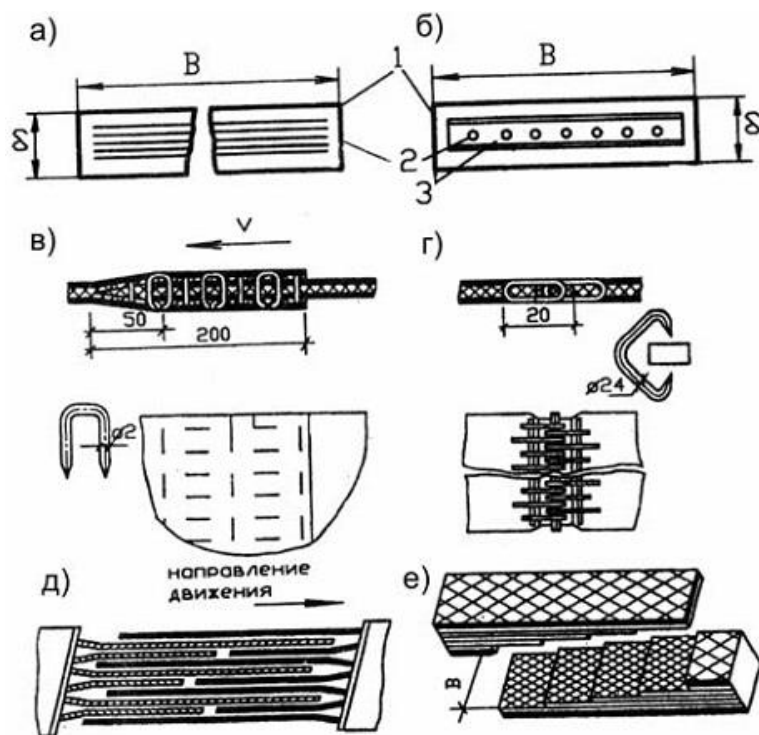


Рис.2.4. Конструкции конвейерных лент и схемы соединения их концов:  
а - резинотканевая; б - резинотросовая; 1 - резиновые обкладки,  
2 - каркас, 3 - прокладки; в - е - схемы соединений: в, г - скобами;  
д, е - вулканизацией

Форма поперечного сечения ленты прямоугольная  $B \times \delta$  со скругленными углами. При этом силовой каркас выполняется из тканевых и синтетических материалов в виде набора прокладок (рис. 2.4, а) толщиной  $\delta_1$  каждая, число которых зависит от характеристик прокладок, допустимой нагрузки, приходящейся на единицу ширины одной прокладки. В лентах магистральных конвейеров применяют канатный (тросовый) силовой каркас (рис.2.4, б). Оба типа лент применяют в широком диапазоне температур (от  $-45$  до  $+60$  °C).

Ширина лент составляет до 2000...3200 мм, а их прочность - до 6000 Н/мм<sup>2</sup>. С целью снижения массы лент, особенно резинотросовых, все шире используется силовой каркас из полиамида, обладающий высокой прочностью и малым удлинением.

**Цепи** используют в ПТМ в качестве грузовых (рис. 2.5) и тяговых (рис. 2.6) органов. Они состоят из отдельных звеньев повышенной прочности, шарнирно соединенных между собой. Это определяет их высокую нагрузочную способность при большей, по сравнению с канатами, погонной массе и меньшую скорость передвижения при выполнении тяговых функций. Подбор цепей производят по разрывному усилию с учётом коэффициента запаса прочности.

**Грузозахватные устройства (грузовой крепеж)** ПТМ бывают универсальные в виде крюков, петель, крюковых обойм и специальные в виде строп, траверс, захватов, ковшей, бадей, используемых для штучных, насыпных и пластичных грузов (рис. 2.7...2.9). Их главным параметром является грузоподъемность.

Стропы выбирают по грузоподъемности и особенностям груза: симметричность формы, габариты, хрупкость, конфигурация. Важным параметром является температура, в которой будут проводиться работы, и агрессивность среды.

Для обеспечения безопасности работ со стропами, нормативные документы требуют регулярно их осматривать с целью выявления дефектов и своевременной выбраковки.



*Рис. 2.5 Цепи грузовые пластинчатые и круглозвенные с длинным и коротким звеном*



Рис. 2.6 Цепи тяговые пластинчатые и круглозвенные



Рис.2.7. Универсальные грузозахватные устройства:

1,9 – винтовые стяжки (талреп); 2 – карабин;  
3 – блок одинарный; 4 – скоба такелажная; 5 – крюк;  
6 – зажим для стальных канатов; 7 – блок двойной; 8 – вертлюг;  
10 – крюковая обойма с 4-х кратным полиспастом

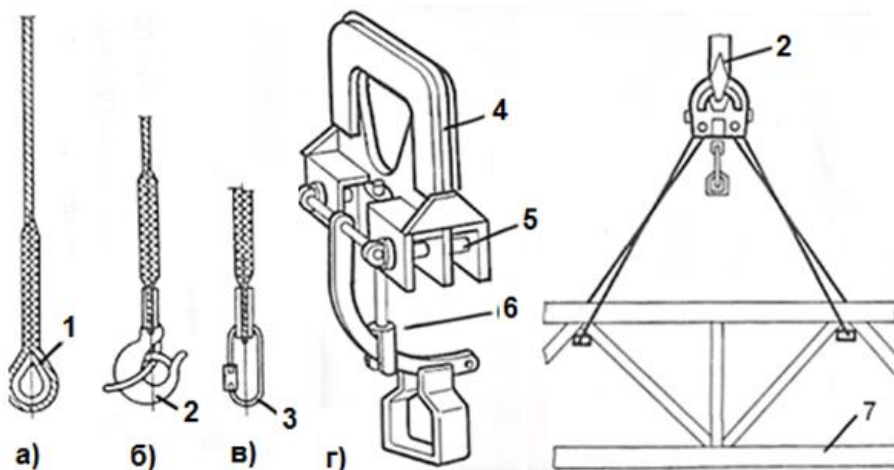


Рис. 2.8 Стропы:

а, б, в – универсальные (с петлей, крюком, карабином);  
г – полуавтоматические с серьгой;  
1 – петля; 2 – крюк; 3 – карабин; 4 – серьга; 5 – запорный  
штифт; 6 – механизм запирающий; 7 – монтируемая конструкция



Рис. 2.9 Стропы канатные: кольцевой, одинарные, двух-, трех- и четырехветвевые



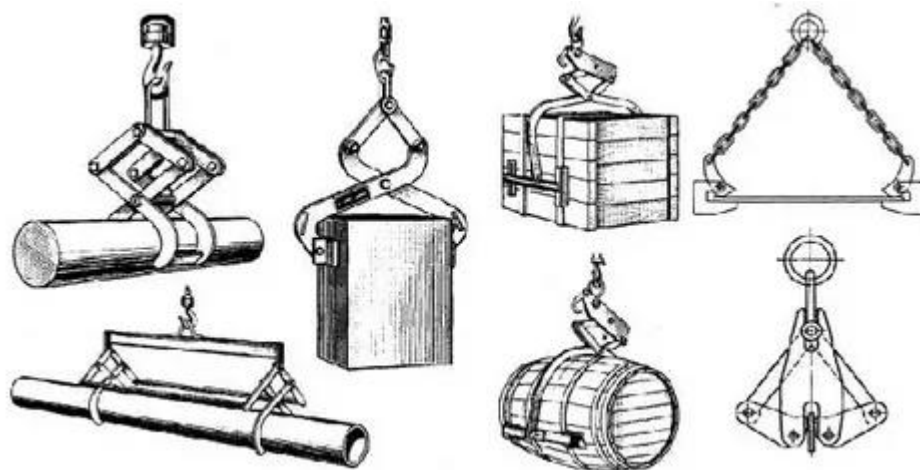
Рис. 2.10 Стропы цепные



Рис. 2.11 Стропы текстильные



Рис. 2.12 Траверсы для протяженных и объемных грузов



*Рис. 2.13 Примеры применения захватов для разных штучных грузов*



*Рис. 2.14 Ковш для сыпучих грузов и грейферный, бадья и тара для бетона и раствора*

## 2.2 Грузоподъемные машины

При любом строительстве или производстве строительных материалов, изделий и конструкций применяют грузоподъемные машины и механизмы.

Грузоподъемные машины составляют группу ПТМ циклического действия, осуществляющих перемещение различных штучных грузов (сыпучих и пластичных в отдельной таре или емкости), по трассе, траектория которой определяется конкретными условиями строительной площадки.

Основными обобщенными характеристиками ГПМ являются:

- грузоподъемность  $Q$ , т или кг массы поднимаемого груза;
- высота подъема  $H$ , м;

- скорость подъема  $V_{\text{п}}$  и опускания  $V_{\text{о}}$ , м/с;
- усилие в тяговом органе (канате, цепи) при его наличии  $S$ , Н или кН.

ГПМ работают в повторно-кратковременном режиме, определяющем нагружение в соответствии с группой классификации (режим работы характеризует интенсивность использования ГПМ по массе поднимаемых грузов и по количеству их подъемов за нормативный срок службы).

К числу определяющих параметров относят:

- продолжительность включения:

$$\text{ПВ}\% = (t_p / t_{\text{ц}}) \times 100\%,$$

где  $t_p$  – время работы механизма в течение нормированного временного периода (цикла);  $t_{\text{ц}}$  – продолжительность цикла, включающая перемещение груза по заданной траектории и возврат в исходное положение;

- количество включений  $z$  механизма в час характеризует интенсивность использования механизма (в ГОСТ 34017-2016 [2] диапазон от 40 до 640 возможных значений  $z$  разбит на пять интервалов);

$C$  – число циклов работы, например, для механизмов подъема ( $C = 10\text{ПВ} (V_{\text{п}} + V_{\text{оп}}) / H$ , где  $V_{\text{п}}$  – нормальная скорость подъема, м/с;  $V_{\text{оп}}$  – скорость опускания порожнего крюка, м/с;  $H$  – расчетная высота подъема груза, м.

Для механизмов, и в целом для кранов, важным является установление паспортной группы из классификации, отражающей режимы их эксплуатации в конкретных условиях (см. далее). Классификация основных подгрупп ГПМ, принятая на практике, представлена на рис. 2.15 с указанием основных параметров.



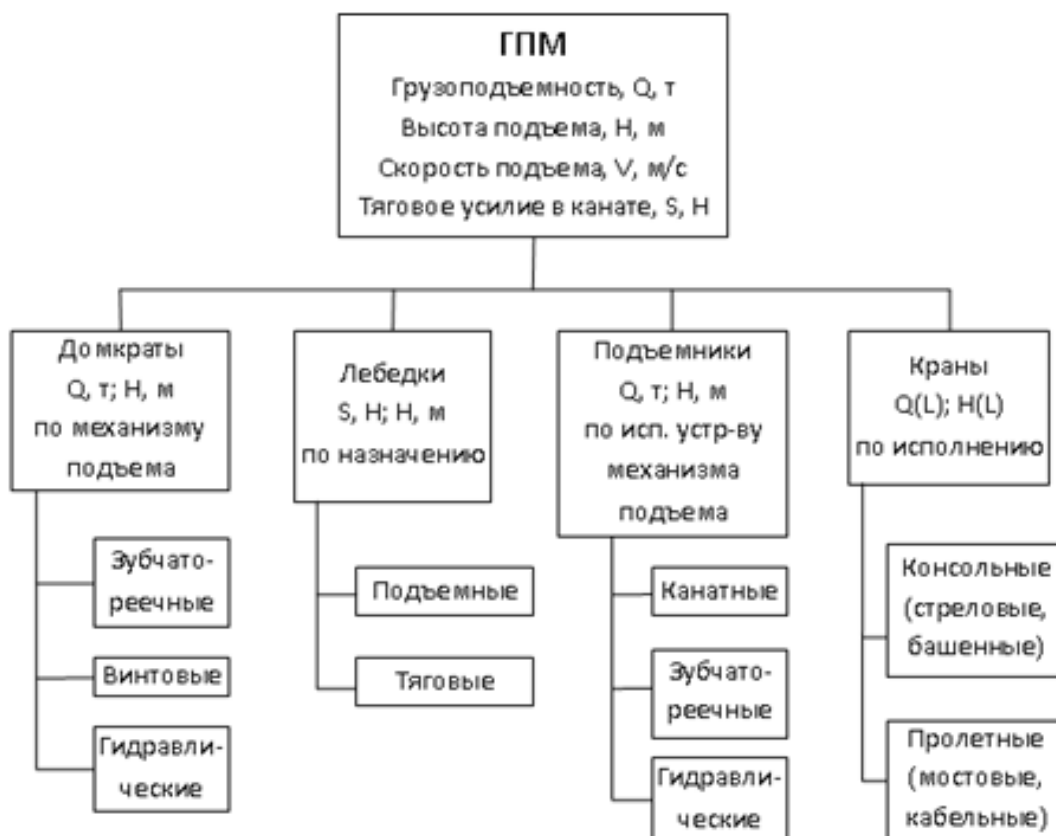


Рис. 2.15 Классификация основных подгрупп ГПМ

### 2.2.1 Простейшие грузоподъемные машины

К простейшим грузоподъемным машинам относят домкраты и лебедки, перемещающие грузы в осевом направлении.

**Домкрат** – это переносной механизм, предназначенный для подъема грузов на небольшую высоту и удержания его без помощи грузозахватных устройств. Они бывают с ручным и машинным приводом: механические, гидравлические и пневматические. Конструкций домкратов достаточно много, даже не считая специальных, например, автомобильных или кабельных. На рис. 2.16, 2.17 показана часть конструкций существующих домкратов. Конкретный тип домкрата имеет свои достоинства и недостатки и для конкретных условий лучше подобрать соответствующий тип. Например, гидравлический домкрат на одно и то же усилие будет иметь меньшие габариты, чем винтовой; вместе с тем он более сложен и так далее.



*Рис. 2.16 Домкраты винтовой и ромбический, гидравлический домкрат и электрический*



*Рис. 2.17 Клиновой домкрат и тянущий*

**Лебедки** (тали, тельферы) – группа грузоподъемных машин, реализующих рабочий процесс за счет усилия, создаваемого приводом на тяговом органе (канате, ленте или цепи), оснащенном крюковой обоймой. Лебедки бывают подъемные, перемещающие груз в вертикальном направлении, и тяговые, перемещающие груз по горизонтальной или наклонной поверхности.

Главным параметром этих машин является величина тягового усилия, а к числу основных относят скорость каната, канатоёмкость барабана, мощность установленного двигателя.

По конструктивному исполнению различают: лебедки, тали и тельферы. Лебедки имеют опорное исполнение, тали и тельферы - подвесное (тельферы имеют механизм передвижения). Все машины указанной группы по виду тягового органа разделяют на канатные: с барабаном или канатоведущим шкивом и цепные - с ведущей звездочкой. Они бывают с ручным и машинным электрическим (рис. 2.18, 2.19) или гидравлическим приводом.





*Рис. 2.18 Лебедки ручные*



*Рис. 2.19 Лебедка электрическая*

*1 – электродвигатель, 2 – тормоз, 3 – муфта, 4 – редуктор,  
5 – рама, 6 – барабан лебедки с намотанным канатом*

Машинный привод выполняется по редукторной схеме: двигатель – муфта – тормоз – редуктор – барабан (шкив, звездочка) – тяговый орган, позволяющей получать повышенные значения тягового усилия. Имеются конструкции лебедок с тяговым органом в виде ленты. Лебедки используют как самостоятельные машины так и как механизмы сложных ГПМ - подъемников и кранов.

Барабанная электрореверсивная лебедка обязательно включает в себя реверсивный электродвигатель, муфту и тормоз (обычно нормально-замкнутого типа), часто размещаемые в одном узле; редуктор, блок электроаппаратуры, пульт управления и барабан. При включении двигателя нормально-замкнутый тормоз размыкается, и тогда вращение от вала двигателя через редуктор передается барабану, преобразуясь далее в поступательное перемещение каната. При этом канат наматывается на гладкий или нарезной барабан, на котором он крепится одним концом. При гладком барабане намотка осуществляется в 2-4 слоя, а при нарезном - в один слой. В ряде конструкций

лебедок для достижения равномерной намотки используют канатоукладочные устройства.

**Тали** (подвесные лебедки) разделяют по ряду признаков:

- виду привода – ручные, электрические, пневматические и гидравлические;
- возможностям передвижения – стационарные и передвижные;
- виду тягового органа – канатные и цепные;
- скоростным характеристикам механизмов – одно, двух, трех-скоростные, а также с бесступенчатым изменением скорости. Последние имеют регулируемый гидропривод или электропривод.



*Рис. 2.20 Таль ручная рычажная, ручная шестеренная и электрическая*

Наиболее широкое применение нашли ручные тали с цепным тяговым органом и электротали (рис. 2.20). Особенностью конструкций ручных талей является использование в них грузоупорных тормозов и фрикционно-крановых остановов, автоматически фиксирующих груз в произвольном положении. При работе таль подвешивают за верхний крюк. Нижний крюк используют для подвешивания груза.

Электрическую таль (рис. 2.20) устанавливают на монорельсе (подвесном двутавре), вдоль которого может перемещаться за счет мускульной силы оператора, тянущего за крюк. Она включает два модуля: рельсоколесную тележку и саму электроталь с пультом управления, предусматривающих режимы подъема, опускания груза и его стопорения. Электрическую таль с механизмом передвижения по монорельсу называют **тельфер**.

### 2.2.2 Подъемники

**Подъемники** - группа грузоподъемных машин, предназначенных для подъема людей и материалов на определенную высоту в грузонесущих органах различного исполнения, перемещаемых подъемным механизмом.

В зависимости от категории поднимаемых грузов различают подъемники грузовые, пассажирские и грузопассажирские. Для подъема людей и штучных грузов используют кабины, клетки, рабочие площадки (платформы), а для подъема сыпучих и пластичных материалов - ковши.

Механизм подъема (рис. 2.21):

- лебедки, перемещающие грузонесущие органы в жестких направляющих несущих конструкций (мачт, шахт) или вдоль подвешенных гибких канатов,
- шарнирно-рычажные (ножничные),
- стреловые: телескопические и шарнирно-сочлененные с гидроприводом.
- В комплект грузоподъемного оборудования подъемников входят: несущая конструкция, подъемный механизм, грузонесущий орган (рабочая платформа – в грузовых подъемниках, кабина – в пассажирских), предохранительная и управляющая аппаратура.

В строительстве нашли применение подъемники:

-традиционного исполнения, обеспечивающие осевое перемещение грузонесущего органа:

-с жесткой несущей конструкцией в виде шахт – шахтные, мачт – мачтовые (рис. 2.21 в, г), с жесткими направляющими грузонесущего органа.

-без жесткой несущей конструкции (свободного подвеса) с гибкими направляющими в виде канатов, используемые при отделке фасадов – фасадные (рис.2.21 б);

-шарнирно-рычажные, раскладывающиеся мачты – ножничные (рис.2.21 а);

-кранового исполнения:

-стрелового телескопического и шарнирно-сочлененного (рычажно-стрелового): при установке на опорно-поворотное устройство обеспечивается пространственное перемещение грузонесущего органа (рис. 2.21 д).



Рис. 2.21 Строительные подъемники

а – ножничный, б – фасадные или люлочные, в – одномачтовый стационарный с креплением к зданию, г – двухмачтовый стационарный с креплением к зданию, д – коленчатый

Конструкция грузоподъемного механизма может быть выполнена в виде:

- грузоподъемной реверсивной лебедки с тяговым канатом,
- механизма подъема зубчато-реечного типа,
- механизма подъема цепного типа,
- винтового механизма подъема,
- гидравлического привода с подъемным гидроцилиндром.

**Главным параметром подъемников** является грузоподъемность — максимально допустимая масса груза, поднимаемая подъемником. К основным параметрам относятся: наибольшая высота подъема груза (расстояние по вертикали от уровня земли до нижнего уровня груза, находящегося в крайнем верхнем положении); скорость подъема и опускания груза; величина перемещения груза по горизонтали (максимальное расстояние от оси мачты подъемника до конца платформы, введенной в оконный проем, или до оси крюка, на котором подвешен груз); величина вертикального перемещения груза,

введенного в здание (максимальное расстояние по вертикали между крайними верхним и нижним положениями груза); скорость подачи груза (скорость горизонтального перемещения груза); для передвижных подъемников колея (расстояние между осями рельсов или между колесами, расположенными на одной оси) и база (расстояние между осями крайних ходовых колес, расположенных на одном рельсе или одной стороне подъемника); установленная мощность; конструктивная и общая масса подъемника; шаг настенных опор (расстояние, по вертикали между соседними креплениями подъемника к стене здания или сооружения); производительность и другое.

**Автоподъемники** – группа грузопассажирских подъемников, выполненных преимущественно на базе пневмоколесных СШ.

Металлоконструкции их рабочего оборудования представляют телескопические или шарнирно-сочлененные стрелы или мачты, на конце которых расположена рабочая платформа (пассажирский вариант) или вилы для штучных грузов (грузовой вариант). Привод рабочего оборудования гидрообъемный. В конструкциях рабочего оборудования применены ориентирующие механизмы, обеспечивающие параллельное земле перемещение рабочей платформы при "раскладывании" шарнирно-сочлененных стрел. Номинальная грузоподъемность автоподъемников составляет до 500...800 кг, а максимальная высота подъема для телескопических стрел около 20 м.

## **2.3 Строительные краны**

Краны представляют широкую и наиболее сложную группу грузоподъемных машин. Они перемещают грузы в пространстве с помощью механизмов: грузоподъемного, изменения вылета крюка, вращения и передвижения; некоторые механизмы могут иметь индивидуальный или групповой привод.

**Грузоподъемный механизм** или механизм подъема груза состоит из электрической лебедки (рис. 2.22) основного и, если есть, вспомогательного подъема. С помощью этого механизма осуществляются операции подъема и опускания груза. Скорость подъема выбирается в зависимости от высоты подъема и заданной грузоподъемности. Например, при грузоподъемности 5 — 10 т скорость выбирают 0,5 — 1 м/с, а при грузоподъемности более 10 т — от 0,1 до 0,25 м/с.

**Механизм изменения вылета крюка** также состоит из электрической лебедки. Изменение вылета крюка происходит либо за счет изменения угла наклона стрелы крана, либо за счет изменения положения специальной каретки на стреле, перемещение которой изменяет вылета крюка. Для некоторых технологических операций важно, чтобы при изменении вылета крюка положение груза по высоте не менялось; это возможно за счет специальной схемы запасовки канатов механизмов подъема и изменения вылета крюка или другого способа.

**Механизм вращения** в зависимости от конструкции крана служит для вращения поворотной платформы относительно неповоротной части крана (например, шасси у автокрана), или вращения башни башенного крана с поворотной башней, или поворота оголовка башенного крана при неповоротной башне. Механизм вращения имеет привод в виде электро- или гидропривода, как правило, с редуктором, и представляет собой опорно-поворотной устройство.

**Механизм передвижения** служит для привода рельсового, пневмоколесного или гусеничного механизмов хода и передачи нагрузки от крана на грунт. В зависимости от типа ходового устройства конструкция механизма передвижения имеет свои особенности, но обязательно движители имеют индивидуальный или групповой привод в виде двигателя с редуктором.

Краны оснащены **системой безопасности**, обеспечивающей:

- грузовую устойчивость от опрокидывания путем контроля грузовых характеристик и состояния опорного контура по реальным значениям нагрузок;
- прочность и устойчивость при потере формы отдельных элементов из-за возможных перегрузок, путем контроля внутренних силовых факторов;
- безопасный режим работы в стесненных условиях и условиях близости линий электропередач (ЛЭП) с помощью системы координационной защиты, исключающей работу механизмов вблизи посторонних препятствий.

На рис. 2.22 показан вариант приборов безопасности: 1) прибор сигнализации и отключения крана вблизи линий электропередач; 2) анемометр для определения скорости ветра (работа кранов должна прекращаться, если скорость ветра выше 15м/с); 3) датчик ограничителя грузоподъемности; 4) указатель угла наклона стреловых кранов (если кран работает не на рельсовых путях); 5) концевые выключатели – для автоматической остановки механизмов кранов с электрическим приводом; 6) звуковые сигнальные приборы для кранов, управляемых из кабины или дистанционно; 7) противоугонное от ветра устройство (для кранов, работающих на наземных рельсовых путях); 8) блокировочные контакты – для всех дверей и ограждения крана; 9) ограничители перекоса для козловых кранов; 10) указатель грузоподъемности для кранов стрелового типа, у которых грузоподъемность меняется с изменением вылета стрелы; 11) опорные детали для кранов мостового типа, башенных, порталных для снижения динамических нагрузок в случае поломки осей ходовых колес; 12) упоры на концах рельсового пути для предупреждения схода кранов с них.



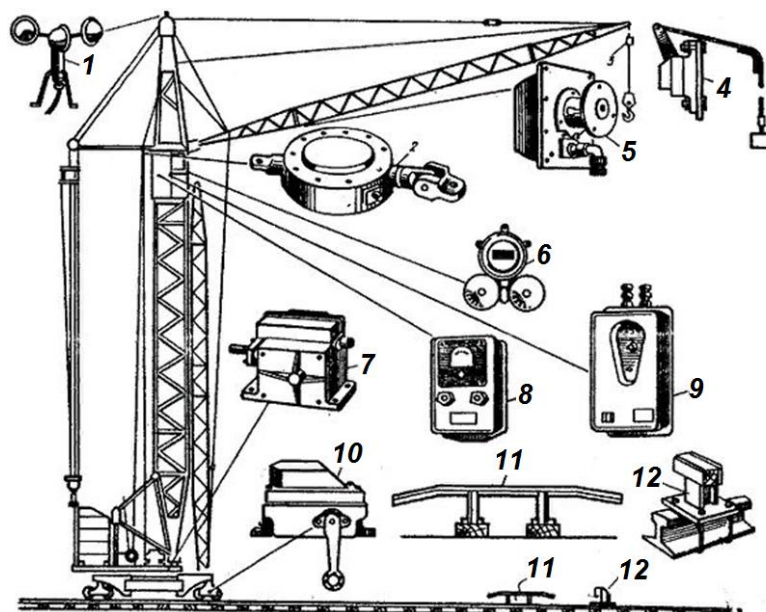


Рис. 2.22 Вариант приборов безопасности на кранах

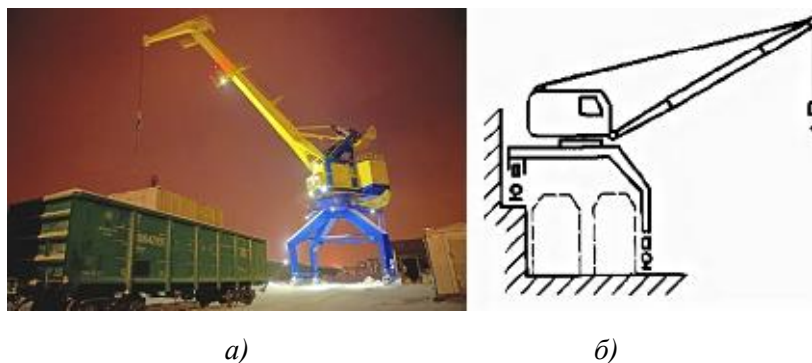
**Краны** разделяют на две группы в зависимости от условий крепления к опорам несущей металлоконструкции: **консольные или стреловые и пролетные**. Группа стреловых кранов наиболее представительна, в нее входят башенные краны, мачтово-стреловые краны, ряд специальных кранов. В группу кранов пролетного типа входят мостовые, козловые и кабельные.

## 2.4 Стреловые краны

**Кранами стрелового типа** называются грузоподъемные краны с грузозахватным органом, подвешенным к стреле или грузовой тележке, перемещающейся по стреле. К ним относятся: стреловые краны со стрелой, закрепленной на раме ходового устройства или на поворотной платформе, размещенной непосредственно на ходовой раме; башенные краны со стрелой, закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни (см. раздел 2.4.2); порталные краны — поворотные краны на портале (рис. 2.23, а); полупортальные краны — поворотные краны на полупортале (рис. 2.23, б); мачтовые краны — поворотные краны со стрелой, закрепленной шарнирно на вертикальной мачте, имеющей нижнюю и верхнюю опоры (у вантовых кранов



верхняя опора закрепляется посредством канатных оттяжек, а у жестконогих кранов она закреплена жестко, рис. 2.24); консольные краны, у которых грузозахватный орган подвешен на соединенной с колонной или опорной частью крана консоли или на тележке, перемещающейся по консоли (к группе консольных кранов относятся консольный кран на колонне, настенный консольный кран, передвижной консольный кран и велосипедный кран, рис. 2.25 и 2.26).



*Рис. 2.23 Портальный – «а» и полупортальный – «б» краны*



*Рис. 2.24 Мачтовый кран*



*Рис. 2.25 Консольный кран на колонне и на стене*



*Рис. 2.26 Консольный велосипедный кран*

На рис. 2.27 представлены основные параметры стреловых кранов. Более подробно о них будет сказано в разделе башенных кранов 2.4.2.

Основное **достоинство** самоходных стреловых кранов – это их мобильность, а **недостаток** – существенные ограничения по перемещению крана с грузом. Так же достоинства и недостатки кранов связаны с конкретной конструкцией и назначением. Например, стационарный мачтовый кран имеет достоинство в виде простоты конструкции и возможности подъема массивного груза на большую высоту, а недостаток – занимает большую площадь и требует устройства вант и якорей.

Определение зоны обслуживания стрелового крана выполняют по соответствующим нормативам. При этом различают собственно рабочую зону или зону обслуживания краном – пространство, находящееся в пределах линии, описываемой крюком крана; монтажная зона – пространство, где возможно падение груза при его установке и закреплении; зона перемещения груза – это пространство в пределах возможного перемещения груза, подвешенного на крюке крана, включая возможное падение груза или элементов крана; опасная зона работы крана – пространство, где возможно падение груза при его перемещении, с учетом возможного рассеивания при падении, например, из-за ветра. Эти зоны определяются размерами стрелы, вылета крюка, перемещения крана и так далее. На рис. 2.28 и рис. 2.29 показаны примеры границ зон работы

башенного и стрелового кранов.

**$R_p$**  - необходимый рабочий вылет;  
 **$R_{гр}$**  - масса поднимаемого груза;  
 **$R_{п}$**  - наибольший радиус поворотной части крана;  
 **$h_{п}$**  - высота подъема;  
 **$h_z$**  - высота здания;  
 **$h_{гр}$**  - высота поднимаемого (перемещаемого) груза;  
 **$h_{гр.пр}$**  - длина грузозахватного приспособления;  
 **$S$**  - расстояние от оси крана до оси здания;  
 **$Ж$**  - размер зоны, в которой запрещается нахождение людей;  
 **$в$**  - размеры между осями здания;  
 **$а$**  - расстояние от оси здания до его наружной грани (выступающей части);  
 **$п$**  - габарит приближения;

 - отметка высоты подъема;  
 - основные отметки конструкции здания.

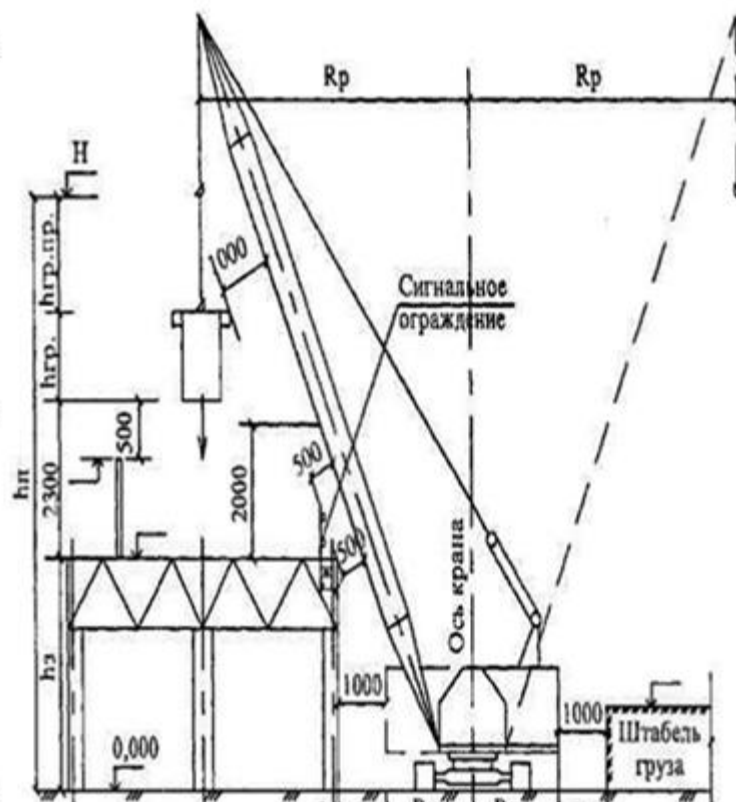


Рис. 2.27 Основные параметры стреловых кранов

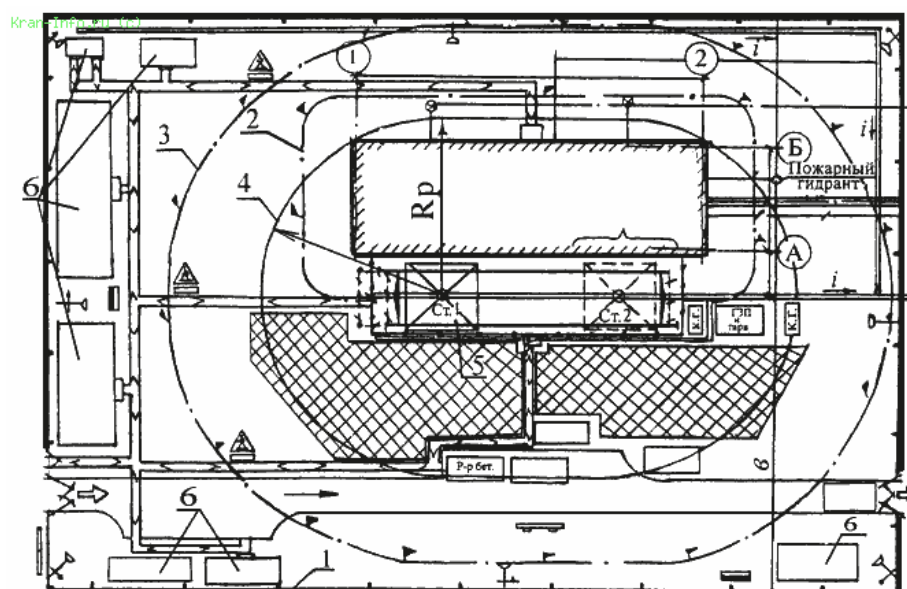


Рис. 2.28 Границы зон при работе башенных кранов

1 - ограждение строительной площадки; 2 - граница опасной зоны вблизи строящегося здания; 3 - граница зоны, опасной для нахождения людей во время перемещения, установки и закрепления элементов и конструкций\*; 4 - граница зоны обслуживания краном; 5 - башенный кран; 6 -

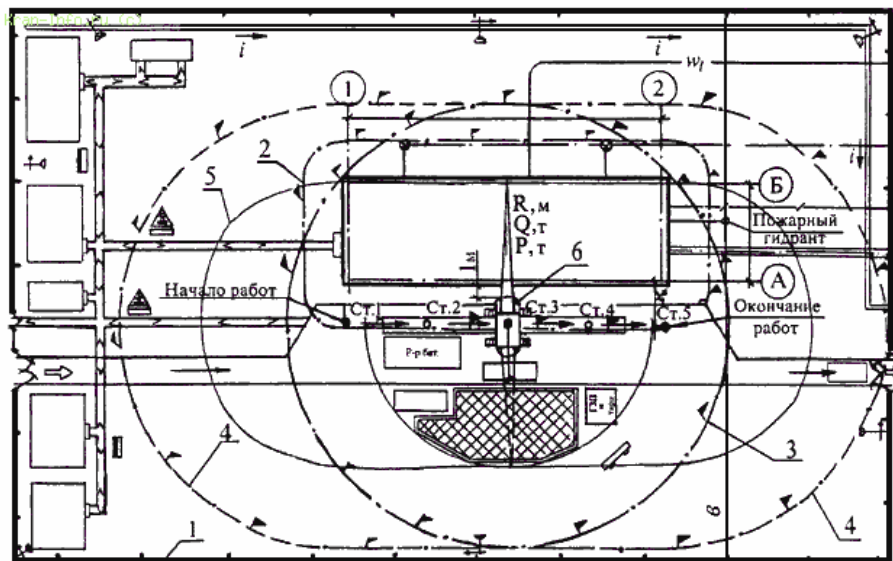


Рис. 2.29 Границы зон при работе стрелового крана (крана-манипулятора)

1 - ограждение строительной площадки; 2 - граница опасной зоны вблизи строящегося здания; 3 - граница зоны, опасной для нахождения людей во время перемещения, установки и закрепления элементов и конструкций на одной стоянке\*; 4 - то же, с учетом всех стоянок; 5 - граница зоны обслуживания краном; 6 - стреловой кран.

Индексация стреловых кранов состоит из буквенно-цифрового обозначения и все ее составляющие должны быть понятны из рис. 2.30

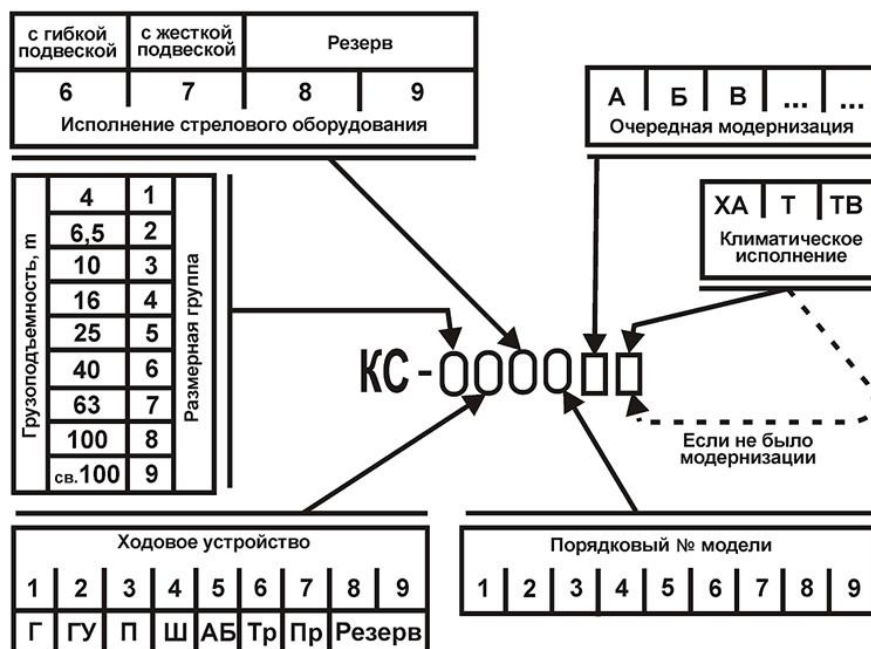


Рис. 2.30 Индексация стреловых кранов

## 2.5 Ремонтные башенные краны

**Ремонтный башенный кран** – кран стрелового типа поворотный со стрелой, закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни; он выполняется в ограниченном по дальности перемещения самоходном (в пределах рабочей площади) или стационарном исполнениях рис. 2.31.

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

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

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

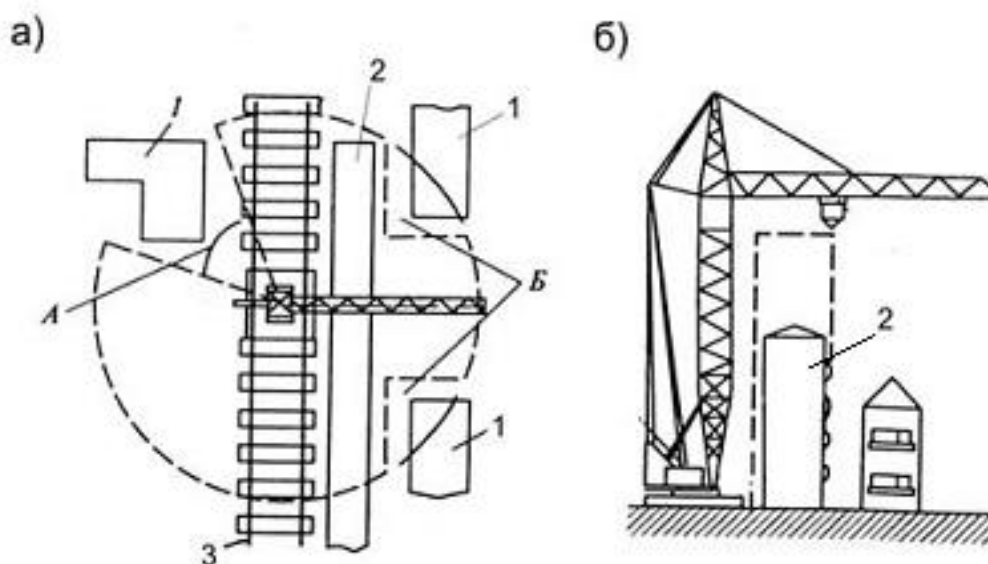


Рис. 2.31 Схема расположения башенного крана на строительной площадке:  
а, б – в плане и в вертикальной плоскости;

1 – препятствия (здания, сооружения и другие), расположенные в зоне возможного действия башенного крана, 2 – строящееся здание, 3 – рельсовый путь крана, А, Б – ограничения зоны действия башенного крана, соответственно, по повороту стрелы и вылету крюка



У кранов с поворотной башней (рис. 2.32, а) опорно-поворотное устройство 1, на которое опирается поворотная часть крана, расположено внизу на ходовой раме крана или на портале. Поворотная часть кранов включает (за исключением кранов 8-й размерной группы – см. индексацию кранов) поворотную платформу 2, на которой размещены грузовая 12 и стреловая 3 лебедки, механизм поворота, противовес 4, башня 11 с оголовком 7, распоркой 6 и стрелой 9

У кранов с неповоротной башней (рис. 2.32, б) опорно-поворотное устройство 1 расположено в верхней части башни. Поворотная часть таких кранов включает поворотный оголовок 7, механизм поворота, стрелу 9 и противовесную консоль 15, на которой размещены лебедки и противовес 4, служащий для уменьшения изгибающего момента, действующего на башню крана. На ходовой раме 13, кранов с неповоротной башней уложены плиты балласта 19, а с боковой стороны башни расположены монтажная стойка 18 с лебедкой и полиспастом, предназначенная для поднятия и опускания верхней части крана при его монтаже и демонтаже. Ходовые рамы опираются на ходовые тележки 14, которые обеспечивают передвижение кранов по подкрановым путям.

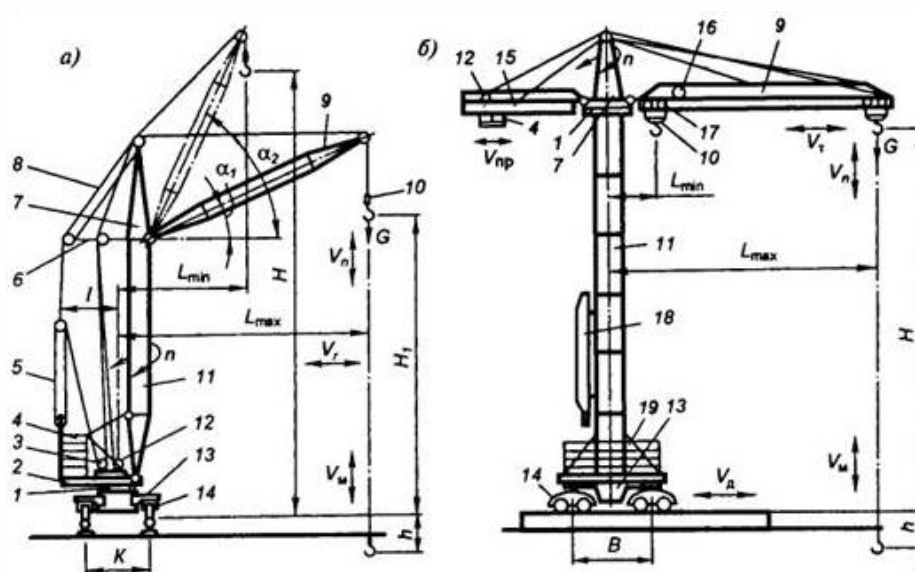


Рис. 2.32 Типы и параметры башенных кранов:

а – с поворотной башней; б – с неповоротной башней

По **типу стрел**: краны с подъемной (маневровой), балочной и шарнирно сочлененной стрелами.

У **кранов с подъемной стрелой** (рис. 2.32, а), к головным блокам которой подвешена крюковая подвеска 10 (грузозахватный орган крана), вылет  $L$  изменяется поворотом стрелы в вертикальной плоскости относительно опорного шарнира с помощью стреловой лебедки 3, стрелового полиспаста 5 и стрелового расчала 8.

У **кранов с балочной стрелой** (рис. 2.32, б) вылет  $L$  изменяется при перемещении по нижним ездовым поясам стрелы грузовой тележки 17 с подвешенной крюковой подвеской. Перемещение грузовой тележки осуществляется с помощью тележечной лебедки 16 и каната. Подъем и опускание груза осуществляются с помощью грузовой лебедки 12, грузового каната и крюковой подвески.

Краны с **шарнирно сочлененной стрелой** (рис. 2.33), имеют стрелу, состоящую из шарнирно соединенных подъемной и головной (гуська) частей, которые, в свою очередь, могут быть в виде подъемной или балочной стрелы.

По **способу установки кранов**: передвижные (рис. рис. 2.32а и 2.32б), стационарные, которые не имеют ходового устройства (рис. 2.37) и **самоподъемные** (рис. 2.38б) на строительстве зданий и сооружений большой высоты.

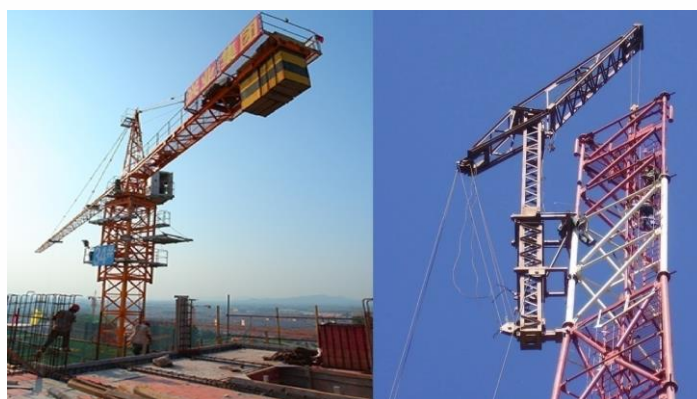


*Рис. 2.33 Портальный кран с шарнирно-сочлененной стрелой*

По типу ходового устройства передвижных башенных кранов: рельсовые (наиболее распространенные) (рис. 2.32), автомобильные (рис. 2.36), на специальном шасси автомобильного типа (рис. 2.36), пневмоколесные и гусеничные (рис. 2.37).



*Рис. 2.34 Стационарные башенные краны*



*Рис. 2.35 Варианты самоподъемных башенных кранов*



*Рис. 2.36 Башенные краны автомобильный и на специальном шасси*





Рис. 2.37 Башенный кран на гусеничном ходу

К **основным параметрам** относятся (см. рис. 2.32): **вылет  $L$**  – расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части крана до вертикальной оси крюковой подвески; **грузоподъемность  $Q$**  – наибольшая допустимая для соответствующего вылета масса груза, на подъем которого рассчитан кран; **грузовой момент  $M$**  – произведение грузоподъемности  $Q$  на соответствующий вылет  $L$ , (часто используется в качестве главного обобщающего параметра крана); **высота подъема  $H$**  и глубина опускания  $h$  – соответственно расстояние по вертикали от уровня стоянки крана (головки рельса для рельсовых кранов, нижней опоры самоподъемного крана, пути перемещения пневмоколесных и гусеничных кранов) до центра зева крюка, находящегося в верхнем или нижнем крайнем рабочем положении; **диапазон подъема  $D$**  – сумма высоты подъема  $H$  и глубины опускания  $h$ ; **колея  $K$**  – расстояние между продольными осями, проходящими через середину опорных поверхностей ходового устройства крана, измеряемое по осям рельсов у рельсовых кранов и по продольным осям пневмоколес или гусениц у автомобильных, пневмоколесных и гусеничных кранов; **база  $B$**  – расстояние между вертикальными осями передних и задних колес (у пневмоколесных и автомобильных кранов), ведущими и ведомыми звездочками гусениц (у гусеничных кранов) или ходовых тележек, установленных на одном рельсе (у рельсовых кранов); **задний габарит  $E$**  – наибольший радиус поворотной части (поворотной платформы или противовесной консоли) со стороны противоположной стреле; **скорость  $V_n$  подъема и опускания груза  $V_o$** , равного максимальной грузоподъемности крана (при установке на кране

многоскоростных лебедок указываются все скорости и массы грузов, соответствующей каждой скорости подъема и опускания); **скорость посадки груза**  $V_M$  – наименьшая скорость плавной посадки груза при его наводке и монтаже; **частота вращения**  $n$  поворотной части крана при максимальном вылете с грузом на крюке; **скорость передвижения крана**  $V_d$  – рабочая скорость передвижения с грузом по горизонтальному пути; **скорость передвижения грузовой тележки**  $V_m$  с наибольшим рабочим грузом по балочной стреле;  $V_z$  **скорость стрелы** (у кранов с подъемной стрелой) от наибольшего до наименьшего; **установленная мощность**  $P_y$  (суммарная мощность одновременно включаемых механизмов крана); **наименьший радиус закругления  $R$  оси внутреннего рельса** на криволинейном участке подкранового пути; **радиус поворота  $R_n$**  – наименьший радиус окружности, описываемой внешним передним колесом автомобильных или пневмоколесных кранов при изменении направления движения; **конструктивная масса  $m_k$**  – масса крана без балласта, противовеса и съемных устройств в незаправленном состоянии; **общая (полная) масса крана  $m_o$**  в рабочем состоянии; **нагрузка на колесо  $F_k$**  – наибольшая вертикальная нагрузка на ходовое колесо при работе крана в наиболее неблагоприятном её положении; **допустимая скорость ветра  $V_B$**  на высоте 10 м от земли для рабочего и нерабочего состояний, при которой кран сохраняет прочность и устойчивость в процессе эксплуатации.

**Система индексации** строительных башенных кранов представлена на рис. 2.38. В **индекс крана** входят буквенные и цифровые обозначения. **Буквы** перед цифрами обозначают: КБ – кран башенный, КБМ – кран башенный модульной системы, КБР – кран башенный для ремонта зданий, КБГ – кран башенный для гидротехнического строительства. Остальное должно быть понятно из схемы рис. 2.38. Например, индекс крана КБ-405.1А расшифровывается так: кран башенный, четвертой размерной группы, с поворотной башней, первое исполнение, первая модернизация, для умеренного климата (ХЛ – для холодного, Т- тропического и ТВ –

тропического влажного климата; для умеренного климата соответствующего буквенного обозначения нет).

Грузоподъемность башенных кранов зависит от вылета крюка и имеет параболический характер; при этом грузовой момент как произведение грузоподъемности на вылет остается примерно постоянным и этот параметр относится к основным параметрам башенного крана. На рис. 2.39 в качестве примера показана грузовая характеристика башенного крана КБ-585 пяти модификаций с грузовой моментом соответственно 250, 280, 225, 150, 132 и 120 тм.



Рис. 2.38 Схема индексации башенных кранов



Рис. 2.39 Грузовая характеристика башенного крана КБ-585

**Производительность башенных кранов** определяется количеством перемещенного груза за час или в течение смены. Сменную эксплуатационную производительность башенного крана при работе без совмещения операций можно оценить по формуле, т/смен,

$$P_{\text{см.нс}}^{\text{э}} = \frac{3600}{t_{\text{ц.нс}}} * Q * k_p * k_{\text{э}} * t_{\text{см}}$$

где  $Q$  – масса поднимаемого груза, т;

$t_{\text{ц.нс}}$  – продолжительность цикла при работе крана без совмещения операций, с;

$k_p$  – коэффициент использования крана по грузоподъемности;  $k_p = Q / Q_k$ ;

$Q_k$  – грузоподъемность крана при выбранном вылете стрелы, кН;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент эксплуатационных потерь времени, связанных с техническим обслуживанием и плановыми ремонтами крана (0,75.. 0,82);

$t_{\text{см}}$  – продолжительность рабочей смены, ч.

Производительность крана зависит от продолжительности цикла, от количества груза, поднимаемого за один цикл, и от продолжительности полезной работы крана. Кроме того, она зависит от скоростей рабочих движений, от организации работ, от квалификации оператора (крановщика) и других.

**Продолжительность цикла при работе крана без совмещения операций,** (длительность всех операций приводится в с),

$$t_{\text{ц.ис}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11}$$

где  $t_1$  – время, затрачиваемое на строповку груза;

$t_2$  – время, затрачиваемое на подъем груза до нужного уровня монтажа;

$t_3$  – время, затрачиваемое на поворот стрелы крана на заданный угол;

$t_4$  – время, затрачиваемое на перемещение крана по крановым путям;

$t_5$  – время, затрачиваемое на опускание груза до уровня монтажа;

$t_6$  – время, затрачиваемое на монтаж конструкции и ее крепления;

$t_7$  – время, затрачиваемое на расстроповку конструкции после монтажа;

$t_8$  – время, затрачиваемое на подъем груза с грузозахватным приспособлением над уровнем монтажа;

$t_9$  – время, затрачиваемое на обратное перемещение крана по крановым путям;

$t_{10}$  – время, затрачиваемое на поворот стрелы крана в исходное положение;

$t_{11}$  – время, затрачиваемое на опускание груза с грузозахватным приспособлением в исходное положение.

Продолжительность ручных операций, например, на строповку и расстроповку нормируется; остальных операций – вычисляется приближенно, при постоянстве скоростей рабочих операций крана, т. е. в установившемся режиме работы, не учитывая периодов разгона и торможения.

При работе крана с совмещением операций для увеличения производительности некоторые операции можно совместить, но, по нормативам, разрешается совмещать не более двух операций; при этом длительность цикла сокращается на величину, равную продолжительности более короткой из двух совместно выполняемых операций, так как более короткая операция выполняется за время осуществления более длинной по продолжительности операции.

Учитывая необходимость выполнения требований безопасности при производстве работ башенным краном, следует рассмотреть следующие варианты совмещения операций:

- подъем груза и поворот стрелы крана,
- поворот стрелы крана и перемещение крана по крановым путям,
- подъем груза и перемещение крана по крановым путям.

Наибольшая эффективность будет достигаться в случае максимального сокращения продолжительности цикла. Аналогично рассматриваются варианты совмещения операций в процессе возврата крюка в исходное положение:

- опускание крюка и поворот стрелы крана,
- поворот стрелы крана и перемещение крана по крановым путям,
- опускание крюка и перемещение крана по крановым путям.

Определение значения продолжительности цикла при совмещении операций:

$$t_{\text{ц.с.}} = t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{11}.$$

При определении производительности башенного крана учитывают время всех составляющих одного цикла работы крана.

Следующей важнейшей характеристикой кранов является их устойчивость против опрокидывания.

**Устойчивость** — это способность **крана** противодействовать опрокидывающим его моментам от силы тяжести поднимаемого груза, ветровой нагрузки, собственного веса элементов **крана**, динамических нагрузок и уклона.

Расчет устойчивости кранов выполняют по ГОСТ 34688-2020 [3] и оценивают ее расчетным **коэффициентом запаса устойчивости** от опрокидывания

$$k_s = M_y / M_o,$$

где  $M_y$  — значение удерживающего момента;  $M_o$  — значение опрокидывающего момента (моменты берутся по абсолютной величине).

Коэффициент устойчивости вычисляют для всех опасных ситуаций при наиболее неблагоприятном положении крана и его узлов, а также комбинациях нагрузок, при которых возникают наибольшие значения опрокидывающего момента (ГОСТ 32579.1—2013, 7.3 [5]). Направление ветра выбирают перпендикулярно ребру опрокидывания и параллельно плоскости опирания крана.

В оценку устойчивости кранов также входит коэффициент грузовой устойчивости. Условие грузовой устойчивости соответствует наиболее опасной ситуации при работе с грузом с учетом весовых нагрузок, инерционных сил, допустимого совмещения операций, ветровых нагрузок рабочего состояния. При расчете по комбинации С10 по ГОСТ 32579.1 [5] динамический коэффициент  $\Phi_9$  определяют на основе упругого динамического анализа конструкции крана или при отсутствии такого анализа принимают равным минус 0.3.

Значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости должны быть не менее 1,15.

## **2.6 Машины непрерывного транспорта**

**Машинами непрерывного транспорта (МНТ)** называют машины, осуществляющие транспортирование сыпучих и штучных материалов непрерывным потоком, что повышает их производительность.

**Техническая производительность** является их главным параметром. К числу основных относят также характеристики трассы, режимы транспортирования, размеры рабочих органов.

Непрерывность реализации рабочего процесса транспортирования обеспечивает их высокую производительность и создает благоприятные условия для его автоматизации, основными задачами которой являются:

- автоматизация пуска и остановки;

- автоматический контроль состояния механизмов;
- автоматическое выполнение вспомогательных операций, учета, дозирования, регулирования производительности и др.;
- автоматизация операции загрузки и разгрузки и распределения материала;
- автоматический контроль степени заполнения емкости загрузочных устройств (бункеров).

В подкласс машин непрерывного транспорта входят:

- конвейеры;
- пневмо- и гидротранспортные установки;
- конвейерные поезда;
- подвесные канатные и монорельсовые дороги;
- другие.

Они используются в виде отдельных транспортных систем или транспортных комплексов на трассах протяженностью от нескольких метров до нескольких километров. Основным видом транспортируемого материала являются насыпные от пылевидных до среднекусковых.

**Конвейеры** – группа МНТ с рабочими органами различного исполнения, совершающими непрерывное или вибрационное движение, обеспечивающее направленное поступательное перемещение материалов.

1) **Ленточные конвейеры** получили название по виду рабочего органа – ленты, на которой транспортируется материал (рис. 2.40, 2.41). Лента поддерживается роlikоопорами, закрепленными на раме (ставе) конвейера. Верхняя часть ленты на ставе является рабочей, так как именно она перемещает материал от места загрузки до места разгрузки – приводного барабана, а нижняя – холостой (порожней).





Рис. 2.40 Ленточный конвейер и в карьере стройматериалов

Ленточные конвейеры оснащают устройствами для очистки ленты, ловителями для улавливания ленты в случае обрыва, а также различными датчиками и приборами контроля за работой и техническим состоянием.

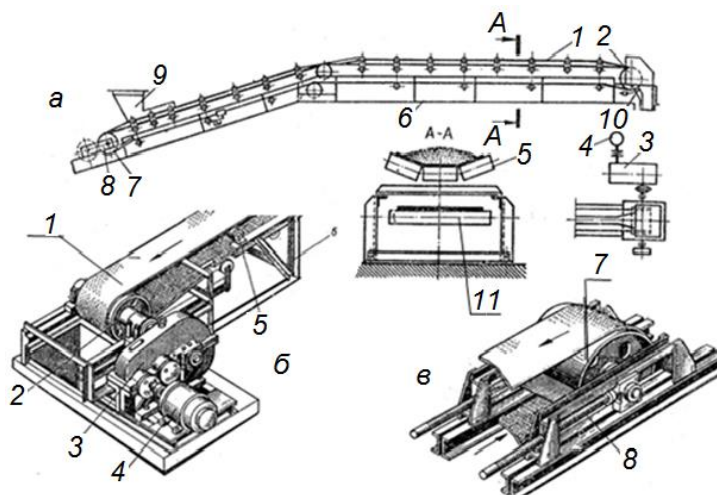


Рис. 2.41 Общий вид ленточного конвейера:

*а – компоновочная схема; б – приводная станция; в – натяжная станция; 1 – лента; 2 – привод; 3 – редуктор; 4 – двигатель; 5, 11 – роликовые опоры рабочей и холостой ветвей ленты; 6 – рама конвейера; 7 – натяжной барабан; 8 – натяжное устройство; 9 – загрузочное устройство; 10 – очистное устройство*

Лента приводится в движение силой трения, возникающей при вращении приводного барабана 2 (рис. 2.41, б). Предварительное натяжение для возникновения силы трения между барабаном и лентой создается с помощью натяжного устройства 8 (рис. 2.41, в), которое устанавливается на концевом барабане или на холостой ветви ленты. Современные натяжные устройства различны по исполнению: они могут автоматически регулировать величину натяжения ленты, обеспечивая высокое предпусковое натяжение, плавное его

снижение по мере приближения к установленному режиму и поддержание его в этом режиме.

Тяговая способность барабана зависит от мощности приводного двигателя, от коэффициента трения между барабаном и лентой и от угла обхвата лентой барабана. Для увеличения тяговой способности барабана: 1) его футеруют (покрывают) материалом с повышенным коэффициентом трения; 2) вблизи приводного барабана устанавливают дополнительный отклоняющий барабан, тем самым увеличивая угол обхвата приводного барабана лентой. Строительные конвейеры и питатели имеют только концевой привод, при котором ведущим является разгрузочный барабан. В качестве тягового органа кроме конвейерной ленты в ленточных конвейерах могут использовать тяговые канаты и цепи.

В карьерах по добычи строительных материалов могут применять магистральные конвейеры длиной до нескольких километров, а в качестве натяжных устройств использовать канатные лебедки.

К ленте предъявляют требования по прочности, удлинению и жесткости. Прочность ленты при растяжении обеспечивается ее силовым (тяговым) каркасом. Он состоит из тканевых прокладок, имеющих несколько слоев (резинотканевые ленты), или металлических канатов (тросов), находящихся внутри ленты (резинотросовые). Характеристикой прочности является предельное разрывное усилие, приходящееся на единицу ширины ленты, а<sub>р</sub>, Н/мм или Н/см. Величину удлинения лент оценивают по относительному удлинению каркаса прокладок ленты (%) при величине рабочей нагрузки, составляющей одну десятую часть от разрывной. Величина относительного удлинения составляет до 3-4 % для резинотканевых и до 0,25 % для резинотросовых лент. Процесс загрузки рабочей ветви ленты материалом производят с помощью загрузочного устройства (воронки, лотка, бункера), расположенного над ней. Роликоопоры ленты в месте приема материала установлены на амортизаторах и расположены чаще, чем по трассе, с шагом 0,5

м, исключая значительный прогиб ленты. Для этого высоту свободного падения материала (особенно кускового) ограничивают. Конструкция загрузочных устройств должна предусматривать формирование загрузочного потока материала по возможности близкого по величине и направлению скорости движения ленты. С целью предотвращения потерь материала в местах загрузки могут устанавливаться направляющие борта. При транспортировке насыпной материал расположен на ленте сплошным слоем и перемещается вместе с лентой со скоростью последней 0,5...6,0 м/с. Максимально-допустимый угол наклона конвейера к горизонту ограничен эффектом сползания материала под действием собственной тяжести, с учетом динамических воздействий на него при транспортировке; для насыпного материала этот угол зависит от угла его внутреннего трения, а для штучного – от коэффициента трения между материалом и лентой.

Техническую производительность  $\Pi_t$ , т/ч, рассчитывают по формуле:

$$\Pi_t = 3600VF\rho_m,$$

где  $V$  – скорость движения ленты, м/с;

$F$  – площадь поперечного сечения материала на ленте  $F$ , м<sup>2</sup>;

$\rho_m$  – плотность материала на ленте, т/м<sup>3</sup>.

Площадь поперечного сечения материала на ленте  $F$  зависит от формы расположения роlikоопор и угла естественного откоса транспортируемого материала в движении, составляющего в большинстве случаев 30°. Например, для плоской формы ленты  $F \approx 0,05B^2$ , для желобчатой, с углом наклона боковых роlikоопор:  $F \approx 0,11B^2$  при  $\alpha' = 20^\circ$  и  $F \approx 0,14B^2$ , при  $\alpha' = 30^\circ$ . Также должны учитывать отдельным коэффициентом угол наклона конвейера, влияющий на поведение материала на ленте.

При штучном транспортируемом грузе производительность  $\Pi_t$ , шт/ч оценивается по формуле:

$$\Pi_t = 3600Vm/a,$$

где  $m$  – масса штучного груза,

$a$  – расстояние между штуками (отдельными единицами груза), м.

Эксплуатационная производительность учитывает дополнительные факторы, такие как использование конвейера по времени, по загрузке конвейера и другое. При выборе конвейера учитывают условия окружающей среды, режим работы (легкий, средний, тяжелый и весьма тяжелый), место установки (сухое или влажное, чистое или нет, отапливаемое или нет, наличие абразивной пыли, доступность для осмотра и ремонта и другое).

2) **пластинчатые конвейеры** (рис. 2.42) отличается от ленточного конвейера тем, что в качестве грузонесущего органа служит набор стальных пластин, соединенных между собой шарнирно; роль тягового органа играет тяговая цепь; вместо приводного и холостого барабанов соответствующие цепные звездочки. Такая конструкция позволяет транспортировать крупнокусковые, острокромочные, горячие и другие материалы, которые могут повредить ленточные устройства. Например, пластинчатые конвейеры используют в горячих цехах обжига кирпича.



*Рис. 2.42 Пластинчатые конвейеры*

Кроме перечисленных **достоинств** по транспортируемому материалу, эти конвейеры способны транспортировать груз по сложной (криволинейной) траектории и под большим углом наклона в  $35^\circ - 45^\circ$  (у ленточных до  $16^\circ - 18^\circ$ ); они наиболее надежны. В качестве **недостатков** считается невысокая скорость транспортирования до 1,5 м/с; большая погонная масса требует специального основания; высокий уровень шума; шарниры пластин требуют ухода; высокая энергозатратность и низкий КПД.

На рис. 2.43 показана принципиальная схема пластинчатого конвейера, которая может быть усложнена дополнительными устройствами. С помощью пластинчатого конвейера можно транспортировать и штучные грузы, и насыпные, но в последнем случае пластины могут иметь ковши разной конструкции.

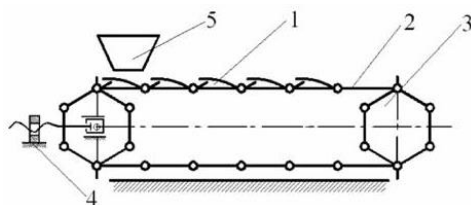


Рис. 2.43 Схема пластинчатого конвейера:

1 – настил; 2 – тяговая цепь; 3 – приводная звездочка; 4 – натяжное устройство; 5 – загрузочный бункер

**Конвейеры скребковые** используются для перемещения сыпучих материалов и кусковых (штучных) грузов с помощью скребков по неподвижному жёлобу (рештаку), установленного горизонтально или под углом до 35 градусов. Их соединяет подвижная скребковая цепь (тяговый орган) конвейера, а сами скребки представляют собой пластины, которыми транспортируемый груз сдвигается по рештаку (рис. 2.44). Желоб может выполняться в виде короба. На рис. 2.45 показаны в желобе варианты скребков и их крепление к цепям. Так как при транспортировании происходит волочение материала по настилу, то контактирующие материалы должны быть износостойкими; как следствие волочения, КПД конвейера низкий и скорость перемещения груза невысокая. Вся конструкция достаточно металлоемкая и, как и пластинчатый конвейер, требует соответствующего основания.

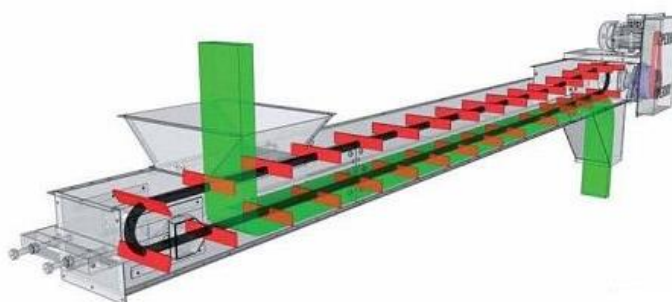
По технологической схеме применения скребкового конвейера загрузка материала может быть сверху и разгрузка в конце; либо загрузка сверху, а выгрузка снизу (рис. 2.46).



*Рис. 2.44 Скребокый конвейер*



*Рис. 2.45 Варианты конструкции скребкового конвейера*



*Рис. 2.46 Вариант работы скребкового конвейера:  
загрузка сверху, а выгрузка снизу*

**Роликовые конвейеры (рольганги)** предназначены для транспортирования штучных грузов (если россыпь, то в таре) самотеком под небольшой уклон или за счет привода вращения роликов и трения (рис. 2.47).



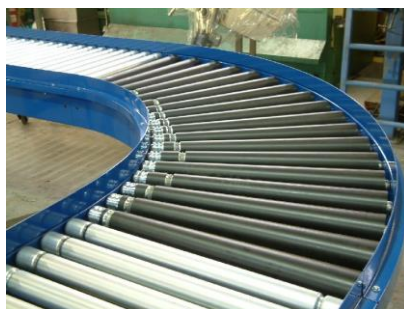
*Рис. 2.47 Приводной роликовый конвейер*



Транспортировка грузов может производиться и на прямолинейных, и на криволинейных участках (рис. 2.47).

Роликовые конвейеры занимают существенную нишу в составе конвейерных систем, когда установка транспортеров других типов либо невозможна, либо нецелесообразна из экономических соображений. Для транспортирования грузов с жестким каркасом (ящики, гофротара и т.д.) выбор данного вида конвейеров является оптимальным решением. За счет простоты конструкции и относительно низкой стоимости комплектующих цена рольганга, как правило, ниже, чем у конвейеров других типов, и в производстве, и в эксплуатации.

Есть конструкции рольгангов, которые могут работать в условиях высоких и низких температур, влажности, запыленности и т.д.



*Рис. 2.47 Криволинейный участок рольганга*

**Винтовые конвейеры** имеют широкое применение для перемещения сыпучих материалов. Они имеют рабочий орган в виде винта (рис. 2.48, 2.49), установленного в рабочей камере и обеспечивающего перемещение сыпучего материала в осевом направлении от места загрузки к месту выгрузки непрерывным потоком по днищу рабочей камеры.

Сечение потока материала определяют, как часть сечения рабочей камеры через диаметр винта  $D_v$  и коэффициента наполнения  $K_n$ :

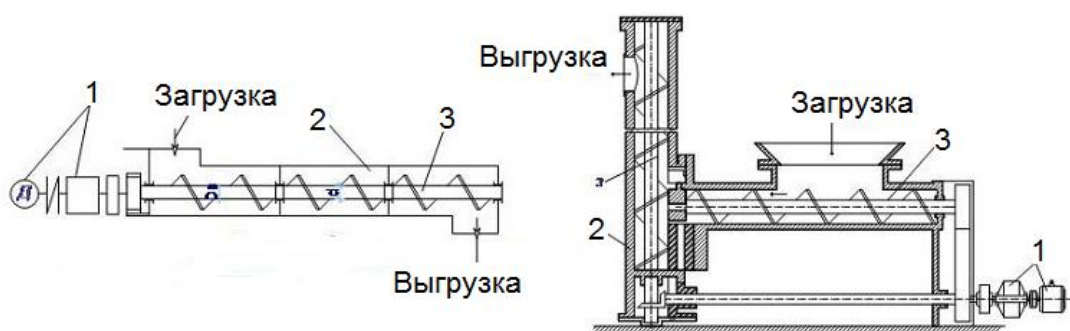
$$F = \pi D_v^2 K_n / 4$$

Особенностью рабочего процесса винтовых конвейеров является их повышенная энергоемкость, которая в 1,5...2 раза превышает энергоемкость

ленточных конвейеров. Это объясняется дополнительной затратой энергии на трение при перемещении материала по поверхности рабочего органа, так и внутреннее трение.



*Рис. 2.48 Пример вида винтового конвейера*



*Рис. 2.49 Схемы винтовых конвейеров:  
горизонтального вертикального с горизонтальным винтовыми  
питателями*

Винтовые конвейеры нашли широкое применение в промышленности строительных материалов, как элемент механического оборудования, в строительных и дорожных машинах и других областях.

**Достоинства винтовых конвейеров:** компактность и простота конструкции; полная сохранность пылевидного груза с сохранением основных свойств транспортируемого вещества, но некоторые конвейеры могут нарушать целостность хрупких материалов; невысокая стоимость; отсутствие наружных движущихся элементов, что существенно повышает безопасность при эксплуатации; простота обслуживания.

**Недостатки:** производительность шнека обеспечивается исключительно при большом расходе мощности; длина устройства ограничена в небольшом диапазоне; при транспортировании крупного груза возможно его частичное



дробление; длительная эксплуатация конвейера приводит к износу основных частей – трубы и винта.

По конструкции винтовые конвейеры бывают очень многообразны, например, двухвинтовые, наклонные, герметичные и другие.

**Элеваторы** – вертикальные или круто наклонные до  $75^\circ$  конвейеры с ковшовыми рабочими органами, расположенными на тяговой ленте или цепи с шагом  $S_k$  или непрерывно (сомкнутые ковши). В зависимости от транспортируемого материала ковши бывают мелкие, глубокие, остроугольные. Привод элеватора (рис. 2.50, а) расположен в его верхней части внутри металлического кожуха, а внизу установлено натяжное устройство, обычно винтового типа. Привод элеватора оснащен останком в виде храповика для предотвращения обратного движения тягового органа с грузонесущими элементами в случае перерыва в подаче электроэнергии. Кожух состоит из головки с разгрузочным патрубком, средней части и нижней, выполняемой в форме так называемого башмака, в который подается материал через загрузочный патрубок. По скоростному режиму работы различают: тихоходные – при скорости движения рабочих органов до  $V_s = 1,0$  м/с и быстроходные – при  $1,0 < V_s < 4,0$  м/с. Производительность элеваторов обычно до 1000 т/ч; высота подъема – до 60...75 м (до 200 м). Принцип действия всех типов элеваторов во многом совпадает. Они предназначены для перемещения насыпных и штучных грузов.

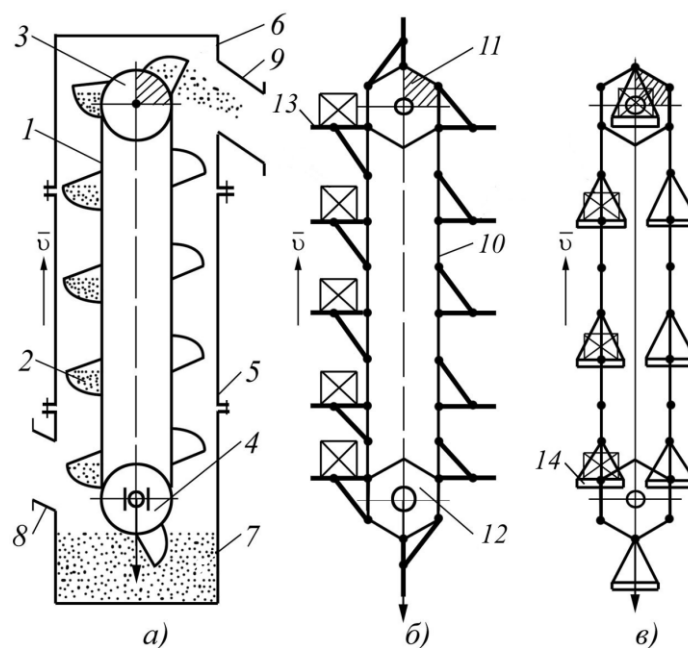


Рис. 2.50 Элеваторы: а – ковшовый; б – цепной; в – люлечный; 1 – тяговый элемент в виде цепи или ленты; 2 – грузонесущий элемент в виде ковша; 3 – приводной барабан; 4 – натяжной барабан; 5 – кожух; 6 – головка; 7 – башмак; 8 – загрузочный патрубок; 9 – разгрузочный патрубок; 10 – цепь; 11 – приводная звездочка; 12 – натяжная звездочка; 13 – грузонесущий элемент в виде полки; 14 – люлька

**Достоинства:** малые габаритные размеры в поперечном сечении; большая высота подъема; обеспечение сохранности груза; возможность герметичного перемещения груза.

**Недостатки:** сложность равномерной загрузки ковшей; чувствительность к перегрузкам; возможность обрыва тягового органа.

## 2.7 Принципы выбора оборудования для реализации аддитивных технологий в строительстве

В настоящее время аддитивные технологии в строительстве интенсивно развиваются в направлении разработки новых материалов, пригодных для 3D печати в условиях реальной окружающей среды разного времени года; разработка новых или совершенствование существующих строительных технологий для 3D печати не только мало-этажных сооружений; разработка

нового оборудования; создание автоматизированных производств с более экологичными составляющими и так далее.

По ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015 [4] на сегодня различают три вида 3D процессов: прямой подвод энергии и материалов, струйное нанесение связующего, экструзия материала, струйное нанесение материала, синтез на подложке, фотополимеризация в ванне. Все эти процессы требуют своего оборудования, но печатающие головки, независимо от процесса, требуется перемещать в пространстве. Это перемещение может осуществляться с помощью крана-манипулятора, робота или козлового крана.

Принципы выбора грузоподъемных средств пока соответствуют их выбору в строительстве:

- по грузоподъемности – грузоподъемность этих средств должна превышать максимальную ожидаемую нагрузку на кран;
- по ширине пролета – ширина пролета выбранного крана должна быть не меньше соответствующего размера строящегося сооружения;
- по высоте пролета, которая должна быть не меньше суммы максимальной высоты сооружения и грузозахватных средств с размерами печатающего устройства;
- по управлению – необходимо четко согласовывать систему управления крана с требуемой технологией возведения сооружения.

Это общий подход, который должен корректироваться в конкретных условиях применения аддитивной технологии строительства.

### **3 МАШИНЫ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ДЛЯ БУРОВЫХ РАБОТ**

К машинам для земляных работ (МЗР) относится вся строительная техника для **разработки грунта**. Эти машины применяются на всех этапах

строительных работ: подготовительных, нулевого цикла и других. Большое разнообразие МЗР отражает их классификация (рис. 3.1).



Рис. 3.1 Классификация машин для земляных работ

Приведем кратко назначение подклассов машин для земляных работ.

Землеройные машины (ЗМ) – копание и экскавация грунта;

землеройно-транспортные машины (ЗТМ) – копание и транспортировка отделенной части грунта;

машины для уплотнения грунта – окончательное уплотнение до заданной степени;

машины для образования скважин, проемов – получение технологической продукции в виде углублений – бурением, фрезерованием, проколом, продавливанием, раскаткой;

машины для получения готовых изделий в виде свай, труб, шпунта – их принудительное внедрение;

средства гидромеханизации – размыв и транспортировка грунта.

### 3.1 Грунт как рабочая среда машин для земляных работ

Так как машины для земляных работ разрабатывают грунты, то для оценки трудности разработки грунтов строительными машинами используют как их

физические характеристики (плотность, прочность, влажность, абразивность и др.), так и специальные энергетические, получаемые при натурном или лабораторном воздействии на грунт инструментом (сопротивление копанию, резанию, внедрению инструмента и другие). Для оценки трудности разработки скальных пород рыхлением широко используется критерий скорости распространения в них звуковой волны. В соответствии с ее значением грунты разделяют на: не требующие рыхления ( $\leq 450$  м/с); легкорыхлимые (450-1200 м/с); среднерыхлимые (1250-1650 м/с); труднорыхлимые (1650-2100 м/с и выше). Для восьми категорий грунтов, установленных по значению плотности, имеется база данных со значениями указанных характеристик, используемая для оценки трудности их разработки механическим способом (рис. 3.2).

| Категория<br>немерзлого грунта                                                                    | I           | II             | III            | IV             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Число ударов, С                                                                                   | 1...4(3)    | 5...8(6)       | 9...16(12)     | 17...35(25)    |
| Категория мерзлого<br>грунта                                                                      | V           | VI             | VII            | VIII           |
| Число ударов С                                                                                    | 35...70(50) | 70... 140(100) | 140...280(200) | 280...560(400) |
| ГОСТ 9693—67 введен с 01.01.1968 г. для обязательного применения при производстве земляных работ. |             |                |                |                |

*Рис. 3.2 Категории грунта по трудности разработки*

Число ударов С определяется числом ударов динамического плотномера ДорНИИ (рис. 3.3), которые необходимо совершить для погружения в грунт на глубину 10 см цилиндрического стержня плотномера площадью 1 см<sup>2</sup> под действием груза весом 25 Н, падающего с высоты 0,4 м и производящего за каждый удар работу в 10 Дж.

Исследования рабочих процессов землеройных машин учеными «советской» школы позволили получить эмпирические модели разной степени компактности для основных видов ЗМ.

При расчетах ЗМ в практической деятельности наиболее широкое применение нашла силовая модель копания профессора Н.Г. Домбровского и

модель профессора А.Н. Зеленина, основанные на энергетических характеристиках.

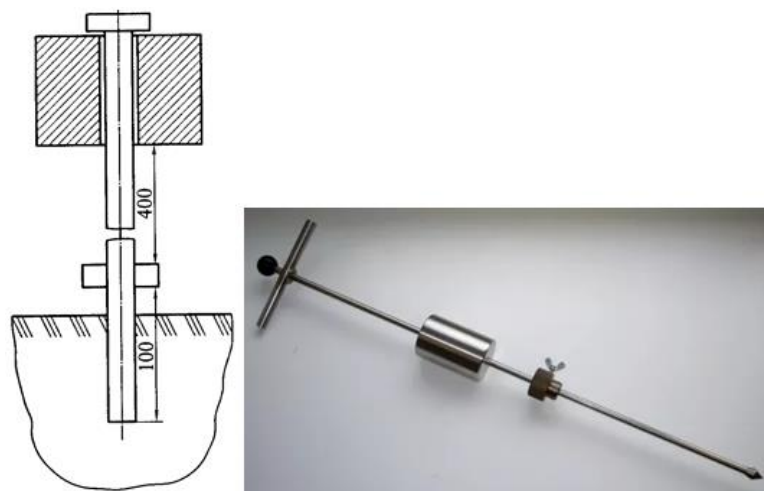


Рис. 3.3 Схема и прибор динамического плотномера (ударника)ДорНИИ

Модель копания профессора Н.Г. Домбровского, отражающая горизонтальную составляющую копания грунта:

$$W_{01} = KBC,$$

где  $K$  – удельное сопротивление грунта копанию и представляет собой для конкретных условий испытаний энергоемкость рабочего процесса копания, приведенного к эквивалентному процессу резания (модель получена на основании модели академика В.П. Горячкина, разработанной для копания плугом);  $B$  и  $C$  – толщина и ширина срезаемой стружки.

Величина нормальной составляющей сопротивления копанию  $W_{02}$  для экскаваторов может определяться по формуле  $W_{02} = \psi \cdot W_{01} P_1$ , где  $\psi = 0,2..0,6$  – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств грунта, формы рабочего органа, его затупления, величины заглубления. Более высокие значения  $\psi$  соответствуют большему затуплению режущей части. Общее сопротивление грунта копанию  $W$  является геометрической суммой сил  $W_{01}$  и  $W_{02}$ .

Касательная составляющая  $W_{01}$  оказывает сопротивление перемещению рабочего органа, а нормальная  $W_{02}$  – его подаче. Для конкретных рабочих органов ЗМ с конкретной геометрией клина считают:

$$\frac{W_{01}}{W_{02}} = \psi = \text{const.}$$

Оценка времени копания из условия затрат мощности на рабочем органе:

$$t_K = K_H \cdot q \cdot \frac{K}{N_{P.O} \cdot K_P},$$

где  $N_{P.O} = N_{дв} \cdot \eta_{\Sigma} \cdot 0,8$  (при 80%-ной реализации мощности первичной силовой установки);  $q$  – емкость ковша;  $K_H$  – коэффициент наполнения ковша;  $K_P$  – коэффициент разрыхления грунта;  $\eta_{\Sigma}$  – КПД привода.

Значения  $K$  были получены при скорости нагружения, в основном, до 1,5 м/с.

### 3.2 Способы разработки грунтов и их энергоёмкость

Основные способы разработки грунтов это – механический, гидравлический и взрывной.

**К механическим** способам относятся.

**Копание** – процесс отделения грунта от массива и его экскавации (перемещения от забоя) рабочими органами землеройных машин в результате их заглубления и перемещения внутри массива с последующим выглублением.

Процесс копания является основным при **открытом способе разработки грунта**, что характеризуется нарушением его поверхностного слоя по значительной площади: это устройство котлованов, траншей, выемок другого назначения и характеризуется значительным объемом земляных работ. Для его реализации применяют землеройные машины (экскаваторы и землеройно-транспортные машины), средства гидромеханизации, размывающие грунт, и другие виды машин.

**Закрытый способ разработки грунтов** практически исключает нарушение его поверхностного слоя, при этом разработка ведется внутри его массива с образованием скважин, используемых для прокладки коммуникаций.

Этот метод нашел широкое применение в так называемых бестраншейных технологиях, которые характеризуются значительно меньшим объемом земляных работ и снижением себестоимости и сроков их проведения. Наиболее эффективен закрытый способ проходки в городах для коммуникаций малого диаметра (до 600 мм) и в горных условиях.

**Бурение** – процесс образования цилиндрических углублений в грунте путем нарушения целостности его структуры буровым инструментом с удалением разрушенной части грунта.

**Прокол** (статический, вибрационный и виброударный) – способ образования скважины, состоящий во вдавливании в грунт рабочего органа цилиндрической формы с закрытым передним торцом, в результате чего осуществляется радиальное уплотнение грунта в стенки массива.

**Продавливание** – процесс образования скважин в результате погружения в грунт рабочего органа цилиндрической формы с открытым передним торцом с одновременным удалением грунта от забоя с помощью специальных устройств. Различают продавливание с извлечением грунта из прокладываемой трубы и продавливание с опережающей разработкой грунта. Этим методом прокладывают как металлические сварные трубопроводы диаметром 400...2000 мм, так и сборные железобетонные конструкции торцевого соединения диаметром 1000...4000 мм — для коллекторов, туннелей. Проходки реализуются в грунтах 1...3 категорий при средней длине 70-80 м.

**Раскатка грунта** — процесс образования скважин в результате радиального уплотнения грунта самозавинчивающимся рабочим органом в форме катков; используются бурильные машины и агрегаты, горнопроходческие комбайны и комплексы, а также грунтоуплотняющие машины глубинного уплотнения: пробойники, раскатчики грунта. Закрытый способ разработки грунтов часто совмещают с прокладкой коммуникаций.



**Погружение свай, труб, шпунта и других изделий** – принудительное внедрение их в грунт с нарушением его целостной структуры вдоль оси внедрения и частичного уплотнения в радиальном направлении.

**Уплотнение грунта** – процесс увеличения его плотности в результате механического воздействия рабочего органа или движителя СМ, а также в ряде случаев погружаемого ими изделия.

Применительно ко всем перечисленным видам рабочих операций сопротивление грунта оценивают с помощью его механических характеристик. Для оценки трудности разработки грунта проколом используют также показатель числа ударов динамического плотномера С.

При разработке мерзлых и прочных грунтов рабочие органы ЗМ оснащают вибрационными, виброударными механизмами, в том числе с использованием волновых эффектов. В таком исполнении их называют рабочими органами интенсифицирующего (активного) действия.

**Энергоемкость** процесса копания машин, работающих по этому принципу, по данным проф. Н. Г. Домбровского, в среднем на 40...50% меньше, чем у обычных, и в зависимости от рода грунта составит от 0,02 до 0,2 кВт·ч на 1 м<sup>3</sup>. Энергоемкость процесса разработки грунта (на 1 м<sup>3</sup>) в зависимости от группы грунта, размеров и конструкции рабочего органа составляет: а) при механическом способе — от 1 до 3 кВт·ч, достигая в отдельных случаях 6 кВт·ч; б) при гидравлическом способе — от 10 до 12 кВт·ч.

При устройстве гидротехнических земляных сооружений (плотин, дамб), а также в некоторых других случаях на водоемах или вблизи их широко применяют **гидравлическое** разрушение грунтов струей воды с использованием гидромониторов и землесосных снарядов. Таким же способом добывают песок, гравий или песчано-гравийную смесь для последующего использования как строительного материала. **Энергоемкость** процесса достигает 4кВт·ч/м<sup>3</sup>, а расход воды - до 50...60 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> разработанного

грунта. Тем же способом разрабатывают грунты на дне водоемов. Малосвязные грунты при этом разрабатывают всасыванием без предварительного рыхления, а прочные грунты предварительно разрыхляют фрезами. Этот способ разработки грунтов, которым разрабатывают около 12% общего объема земляных работ в строительстве, называют **гидромеханическим**.

Крепкие скальные породы и мерзлые грунты обычно разрушают **взрывом**: под давлением газов, образующихся при воспламенении взрывчатых веществ, которые закладывают в специально пробуренные скважины (шпуры), в прорезные узкие щели или в траншеи. Для бурения шпуров применяют машины механического бурения, а также термо- и термопневмобуры. Щели и траншеи обычно разрабатывают механическим способом. В термобуре реализуется термомеханический способ разрушения грунта: его прогрев высокотемпературной (до 1800...2000°C) газовой струей с последующим разрушением термоослабленного слоя грунта режущим инструментом. При термопневматическом бурении грунт разрушается и выносится из скважины высокотемпературной газовой струей со скоростью до 1400м/с. Разработка грунтов взрывом наиболее **энергоемкая**, а, следовательно, наиболее дорогая из всех рассмотренных выше способов.

С помощью взрыва можно выполнять и земляные работы, например, устройство насыпей или котлованов. В ограниченном количестве применяют физические, химические и физико-химические методы разработки грунтов.

### **3.3 Машины для подготовительных и вспомогательных работ**

До выполнения земляных работ производят расчистку будущей строительной площадки от леса, кустарника и камней; удаление растительного слоя, рыхление грунтов; водоотлив и водопонижение. Эти работы выполняются машинами для подготовительных и вспомогательных работ: рыхлители на базе гусеничных и колесных тракторов, кусторезы, корчеватели; оснащение для

вырезания пней из грунта и т.п., а также специальное оснащение для водопонижения и укрепления грунтов.

**Рыхлители** являются навесным рабочим оборудованием и предназначены для предварительного рыхления плотных, каменных или мерзлых грунтов для облегчения работы землеройно-транспортных машин. Их применяют также для удаления из грунта корней, остатков пней и камней после работы корчевателя, а также для разрушения старых дорожных покрытий при ремонте автомобильных дорог (рис. 3.4).



*Рис. 3.4 Рыхлитель*

**Кусторезы** предназначены для расчистки заросших кустарником и мелколесьем площадей под застройку. Они представляют собой навесное оборудование, в виде клинообразного отвала (рис. 3.5), на гусеничные тракторы и имеют гидравлическое управление. Кроме рабочего органа кустореза могут быть гладкие или пилообразные ножи.



*Рис. 3.5 Кусторез (навесное оборудование на гусеничном тракторе)*

**Корчеватели-собиратели** применяют для извлечения (корчевания) из грунта камней массой до 3 т, пней диаметром до 0,45 м, корневых систем, сплошной корчевки кустарника и мелколесья, транспортирования на близкое расстояние толканием пней, камней, кустарника и поваленных деревьев, а также погрузки камней и крупных пней в транспортные средства. На рис. 3.6 показан корчеватель-собиратель на базе гусеничного трактора с передним и задним расположением навесных рабочих органов.



*Рис. 3.6 Корчеватель-собиратель*

**Водоотлив и водопонижение** выполняют, используя водоотливные насосы и водопонижительные установки (рис. 3.7). Причем, в процессе подготовительных работ выполняют работы по водопонижению, а в процессе земляных работ — по водоотливу. На рис. 3.8 показан вариант насоса для водопонижения.



*Рис. 3.7 Водопонижение и водоотведение*



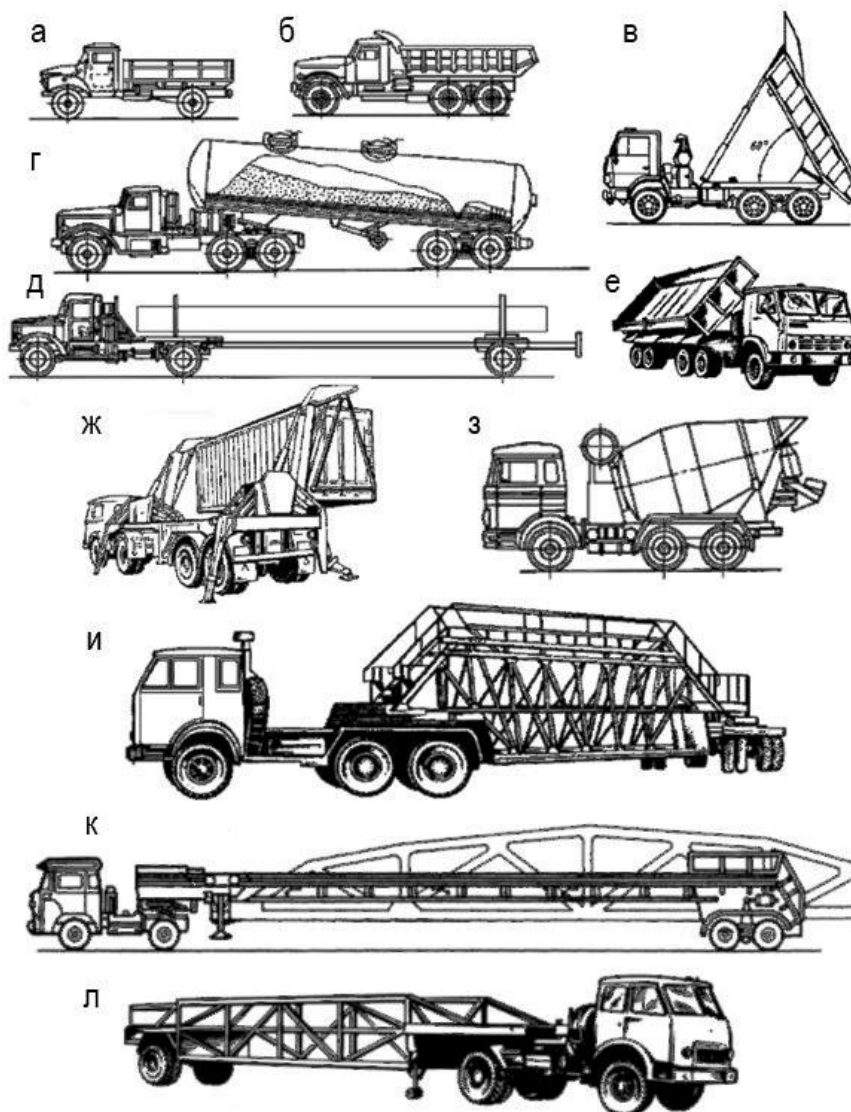
*Рис. 3.8 Вакуумный насос для водопонижения*

**Автомобильный транспорт** является основным видом транспорта при перевозке строительных грузов: строительных материалов, полуфабрикатов, деталей и изделий с заводов-изготовителей на строительную площадку или центральный склад; на него приходится около 80% всех перевозок. Транспортирование грузов автотранспортом **экономически целесообразно** на расстояния до 200 км и массе груза до 20 т.

**Достоинства автомобилей:** большая скорость; высокая маневренность; способность передвигаться по кривым участкам с малым радиусом закругления; преодолевать крутые подъемы дорог; возможность доставлять разнообразные грузы непосредственно к объекту строительства «от двери до двери» без дополнительных перегрузок или пересадок в пути следования; сравнительно небольшая доля капитальных вложений в него; незначительные расходы на погрузочно-разгрузочные работы; доставка грузов или пассажиров; возможность доставки грузов к местам их использования с соблюдением технологической последовательности производства строительно-монтажных работ.

**Недостатки автомобильного транспорта:** высокая стоимость автомашин на единицу перевозимого груза, их эксплуатация и ремонт; значительный рост стоимости перевозок с увеличением расстояния транспортирования; жесткая зависимость работы от климатических условий; низкая производительность единицы подвижного состава из-за ограниченной грузоподъемности автомобилей; наибольшая трудоемкость (на одно транспортное средство требуется не менее одного водителя); загрязняет окружающую среду.

В зависимости от **массы и геометрических размеров** конструкций их перевозят на автотранспорте общего назначения (бортовые автомобили; бортовые автомобили с одно- или двухосными прицепами; с помощью автотягачей с полуприцепами); специализированных платформах (панелевозах, балковозах, фермовозах, плитовозах и др.). Наибольшее распространение получили автомобильные специализированные транспортные средства, составленные из седельных автотягачей и полуприцепов различного назначения (рис. 3.9).



*Рис. 3.9 Автомобильный транспорт в строительстве (пример):*

а – бортовой, общего назначения; б, в, е – самосвал; г — полуприцепцементовоз; д — с прицепом-ропуском для перевозки длинномерных грузов; ж — самопогрузчик контейнеровоз; з — автобетоносмеситель; и – панелевоз; к — автопоезд-фермовоз; л — сантехкабиновоз

Строительные грузы, перевозимые автотранспортом, классифицируются по их физическим и геометрическим характеристикам на 9 групп:

- **сыпучие** — песок, щебень, гравий, грунты, строительный мусор;
- **порошкообразные** — цемент, известь, гипс, мел;
- **жидкие** — бензин, керосин, смазочные материалы;
- **тестообразные** — бетонная смесь, раствор, известковое тесто;
- **мелкоштучные** — кирпич, мелкие блоки, бутовый камень, бидоны с краской, грузы в ящиках и мешках;
- **штучные** — оконные и дверные блоки, железобетонные панели и плиты;
- **длинномерные** — железобетонные и стальные колонны, фермы, трубы, лесоматериалы;
- **крупнообъемные** — санитарно-технические кабины, блок-комнаты, блоки лифтовых шахт, крупногабаритные контейнеры;
- **тяжеловесные** — железобетонные элементы значительной массы, технологическое оборудование, строительные машины, доставляемые на строительную площадку на транспортных средствах.

Строительный автомобильный транспорт развивается в направлении увеличения грузоподъемности, большей экологичности, включения в сквозную цифровую технологию строительного производства и другое.

### 3.4 Землеройные машины

К ЗМ относятся одноковшовые и многоковшовые экскаваторы.

**Экскаваторы** – группа ЗМ, выполняемая на СШ, оснащенным рабочим оборудованием с одним или несколькими рабочими органами ковшового или скребкового типа. Различают экскаваторы **одноковшовые** цикличного действия: главный параметр – геометрическая вместимость ковша, и **многоковшовые** непрерывного действия (экскаваторы непрерывного действия) – главный параметр – производительность.



### 3.4.1 Одноковшовые экскаваторы

**Экскаватор одноковшовый** – землеройная машина позиционного циклического действия на самоходном шасси с опорно-поворотным устройством, оснащенная рабочим оборудованием в виде лопат.

Он предназначен, главным образом, для разработки (экскавации) грунта ковшовым рабочим органом (рис. 3.10 и 3.11). Наиболее широко применяется жесткая подвеска рабочего оборудования и гусеничное специальное СШ.

Строительными называют одноковшовые универсальные экскаваторы с ковшами вместимостью 0,25...2,5 м<sup>3</sup>, оснащаемые различными видами сменного рабочего оборудования.



*Рис. 3.10 Одноковшовые экскаваторы на гусеничном ходу с оборудованием прямая и обратная лопата*



*Рис. 3.11 Строительный экскаватор с рабочим оборудованием драглайн и погрузкой грунта в автосамосвал*



Строительные экскаваторы предназначены для земляных работ в грунтах I...IV категорий. С помощью унифицированного сменного рабочего оборудования (до 40 видов) они могут выполнять также погрузочно-разгрузочные, монтажные, сваебойные, планировочные, зачистные и другие работы (рис. 3.12).

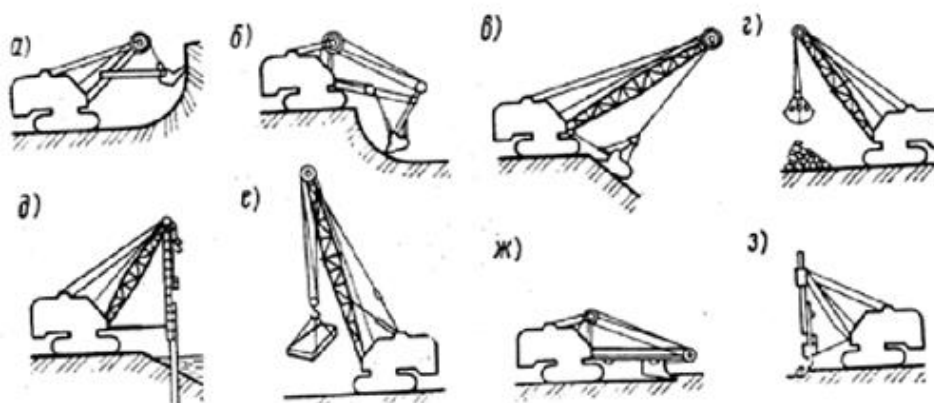


Рис. 3.12 Примеры схем сменного рабочего оборудования универсального строительного экскаватора: а – прямая лопата, б – обратная лопата, в – драглайн, г – грейфер, д – копер для забивки свай, е – кран, ж – струг, з – разрыхлитель грунта

**Классификация.** Одноковшовые строительные экскаваторы классифицируют по следующим признакам:

- 1) *по типу ходового устройства* — гусеничные с нормальной и увеличенной опорной поверхностью гусениц, пневмоколесные, на специальном шасси автомобильного типа, на шасси грузового автомобиля или трактора;
- 2) *по типу привода* — с одномоторным (механическим и гидромеханическим) и многомоторным (гидравлическим и электрическим) приводом;
- 3) *по исполнению опорно-поворотного устройства* — полноповоротные (угол поворота рабочего оборудования в плане не ограничен) и неполноповоротные (угол поворота рабочего оборудования в плане ограничен  $270^\circ$ );
- 4) *по способу подвески рабочего оборудования* — с гибкой подвеской на канатных полиспастах и с жесткой подвеской с помощью гидроцилиндров;
- 5) *по виду исполнения рабочего оборудования* — с шарнирно-рычажным и телескопическим рабочим оборудованием.

Кроме перечисленных признаков, строительные экскаваторы имеют разные размеры, массу, мощность и вместимость ковшей.

**Основные параметры одноковшовых экскаваторов:** вместимость ковша, продолжительность рабочего цикла, радиусы копания и выгрузки, высота и глубина копания, высота выгрузки, преодолеваемый экскаватором уклон пути, конструктивная и эксплуатационная масса машины, среднее давление на грунт у гусеничных машин и нагрузка на одно ходовое колесо — у пневмоколесных, колея и база ходового устройства.

**Индексация.** Действующая система индексов (рис. 3.13) дает более полную характеристику эксплуатационных возможностей машины. Буквы ЭО означают — экскаватор одноковшовый универсальный.

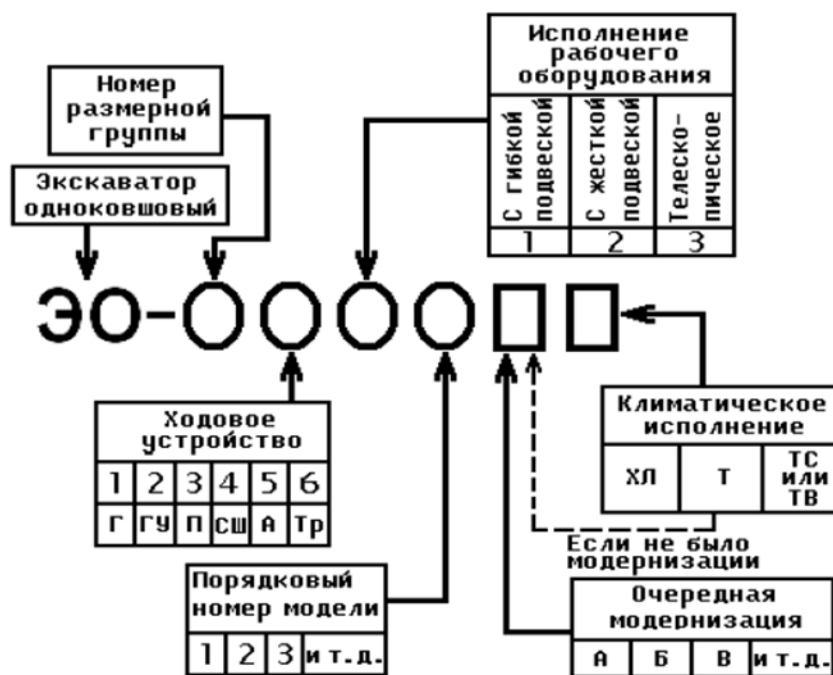


Рис. 3.13 Схема индексации одноковшового строительного экскаватора

Четыре основные цифры индекса последовательно означают: размерную группу машины, тип ходового устройства, конструктивное исполнение рабочего оборудования (вид подвески) и порядковый номер данной модели. Восемь размерных групп экскаваторов обозначаются цифрами с 1 по 8. Размер экскаватора характеризуют масса машины и мощность основного двигателя, а также геометрическая вместимость основного ковша.

В настоящее время серийно выпускают экскаваторы второй - шестой размерных групп. В стандартах на экскаваторы для каждой размерной группы обычно приводятся несколько вместимостей ковшей — основного и сменных повышенной вместимости, причем для последних предусмотрены меньшие линейные параметры и более слабые грунты, чем при работе с основным ковшом. Основным считается ковш, которым экскаватор может разрабатывать грунт IV категории с максимальными линейными рабочими параметрами (глубина и радиус копания, радиус и высота выгрузки и т.п.).

**Рабочий цикл одноковшового экскаватора** при разработке грунтов состоит из следующих последовательно выполняемых операций: копание грунта (заполнение ковша грунтом), подъем ковша с грунтом из забоя, поворот ковша к месту разгрузки, разгрузка грунта из ковша в отвал или в транспортные средства, поворот порожнего ковша к забою и опускание его в исходное положение для следующей операции копания. В процессе работы отдельные операции цикла можно совмещать (например, подъем или опускание ковша — с поворотом его в забой), что сокращает продолжительность цикла.

**Техническая производительность одноковшового экскаватора, ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )**

$$\Pi_{\text{т}} = 3600qK_{\text{н}}/K_{\text{р}}/T_{\text{ц}},$$

где  $q$  — вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $K_{\text{н}}$  — коэффициент наполнения ковша:  $K_{\text{н}} = 1 \dots 1,3$ ;  $K_{\text{н}} = q'/q$  ( $q'$  — объем разрыхленного грунта в ковше перед разгрузкой);  $K_{\text{р}}$  — коэффициент разрыхления грунта (1,15... 1,4).

Продолжительность одного рабочего цикла  $T_{\text{ц}}$  при совмещении отдельных операций (с)

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{к}} + t_{\text{п.в}} + t_{\text{в}} + t_{\text{п.з}},$$

где  $t_{\text{к}}$ ,  $t_{\text{п.в}}$ ,  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{п.з}}$  — соответственно продолжительность копания, поворота на выгрузку, выгрузки и поворота в забой, с.

**Эксплуатационная производительность ( $\text{м}^3/\text{смен.}$ ,  $\text{м}^3/\text{мес}$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ )**

$$\Pi_{\text{э}} = \Pi_{\text{т}}t_{\text{р}}K_{\text{в}},$$

где  $t_p$ —длительность периода работы, ч;  $K_g$  — коэффициент использования машины по времени.

### 3.4.2 Траншейные экскаваторы

**Траншейные экскаваторы** — это самоходные землеройные машины непрерывного действия с многоковшовым или бесковшовым (скребковым) рабочим органом, которые при своем поступательном перемещении разрабатывают за один проход траншею определенной глубины, ширины и профиля с одновременной транспортировкой грунта в сторону от траншеи. Они применяются на строительстве линейных подземных коммуникаций открытым способом, для рытья траншей прямоугольного и трапецеидального профиля под газо-, нефте-, водо- и продуктопроводы, канализационные и теплофикационные системы, кабельные линии связи и электроснабжения, а также для рытья траншей под протяженные ленточные фундаменты зданий и сооружений и оконтуривания котлованов и выемок. Производительность траншейных экскаваторов, постоянно передвигающихся во время работы и отделяющих грунт от массива с помощью группы непрерывно движущихся по замкнутому контуру ковшей или скребков, в 2...2,5 раза выше, чем у одноковшовых машин, при более высоком качестве работ и меньших энергозатратах на 1 м<sup>3</sup> разработанного грунта. Траншейные экскаваторы могут разрабатывать немерзлые и мерзлые грунты. **Главным параметром** экскаваторов является номинальная глубина отрываемой траншеи.

Траншейный экскаватор состоит из трех основных частей: базового пневмоколесного или гусеничного тягача, обеспечивающего поступательное движение (подачу) машины; рабочего оборудования, включающего рабочий орган для копания траншей и поперечное (к продольной оси движения машины) отвальное устройство для эвакуации разработанного грунта в отвал

или транспортные средства; вспомогательного оборудования для подъема-опускания рабочего органа и отвального устройства.

**Классификация и индексация.** Траншейные экскаваторы классифицируют по следующим основным признакам:

- 1) по типу рабочего органа — цепные (ЭТЦ) рис. 3.14 и роторные (ЭТР) рис.3.15;
- 2) по способу соединения рабочего оборудования с базовым тягачом — с навесным и полуприцепным рабочим оборудованием;
- 3) по типу ходового устройства базового тягача — гусеничные и пневмоколесные;
- 4) по типу привода — с механическим, гидравлическим, электрическим и комбинированным приводом.



*Рис. 3.14 Цепной траншейный экскаватор на гусеничном и пневмоколесном ходу*

Наибольшее распространение получили гусеничные траншейные экскаваторы с комбинированным приводом.



*Рис. 3.15 Роторный траншейный экскаватор*

Рабочим органом цепных экскаваторов является однорядная или двухрядная свободно провисающая бесконечная цепь, огибающая наклонную раму и несущая на себя ковши или скребки. Рабочий орган роторных экскаваторов — жесткий ротор (колесо) с ковшами или скребками, вращающийся на роликах рамы. Ширина отрываемых рабочими органами ЭТЦ и ЭТР траншей прямоугольного профиля зависит от ширины ковша или скребка и расположения режущих элементов. На один и тот же базовый тягач можно навесить сменные рабочие органы с различной шириной и числом ковшей (скребков) для рытья траншей с различными параметрами профиля. Для получения траншей трапецеидального профиля рабочие органы ЭТЦ и ЭТР оборудуют активными и пассивными откосообразователями.

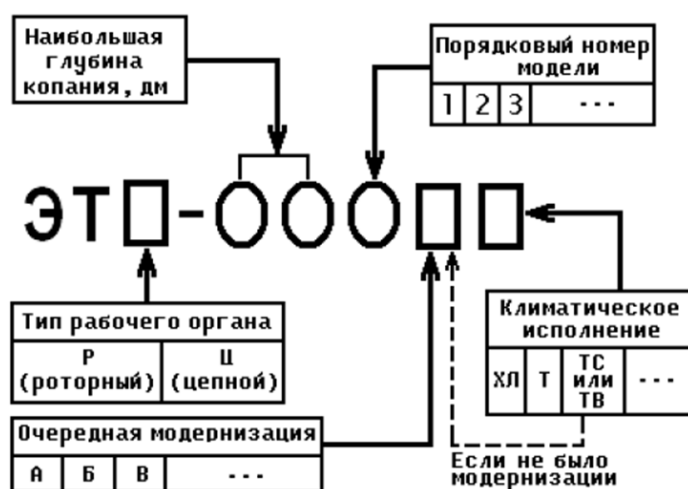


Рис. 3.16. Система индексации траншейных экскаваторов

Отделение грунта от массива и заполнение им рабочего органа осуществляют в результате сообщения цепи или ротору двух совмещенных движений копания: основного — поступательного относительно рамы (для цепи) или вращательного вокруг своей оси (для ротора) и подачи — поступательного в направлении движения машины. Основное движение способствует отделению слоя грунта и направлено по касательной к траектории копания. Движение подачи регулирует толщину отделяемого слоя грунта и направлено перпендикулярно (нормально) касательному.

Копание траншей экскаваторами: рабочий орган переводят из транспортного положения в рабочее, включают привод цепи или ротора и постепенно с помощью подъемного механизма заглубляют его в грунт до заданной отметки, после чего через ходоуменьшитель включают привод рабочего хода тягача экскаватора.

**Скребковые одноцепные экскаваторы** предназначены для рытья траншеи прямоугольного профиля глубиной до 1,6 м и шириной 0,2...0,4 м в однородных, без каменистых включений, грунтах I–III категорий под укладку кабелей и трубопроводов малых диаметров.

**Эксплуатационная производительность** цепных траншейных экскаваторов со скребковым рабочим органом ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$Пэ = 3600b_ch_c v_{ц} K_n K_v / K_p,$$

где  $b_c$  — ширина скребка, м;  $h_c$  — высота скребка, м;  $v_{ц}$  — скорость движения скребковой цепи, м/с;  $K_n$  — коэффициент заполнения экскавационных емкостей (0,35...75), зависит от характера грунта, толщины срезаемого слоя, длины и формы забоя, угла наклона рабочей цепи к горизонту;  $K_v$  — коэффициент использования машины по времени (0,5...0,65);  $K_p$  — коэффициент разрыхления грунта в процессе разработки ( $K_p = 1... 1,5$ ).

### 3.5 Землеройно-транспортные машины (ЗТМ)

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

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

#### 3.5.1 Бульдозеры

**Бульдозеры** представляют собой навесное оборудование на базовый гусеничный или пневмоколесный трактор (двухосный колесный тягач), включающее отвал с ножами, толкающее устройство в виде брусьев или рамы и систему управления отвалом.

**Главный параметр бульдозеров** — тяговый класс базового трактора (тягача). Бульдозеры применяют для послойной разработки и



перемещения грунтов I—IV категорий, а также предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтов. С их помощью выполняют планировку строительных площадок, возведение насыпей, разработку выемок и котлованов, нарезку террас на склонах, разравнивание грунта, отсыпаемого другими машинами, копание траншей под фундаменты и коммуникации, засыпку рвов, ям, траншей, котлованов и пазух фундаментов зданий, расчистку территорий от снега, камней, кустарника, пней, мелких деревьев, строительного мусора и т.п. Широкое использование бульдозеров в строительном производстве определяется простотой их конструкции, надежностью и экономичностью в эксплуатации, высокими производительностью, мобильностью и универсальностью.

### **Классификация бульдозеров:**

1) по назначению — общего назначения, используемые для выполнения основных видов землеройно-транспортных и вспомогательных работ в различных грунтовых и климатических условиях, и специальные, применяемые для выполнения целевых работ в специфических грунтовых или технологических условиях (бульдозеры-толкачи, подземные и подводные бульдозеры и др.); 2) в зависимости от тягового класса (номинального тягового усилия) базовых машин — малогабаритные (класс до 0,9), легкие (классов 1,4...4), средние (классов 6... 15), тяжелые (классов 25...35) и сверхтяжелые (класса свыше 35); 3) по типу ходового устройства — гусеничные и пневмоколесные; 4) по конструкции рабочего органа — с неповоротным в плане отвалом, постоянно расположенным перпендикулярно продольной оси базовой машины, и с поворотным отвалом, который может устанавливаться перпендикулярно или под углом до  $53^\circ$  в обе стороны к продольной оси машины (рис. 3.17); 5) по типу системы управления отвалом — с гидравлическим и механическим (канатно-блочным) управлением.



*Рис. 3.17 Бульдозеры на гусеничном ходу с неповоротным и поворотным в плане отвалом*

При канатно-блочной системе управления подъем отвала осуществляют зубчато-фрикционной лебедкой через канатный полиспаст, опускание — под действием собственной силы тяжести отвала. При гидравлической системе управления подъем и опускание отвала выполняют принудительно одним или двумя гидроцилиндрами двустороннего действия. Бульдозеры с механическим управлением в настоящее время не выпускают.

**Рабочий цикл бульдозера:** при движении машины вперед отвал с помощью системы управления заглубляется в грунт, срезает ножами слой грунта и перемещает впереди себя образовавшуюся грунтовую призму волоком по поверхности земли к месту разгрузки; после отсыпки грунта отвал поднимается в транспортное положение, машина возвращается к месту набора грунта и дальше цикл повторяется. Максимально возможный объем призмы волочения бульдозеры набирают на участке длиной 6... 10 м. Экономически целесообразная дальность перемещения грунта не превышает 60...80 м для гусеничных бульдозеров и 100... 140 м — для пневмоколесных машин. Преимущественное распространение получили гусеничные бульдозеры, обладающие высокими тяговыми усилиями и проходимостью. Чем выше тяговый класс машины, тем больший объем земляных работ она способна выполнять и разрабатывать более прочные грунты.

Гусеничные и колесные бульдозеры с тяговым усилием 200 кН и более оснащены однозубым и трехзубым рыхлителями заднего расположения.

**Основные параметры бульдозерного оборудования:** высота без козырька  $H$  и длина  $B$  отвала, м; радиус кривизны отвала  $r$ ; основной угол резания; задний угол отвала; угол заострения ножей; угол перекоса отвала и угол поворота отвала в плане; высота подъема отвала над опорной поверхностью и глубина опускания отвала ниже опорной поверхности; напорное и вертикальное усилия на режущей кромке; скорости подъема  $v_n$  и опускания  $v_o$  отвала, м/с.

**Эксплуатационная производительность бульдозера** при резании и перемещении грунта (м<sup>3</sup>/ч)

$$P_{\text{э}} = 3600 V_{\text{гр}} K_y K_n K_v / T_{\text{ц}},$$

где  $V_{\text{гр}}$  — геометрический объем призмы волочения грунта впереди отвала, м<sup>3</sup>;  $K_n = 0,85 \dots 1,05$  — коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировке;  $\phi$  — угол естественного откоса грунта в движении ( $\phi = 35 \dots 45^\circ$ );  $K_p = 1,1 \dots 1,3$  — коэффициент разрыхления грунта;  $K_y$  — коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность (при работе на подъемах  $5 \dots 15\%$   $K_y$  уменьшается от 0,67 до 0,4, при работе на уклонах  $5 \dots 15\%$   $K_y$  увеличивается с 1,35 до 2,25);  $K_n = 0,85 \dots 1,05$  — коэффициент наполнения геометрического объема призмы волочения грунта;  $K_v$  — коэффициент использования бульдозера по времени;  $T_{\text{ц}}$  — продолжительность цикла, с;

$$T_{\text{ц}} = l_p / v_p + l_n / v_n + l_o / v_o + t_n,$$

где  $l_p$ ,  $l_n$  и  $l_o = l_p + l_n$  — длины соответственно участков резания, перемещения грунта и обратного хода бульдозера, м:

$$l_o = V_{\text{гр}} / A,$$

где  $A = Bh$  — площадь срезаемого слоя грунта, м<sup>2</sup>;  $h$  — средняя толщина срезаемого слоя, м;  $B$  — длина отвала, м;  $v_p$ ,  $v_n$ ,  $v_o$  — скорости трактора при резании, перемещении грунта и обратном ходе, м/с;  $t_n = 15 \dots 20$  с — время на переключение передач в течение цикла.

Резание грунта производят на скорости 2,5...4,5 км/ч, перемещение грунта — на скорости 4,5...6 км/ч.

За **главный параметр бульдозеров** принимается номинальное тяговое усилие трактора или тягача. Тяговое усилие определяется мощностью двигателя и силой сцепления бульдозера с грунтом.

За **основные параметры** бульдозеров приняты: эксплуатационный вес бульдозера; скорости рабочего и обратного хода; среднее удельное давление ходовой части на грунт и смещение центра давления; удельное горизонтальное усилие и вертикальное давление на режущей кромке ножа, определяющее возможность разработки бульдозером грунтов с различным сопротивлением копанию.

**Тяговый расчёт бульдозера.** Тяговый расчёт бульдозера заключается в определении необходимого тягового усилия  $T$ , которое должно быть больше или равно сумме всех возникающих при работе машины сопротивлений –  $\sum W$ .

$$T \geq \sum W$$

За расчетное тяговое усилие  $P_t$ , при определении потребной силы тяги, принимают наименьшую по величине **силу тяги по двигателю или сцеплению**.

$$T^{сц} = G_{бул} \cdot f_{сц} = (m_{тр} + m_{отв}) \cdot g \cdot f_{сц} \quad (3.1)$$

где  $m_{тр}$  – масса трактора;  $m_{отв}$  – масса отвала;  $g$  - ускорение свободного падения;  $f_{сц}$  - коэффициент сцепления.

У бульдозеров значение  $f_{сц}$  может приниматься равным: 0,6 – для гусеничных и 0,5 – для колесных сельскохозяйственных тракторов и соответственно 0,9 и 0,6 – для промышленных тракторов.

Объем призмы  $Q_{пр}$  волочения зависит от геометрических размеров отвала и свойств грунта

$$Q_{пр} = (L \cdot H^2) / (2 k_{пр}),$$

где  $L$  – ширина отвала, м;  $H$  – высота отвала с учетом козырька, м;  $k_{пр}$  – коэффициент, зависящий от характера грунта (связности, коэффициента рыхления) и от отношения  $H/L$  (таблица 1).

Таблица 1 – Значения коэффициента  $k_{пр}$

|                                    |      |      |      |
|------------------------------------|------|------|------|
| Отношение $H/L$                    | 0,15 | 0,3  | 0,45 |
| Связные грунты (1...2 категории)   | 0,75 | 0,78 | 0,85 |
| Несвязные грунты (3...4 категории) | 1,15 | 1,20 | 1,50 |

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

Суммарное сопротивление движению бульдозера при транспортировании грунта отвалом по горизонтальной площадке определяется по формуле:

$$\sum W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4,$$

где  $W_1$  - сопротивление резанию;  $W_2$  - сопротивление перемещению призмы грунта перед отвалом;  $W_3$  - сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу;  $W_4$  - сопротивление движению бульдозера.

Сопротивление резанию грунта отвалом

$$W_1 = k_{рез} \cdot L \cdot h_{рез},$$

где  $L$  - ширина отвала бульдозера, м;  $h_{рез}$  - глубина резания во время перемещения призмы грунта, м;  $k_{рез}$  - удельное сопротивление грунта лобовому резанию, Н/м<sup>2</sup> (таблица 2).

Таблица 2 – Средние значения  $k_{рез}$  при угле резания  $\alpha = 45...60^\circ$

|                  |                                        |
|------------------|----------------------------------------|
| Категория грунта | Значение $k_{рез}$ , кН/м <sup>2</sup> |
| I категория      | 10...40                                |
| II категория     | 60...80                                |
| III категория    | 100...160                              |
| IV категория     | 150...250                              |

Сопротивление перемещению призмы грунта перед отвалом

$$W_2 = Q_{\text{пр}} \cdot \gamma \cdot \mu_2 = G_{\text{пр}} \cdot \mu_2 \quad (3.2)$$

где  $Q_{\text{пр}}$  – фактический объем призмы волочения в плотном теле, м<sup>3</sup>;  $G_{\text{пр}}$  – сила тяжести призмы волочения, Н;  $\gamma$  – удельный вес грунта в плотном теле, кН/м<sup>3</sup>;  $\mu_2$  – коэффициент трения грунта по грунту.

Сопротивление от перемещения грунта вверх по отвалу

$$W_3 = G_{\text{пр}} \cdot \cos \alpha \cdot \mu_1 \quad (3.3)$$

где  $\alpha$  – угол резания;  $\mu_1$  – коэффициент трения грунта по металлу, находится в пределах 0,3...0,6 (I категория – 0,46...0,6; II категория – 0,37...0,41; III категория – 0,24...0,31; IV категория – 0,18...0,22).

Сопротивление перемещению бульдозера

$$W_4 = G_{\text{бул}} \cdot f \quad (3.4)$$

где  $G_{\text{бул}}$  – сила тяжести трактора и бульдозера, Н;  $f = 0,1...0,12$  – коэффициент сопротивления перемещению бульдозера.

При тяговом расчете бульдозеров с поворотным отвалом необходимо учитывать разложение сил, вызываемое поворотом отвала в плане на угол  $\varphi$ .

Для бульдозера с поворотным отвалом суммарное сопротивление движению

$$W' = W_1' + W_2' + W_3' + W_4',$$

$$W_1' = W_1 \cdot \sin \varphi;$$

$$W_2' = W_2 \cdot \sin \varphi;$$

$$W_3' = W_3 \cdot \sin \varphi + W_3'',$$

где  $W_3''$  – сопротивление трению, возникающему при движении грунта вдоль отвала;

$$W_3'' = Q_{\text{пр}} \cdot \gamma \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \cos \varphi,$$

$$W_4' = W_4.$$

При работе бульдозера на подъемах в тяговом расчете необходимо учесть составляющие от массы бульдозера, которые будут изменять величину  $W_4$ .

В этом случае величина  $W_4$  определяется

$$W_4' = G_{\text{бул}} \cdot (f + i),$$

где  $i$  - уклон местности.

Изложенный выше метод определения сопротивлений является приближенным, так как производится суммирование сопротивлений без учета их взаимного влияния и не учитывается влияние затупления ножа отвала.

### 3.5.2 Скрепер

**Скрепер** - землеройно-транспортная машина, приводимая в движение тягачом или собственным двигателем и предназначенная для послойного срезания грунта, транспортирования и разгрузки его, обычно производимой с последующими разравниванием и предварительным уплотнением. С его помощью можно возводить насыпь земляного полотна из боковых резервов или грунтовых карьеров, устраивать выемки с отвозкой грунта в насыпи или кавальеры, планировать строительные площадки и другое.

Скреперы применяют при разработке грунтов до IV категории включительно; копания грунты выше 2-й категории предварительно разрыхляют рыхлителями.

Дальность транспортирования грунта прицепными скреперами экономически эффективна на расстояние до 300 м и самоходными до 5000 м.

**Рабочий процесс** состоит из следующих операций: набора грунта, транспортирования груженого скрепера, разгрузки его, транспортирования пустой машины к забою.

С учетом основных признаков скреперы **классифицируются**.

1. По емкости ковша ( $\text{м}^3$ ) — малой – с ковшом емкостью до 5; средней – с ковшом емкостью до 6—15; большой – с ковшом емкостью более 15.

2. По способу загрузки — заполняемые за счет подпора грунта при реализации тягового усилия базового тягача (скреперы обычного исполнения) и

загружаемые с помощью загрузочного устройства (элеваторные, гребковые, роторные).

3. По способу разгрузки — машины со свободной, принудительной и полупринудительной (комбинированной) разгрузкой. В скреперах со свободной разгрузкой опорожнение ковша осуществляется под действием собственного веса грунта. При принудительной разгрузке опорожнение ковша осуществляется с помощью задней стенки. В машинах с полупринудительной разгрузкой часть объема грунта высыпается под действием собственного веса, а часть с помощью принудительной очистки.

4. По типу привода — скреперы с канатным, электромеханическим и гидравлическим приводом.

5. По способу агрегатирования — прицепные, полуприцепные, самоходные и скреперные поезда (рис. 3.18 и 3.19).

6. По типу тягача или самоходного оборудования — колесные и гусеничные. Самоходный скрепер обычно выполнен на пневмоколесном ходу.

7. По типу трансмиссий — с механической, гидромеханической, электрической и гидростатической трансмиссией.



*Рис. 3.18 Самоходные скреперы*



*Рис. 3.19 Прицепные скреперы*



### 3.5.3 Грейдер

**Грейдер** – это прицепная или самоходная машина, оборудованная рабочим органом – регулируемым отвалом с ножом, предназначенная для планировки и профилирования площадей и откосов, послойного выравнивания грунта и прочих оснований, перемещения грунта, снега или сыпучих строительных материалов; это специальная дорожно-строительная техника (машина), способная выполнять различные земляные, строительные, дорожно-строительные и транспортные рабочие операции.

#### **Классификация.**

По ходовому оборудованию грейдеры классифицируют на:

- прицепные и полуприцепные (рис. 3.20),
- самоходные – автогрейдеры (рис. 3.21).



*Рис. 3.20 Прицепной и полуприцепной грейдеры*



Рис.3.21 Автогрейдер

По производительности (в зависимости от общей массы, мощности двигателя и габаритов отвала): легкие, средние, тяжелые и сверхтяжелые автогрейдеры.

**В зависимости от эксплуатационной мощности двигателя** автогрейдеры классифицируются на классы [6] таблица 3:

Таблица 3 – Классы автогрейдеров

| Класс | Эксплуатационная мощность двигателя, кВт (л.с.) |
|-------|-------------------------------------------------|
| 100   | До 88,2 (120)                                   |
| 140   | 88,9 – 117,8 (121 – 160)                        |
| 180   | 118,4 – 147,0 (161 – 200)                       |
| 250   | 147,8 – и выше (201 и выше)                     |

По типу управления рабочими органами различают автогрейдеры с механическим и гидравлическим управлением.

По числу колес ходовой части различают четырехколесные и шестиколесные автогрейдеры.

По колесной схеме: формула А х Б х В, где А — число осей с управляемыми колесами; Б — то же с ведущими колесами и В — общее число осей. Колесная схема отечественных автогрейдеров легкого и среднего типов —1х2х3, тяжелого типа —1х3х3.

По числу двигателей: одноmotorные и двухmotorные автогрейдеры.

По расположению двигателя: с передним и с задним расположением.

Масса автогрейдера является **главным параметром**. К **основным параметрам** и размерам относятся удельный показатель мощности, высота и длина отвала, скорость движения автогрейдера, дорожный просвет, угол резания ножа отвала, боковой вынос и заглубление отвала, колесная схема.

### 3.6 Машины для буровых и свайных работ

**Буровые работы** в строительстве проводят для закладки **взрывчатых веществ** при разрушении старых фундаментов, 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**. Диаметры шпуров не превышают 75 мм, скважин — 300 мм, ям — 2000 мм, а глубина соответственно 8, 30 (и более) и 6 м.

**Способы бурения:** 1) *механический* — вращательным, ударным и виброударным методами; 2) *физический* — термические и гидравлический методы.

Основным рабочим органом бурового оборудования (буровых установок) является винтовой бур (рис. 3.22), ударно-поворотное и шарошечное долото. Рабочие органы приводятся в действие специальными механизмами, монтируемыми на тракторах или автомобилях, иногда на кранах или экскаваторах (**буровая установка**).



Рис. 3.22 Бурильные установки на гусеничном и пневмоколесном ходу

Для забивки свай и шпунтов используют молоты (механические, паровоздушные, дизельные), машины **вибрационного действия** (вибропогружатели, вибромолоты), **копровое оборудование** (рис. 3.23).



*Рис. 3.23 Копровые машины*

**Сваи используют** для устройства фундаментов под различные здания и сооружения, повышения несущей способности слабых грунтов, а также для укрепления стенок котлованов от обрушения.

Машины, имеющие грузоподъемное оборудование для подъема и установки в скважины опор, столбов и свай, называют бурильно-крановыми (рис. 3.24).



*Рис. 3.24 Свайная бурильно-крановая установка*

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 (до 5 м), средние (до 20 м), тяжелые (свыше 20 м).

Машины для буровых работ подразделяют также:



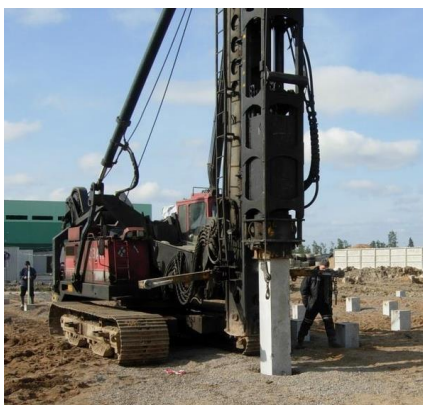
1) по способу приложения силовой нагрузки — ударного (рис. 3.25), ударно-вращательного и вращательного действия (рис. 3.24);

2) по способу удаления разрушенного грунта из скважин (шурфа или ямы) — с периодическим или циклическим удалением грунта (с помощью лопастных, короткошнековых, керновых и ковшовых буров — при вращательном бурении; грейферов и желонки — при ударном бурении); с непрерывным удалением грунта (шнеком, потоком сжатого воздуха или промывочной жидкости);

3) по типу привода исполнительных механизмов — с механическим, гидравлическим и электрическим приводом;

4) 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).

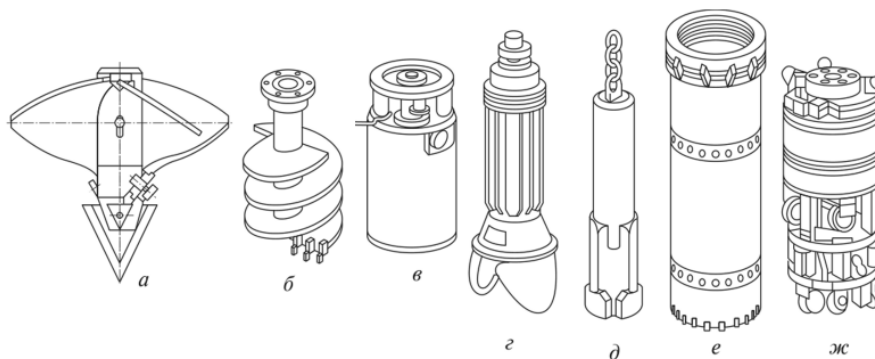


*Рис. 3.25 Установка железобетонной сваи ударным способом*

При ударно-вращательном бурении шпур или скважина диаметром 75... 150 мм и глубиной до 40 м образуется в результате сообщения буровому

инструменту одновременно с вращательным движением ударных импульсов. Очищают скважину от разрушенной породы продувкой сжатым воздухом или промывкой водой.

Большое распространение в настоящее время получили бурильные машины вращательного действия: грунт в шпуре, скважине или яме разрушается непрерывно вращающимся буровым инструментом (рис. 3.26), которому сообщается осевое усилие подачи.

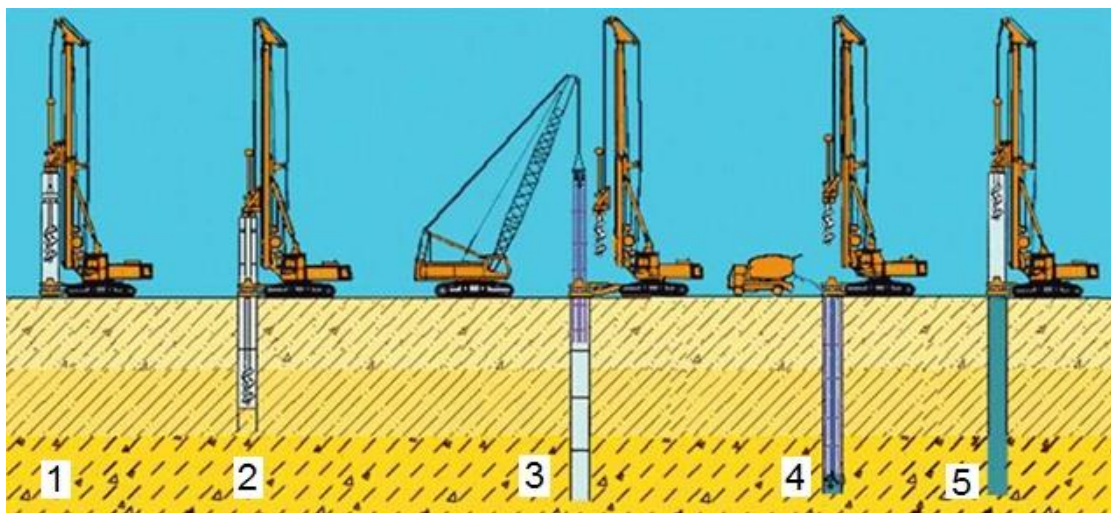


*Рис. 3.26 Виды бурильного инструмента*

*а – лопастной бур, б – шнековый бур, в – ковшовый бур, г – долото, д – грейфер, е – обсадная труба, ж – шарошечное долото*

Большое распространение в строительстве имеют буронабивные сваи. Их установка выполняется в несколько этапов (рис. 3.27).

1. Установка бурильного станка на точку бурения.
2. Погружение обсадной трубы до проектной отметки и извлечение из нее грунта.
3. Погружение армокаркаса в скважину краном.
4. Заполнение скважины бетоном из автобетоновоза-смесителя.
5. Извлечение обсадной трубы и уплотнение бетонной смеси вибропогружателем.



*Рис. 3.27 Установка буронабивной сваи*

Выбор машин для погружения свай осуществляется в зависимости от типа и конструкции свайного фундамента; грунтовых условий и рельефа строительной площадки; несущей способности свай по расчетному сопротивлению грунтов; организации и технологий производства работ; технико-эксплуатационных характеристик машин (точность, качество погружения, производительность).

**Основные параметры копров и копровых установок:** грузоподъемность (наибольшая суммарная масса подвешенной сваи, наголовника и сваепогружателя), высота мачты (расстояние от опорной плоскости копра до оси верхнего грузового блока), вылет мачты (расстояние от оси вращения поворотной платформы копра до вертикальной оси погружаемой сваи), продольный установочный наклон мачты (угол между продольной осью мачты и вертикалью в продольной плоскости симметрии копра), поперечный установочный наклон (угол между продольной осью мачты и вертикалью в поперечной плоскости симметрии копра), колея ходового устройства копра, общая масса копра с противовесом, вид используемого погружателя.

Машины и методы погружения готовых свай связаны друг с другом: каждый метод обеспечивается своей техникой. Часть этой техники и методы уже были перечислены: ударный метод погружения, рис. 3.25, (дизель-молоты, паровоздушные, гидравлические), вибрационный (высокочастотные и

низкочастотные погрузатели, рис. 3.28), погружение свай вдавливанием (рис. 3.29), завинчиванием (рис. 3.30), буронабивной метод (рис. 3.27).



Рис. 3.28 Вибропогрузатели на базе экскаватора и крановый



Рис. 3.29 Погружение готовых свай статическим вдавливанием



Рис. 3.30 Установка винтовых свай гидровращателем, установленным на кране (кране манипуляторе) и на мини экскаваторе

**Параметры, характеризующие свайные работы:** цель установки свай, схема расположения и установки свай, количество свай и метод их установки, характеристика свай (тип, масса, размеры), применяемая техника, необходимые ресурсы (вспомогательная техника, топливо и материалы, персонал, время).

**Производительность свайных работ** рассмотрим на примере определения производительности копра.

**Техническую производительность работы копра** за смену, шт/см, рассчитывают по формуле:

$$П_c = T_{cm} / T_{p.ц},$$

где  $T_{cm}$  — общая продолжительность смены, ч;  $T_{p.ц}$  — продолжительность рабочего цикла погружения одной сваи, ч.



$$T_{p.ц} = t_{п} + t_{в},$$

где  $t_{п}$  – время чистого погружения, ч;  $t_{в}$  – время вспомогательных операций, ч.

Время выполнения вспомогательных операций в справочной литературе задаётся от продолжительности рабочего цикла в виде:

$$T_{в} = K T_{p.ц},$$

где  $K$  – коэффициент учёта вспомогательных операций, принимаемый в пределах  $0,43 \dots 0,63 \div 0,77 \dots 0,83$  для копров различных типов.

В соответствии с этим сменную эксплуатационную производительность при  $T_{см} = 8,2$  ч можно рассчитать по формуле:

$$\Pi_{эсм} = 8,2(3600(1-K))K_{в} / t_{п},$$

где  $K_{в}$  – коэффициент использования копра в течение смены;  $t_{п}$  – время погружения используемого типа свай, с.

Выбор копра осуществляется по его грузоподъёмности и высоте. Грузоподъёмность копра должна превышать суммарную массу свай ( $c$ ), молота ( $m$ ) и наголовника ( $n$ ):

$$M_{к} \geq m_{с} + m_{м} + m_{н}.$$

Требуемая высота копра:

$$H = h_{с} + h_{м} + h_{н} + h_{пп} + 1,$$

где  $h$  – высота, соответственно, свай, молота, наголовника, полиспастной подвески.

### **3.5.3 Машины и оборудование для бестраншейной прокладки коммуникаций**

Прокладку подземных коммуникаций различного назначения (газо- и водопровода, канализации, теплосети, кабелей электроснабжения и связи и т.п.) в условиях городского строительства часто приходится производить под действующими автомобильными и железными дорогами, трамвайными путями,

городскими улицами и площадями, зданиями и сооружениями с использованием бестраншейных (закрытых) способов прокладки.

Наиболее распространенные бестраншейные способы прокладки коммуникаций: горизонтальное механическое бурение, прокол и продавливание, щитовая проходка. Бестраншейная прокладка позволяет сохранить целостность и нормальную работу пересекаемых дорог и улиц, наземных и подземных сооружений, сократить объем земляных работ на 60...80 % и стоимость строительства трасс коммуникаций (можно вести круглогодично). Выбор оптимального способа бестраншейной прокладки определяется геометрическими размерами, назначением и глубиной заложения коммуникаций; расположением, протяженностью и грунтовыми условиями ее трассы; характером пересекаемых сооружений и действующих коммуникаций.

**Горизонтальное механическое бурение.** Горизонтально-направленное бурение (ГНБ) – это способ бурить прямолинейные и криволинейные скважины диаметром до 1720 мм. При этом длина такого непрерывного тоннеля может достигать 2 км. Среди всех технологий бестраншейной прокладки коммуникаций именно ГНБ обеспечивает максимальную длину скважины.

Точность прокладки трубопровода по заданной траектории обеспечивает расположенный в буровом снаряде передатчик. Его сигналы принимаются приемником на поверхности, позволяя непрерывно отслеживать направление, глубину и другие параметры проходки.

Технология бурения ГНБ: в нужной точке "А" (например, на одной из сторон дороги или реки) ставится буровая установка; по заданной траектории она бурит пилотную скважину (диаметром до 10 см) с выходом в точке "Б". Затем, в зависимости от диаметра скважины, работа выполняется в один или несколько этапов расширения. В полученную после расширения скважину с использованием специального бурового раствора, как смазывающего и формирующего канал, затягивается труба (рис. 3.31).

Прокалывание земли относится к наиболее легкому методу. Суть заключается в формировании скважины при помощи уплотнения массива грунта. Методика действий следующая: в первую очередь вырывают два котлована необходимой глубины (именуемые стартовый, в который устанавливают раму с домкратами, под их действием труба с конусным наконечником большего на 20...30 мм диаметра, чем труба) врывается в массив грунта и постепенно удлиняется путем присоединения новых секций и выходит во втором (приемном) котловане (рис. 3.32 и 3.33).

Прокол может быть механическим, описанный выше, и вибрационным.



Рис. 3.31 Схема горизонтально-направленного бурения (ГНБ)

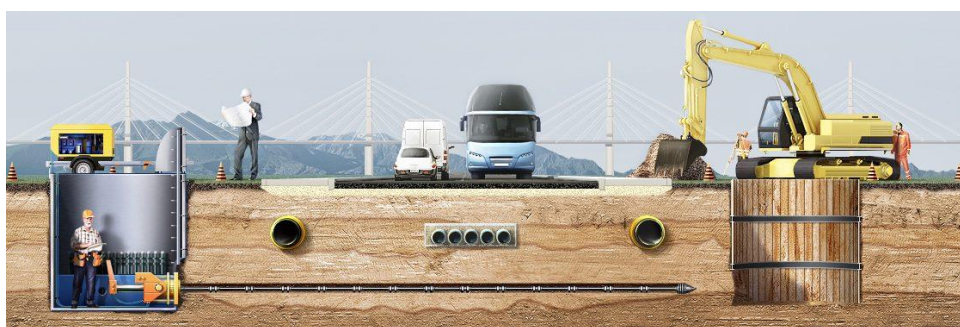


Рис. 3.32 Схема метода прокола



*Рис. 3.33 Стартовый прямок метода прокола*

Механический прокол применяют для прокладки трубопроводов различного назначения диаметром до 426 мм в глинистых и суглинистых грунтах, при максимальной протяженности проходок до 40...60 м.

Вибропрокол применяют при прокладке трубопроводов в песчаных, супесчаных и водонасыщенных грунтах: в них нельзя получить устойчивую скважину и поэтому механический прокол сильно затруднен или практически невозможен из-за больших сопротивлений движению трубы, зажатой грунтом.

Суть **вибрационного прокола** состоит в том, что на вдавливаемую в грунт трубу в процессе прокола, кроме статической, действует знакопеременная (вибрационная) нагрузка. При этом к основному оборудованию, применяемому для прокола, добавляется вибратор, встроенный в рабочую головку или присоединяемый к наружному концу трубы. Метод **виброударного прокола** заключается в проходке горизонтальных скважин путем радиального уплотнения грунта конусным наконечником под действием виброимпульсов, сообщаемых наконечнику вибромолотом горизонтального действия.

**Продавливание** (рис. 3.34). Труба вдавливается в грунт открытой частью, земля попадает внутрь и во время ее движения разрабатывается (очищается от земли) вручную или механизированным способом (может быть с помощью гидромеханизации). Сценарий проведения действий схож с проколом, но при продавливании укладывают трубы с диаметром от 600 до 1400 мм и более на

расстоянии около 80 м. В связи с этим может потребоваться установка 4-х или 6-и гидравлических домкратов, что усложняет конструкцию.



*Рис. 3.34 Установка для продавливания трубы*

Существуют и другие методы бестраншейного строительства коммуникаций, например, шнековый, бурошнековый и другие.

**Шнековая прокладка** – это метод управляемого продавливания труб диаметром от 600 мм до 1820 мм, осуществляемого с высокой степенью точности в самых разнообразных грунтах; метод позволяет проходить подземные выработки без риска обрушения забоя, избежать значительных деформаций поверхности, что особенно важно при проходке коллекторов под существующими сооружениями и коммуникациями.

**Бурошнековое бурение** заключается в следующем: внутрь большой трубы-футляра устанавливают вращающийся от двигателя установки шнек с рабочей головкой (лопатками) в торцевой части; при вдавливании установкой трубы в стенку прямка вращающийся шнек пробуривает встречающуюся ему на пути породу и частично удаляет через торец трубы. После того как первая труба полностью скрылась в почвенной толще к ней присоединяют следующую с таким же шнеком внутри. Когда конец колонны труб появится в финальном прямке, из нее последовательно извлекают все шнеки с остатками пробуренной и не удаленной ими породы.

К другим методам можно отнести микротоннелирование; проходка щитами и так далее.

## **4 МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ, ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ И ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ**

По ГОСТ 26633-2015 [6] бетон – это искусственный камневидный строительный материал, получаемый в результате формования и твердения рационально подобранной и уплотненной бетонной смеси. Бетон является основным строительным материалом, из которого возможно изготавливать сборные конструкции, изделия и сооружения различной формы и назначения с требуемыми свойствами по прочности, плотности, теплопроводности. Это материал для всех видов строительства: гражданского, промышленного, гидротехнического, теплоэнергетического, дорожного и других.

В современном СТП бетонные работ занимают значительное место и без применения соответствующих СМС это было бы невозможно. **Машины для производства бетонных работ (МБР)** – это совокупность различных машин и оборудования, предназначенных для приготовления, укладки и нанесения строительных составов (насосы, смесители, бетоноукладчики, камерные пневмонагнетатели, штукатурные и окрасочные агрегаты); транспортирования, подачи, распределения, уплотнения бетонной смеси (вибраторы), разравнивания и затирки нанесенного состава; алмазной обработки бетона (пилы, шлифовальные, сверлильные, нарезчики швов, бетоноразравнивающие машины); машины для гидроизоляционных и отделочных работ, как сопутствующие бетонным работам.

### **4.1 Машины для производства бетонных работ**

#### **4.1.1 Основные виды строительных составов**

Строительные составы делят на готовые смеси и сухие смеси, на которые существуют соответствующие ГОСТы: термины и определения,

классификация, состав, требования и так далее. Поэтому в первую очередь нужно обращаться к нормативной литературе, например, [8, 9].

Готовые смеси в основном это бетоны и строительные растворы.

**Бетон** — это искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердевания бетонной смеси, состоящей из отдозированных в определенном соотношении вяжущих веществ (цементирующих), мелких (песок) и крупных (щебень или гравий) заполнителей, наполнителей (порошкообразных материалов крупностью, сопоставимой с размерами частиц вяжущего вещества и образующихся кристаллогидратов), воды и в необходимых случаях модифицирующих добавок [9].

**Строительные растворы** — это мелкозернистые тщательно отдозированные смеси, состоящие из неорганических вяжущих веществ (цемента, извести, гипса, глины), мелкого заполнителя (песка, дробленого шлака, отсева дробления), воды и в необходимых случаях добавок (неорганических или органических). В свежеприготовленном виде их можно укладывать на основание тонким слоем с заполнением неровности. Основные качественные характеристики незатвердевших растворных смесей: средняя плотность, подвижность, водоудерживающая способность (устойчивость к расслаиванию), требуемые сроки схватывания, условия применения (температура и влажность). У затвердевшего растворного композита определяют прочность на сжатие в проектном (марка) и промежуточных сроках твердения, морозостойкость и средняя плотность камня.

Бетоны классифицируют по ряду признаков, основным из которых является средняя плотность, определяющая большинство его свойств, на которую, в свою очередь, влияют плотность цементного камня, вид заполнителя и структура бетона. По плотности бетоны делят на пять видов:

1. Особо тяжелый (плотность выше  $2500 \text{ кг/м}^3$ ).
2. Тяжелый (рядовой или обычный) бетон (плотность  $2100\text{--}2500 \text{ кг/м}^3$ ).
3. Облегченный имеет меньшую плотность ( $1800\text{--}2100 \text{ кг/м}^3$ ).

4. Легкий бетон (плотность 1200–1800 кг/м<sup>3</sup>, чаще 1300–1500 кг/м<sup>3</sup>).

5. Особо легкий бетон (плотность меньше 1200 кг/м<sup>3</sup>, чаще 500–800 кг/м<sup>3</sup>).

Главным компонентом бетона, определяющим его свойства, является вяжущее вещество, по виду которого бетоны разделяют на ряд видов: цементные, силикатные, гипсовые, шлакощелочные, полимербетоны, полимерцементные бетоны и специальные бетоны. Также есть классификация по назначению, заполнителям и так далее.

Строительные растворы классифицируют по ряду свойств: по средней плотности, по вяжущим, по заполнителям и их количеству, по условной твердости, по назначению. Более подробно строительные составы рассматриваются в других дисциплинах, а здесь даны лишь общие представления, учитываемые в соответствующих машинах и механизмах.

#### **4.1.2 Требования к составам для реализации аддитивных технологий**

**Требования к составам для реализации аддитивных строительных технологий (АСП)** изложены в ГОСТ Р 59097-2020 [10]. Эти требования, помимо прочего, касаются нормируемых показателей качества строительных материалов для АСП конкретных видов, обеспечивающие технологическую и техническую эффективность материалов, а также технологической документации на их применение.

**Аддитивные строительные технологии** реализуются в виде 3D печати. Опыт применения при этом обычных строительных материалов показал, что это возможно. Но для многих конкретных условий применяемые для 3D печати материалы должны все же в конкретных условиях обладать дополнительными или другими свойствами. На сайте [11] изложены часть этих требований. Например, по бетону приведены отдельные требования по свежеприготовленному (возможность смешивать и подавать насосом в течение требуемого промежутка времени, возможность непрерывной подачи материала,



не «плышет» и выдерживает нагрузку в несколько слоев после экструзии) и затвердевшему (механические свойства зависят от направления печати и размеров поперечного сечения).

Применяемые для 3D печати материалы должны приобретать достаточную прочность в промежуток времени между нанесением следующего слоя и общая прочность, особенно нижних слоев, должна обеспечивать прочность сооружения. В то же время, этот материал должен быть достаточно текучим, чтобы проходить через сопло печатающей головки 3D принтера. Имеются и другие противоречивые требования, которые в определенном смысле удастся учитывать при создании новых материалов для аддитивных технологий в строительстве [12]. В ГОСТ Р 1.0.182-1.024.19-2020 [13] перечислены требования и показатели качества материалов для аддитивных технологий в строительстве; они касаются, например, влажности, крупности зерен наполнителя, прочности, плотности, подвижности и так далее.

#### **4.1.3 Смесительные машины: классификация, главный и основные параметры**

**Смеситель** - рабочее оборудование в виде емкости, предназначенное для приготовления строительных составов путем перемешивания их дозированных компонентов с помощью лопастного устройства (аппарата).

Рабочий процесс перемешивания реализуется лопастным аппаратом путём создания потоков загружаемых компонентов смеси в специальной камере-ёмкости, называемой чашей или барабаном. Основные виды потоков: переменный, радиальный, перекрёстный. Наиболее эффективный режим потоков - турбулентный.

В строительном производстве смесительные машины применяются для приготовления бетонной смеси или строительных растворов.

**4.1.3.1 Смесительные машины классифицируются по следующим основным признакам:**

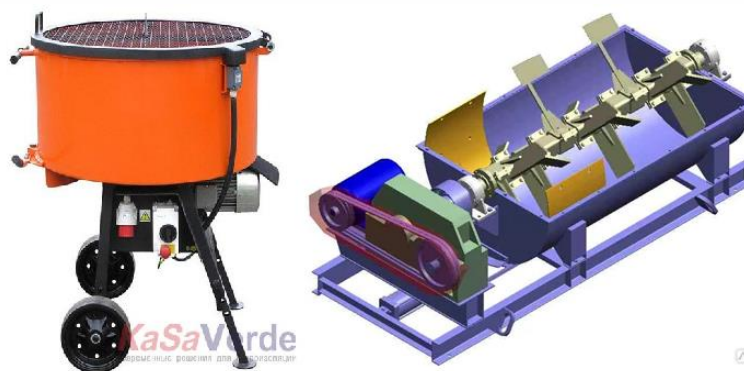
- **по назначению** – для приготовления разных видов бетонов (ячеистого, тяжелого, силикатного, полимербетона, керамзитобетона и т.п.), для получения строительных растворов;

- **по характеру перемешивания** – циклические (или периодического действия), когда загрузка перемешиваемых материалов производится отдельными порциями и новая порция загружается в барабан только после выгрузки из него предыдущей; и непрерывного действия, когда отмеривание материалов и загрузка их в смесительный барабан производится непрерывно и также непрерывно осуществляются перемешивание и выгрузка готовой смеси;

- **по способу перемешивания** – принудительного действия (лопастные), когда перемешивание бетонных смесей заключается во вращении лопастей при неподвижной рабочей емкости бетоносмесителя рис. 4.2; и гравитационные (барабанные), когда перемешивание происходит в результате подъема и свободного сбрасывания (падения) бетонной смеси внутри вращающегося вокруг своей оси барабана, в котором лопасти расположены непосредственно на стенках рабочей емкости (рис. 4.3);

- **по конструкции рабочих органов:** барабан может быть цилиндрическим, грушевидным или двухконусным, смесительные валы могут быть расположены вертикально (тарельчатого типа) или горизонтально (лоткового типа);

- **по способу перемещения** – стационарные и передвижные.



*Рис. 4.2 Лопастные смесители принудительного перемешивания*

Преимущество гравитационных смесителей заключается в простоте конструкции, способности перемешивать бетонные смеси с более крупным заполнителем при минимальном износе рабочих органов. Но они предназначены только для подвижных и малоподвижных смесей.



*Рис. 4.3 Бетоносмесители гравитационного типа*

Жесткие смеси перемешивают в смесителях принудительного действия. В данном случае принцип работы заключается в том, что движущиеся лопасти создают мощные встречные потоки массы материала, чем достигается максимальная однородность смеси. Главным плюсом смесителей принудительного действия является меньшая продолжительность перемешивания, а, следовательно, более высокая производительность. Однако в результате перемешивания происходит значительный износ лопастей рабочих органов и футеровки корпуса, в результате более высокой скорости их воздействия на материал, что негативно сказывается на условиях работы.

Технология приготовления строительных составов предусматривает дозированную подачу их компонентов в смесительную камеру. Устройство, реализующее такую подачу, называют дозаторами.

Дозаторы представляют собой особую группу машин непрерывного транспорта - питателей (ленточных, ковшовых, винтовых и вибрационных конвейеров, пневмо- и гидронасосов и др.), оснащенных аппаратурой для дозированной загрузки компонентов и воды с нормированной точностью. Так, при приготовлении бетонных и растворных смесей необходимо обеспечить

погрешность дозирования (по массе) для вяжущих веществ и воды  $\pm 2,5\%$ . Они используются также в окрасочных агрегатах для нанесения двухкомпонентных составов, в оборудовании для приготовления строительных смесей и др.

Дозаторы классифицируют по следующим признакам:

- виду дозируемого параметра: на объёмные и весовые (последние обеспечивают лучшую точность дозирования);
- принципу действия: циклического и непрерывного;
- виду дозируемого материала (жидкости, сыпучих, цемента, химических компонентов);
- системе управления: ручные, полуавтоматические и автоматические.

Основными характеристиками дозаторов являются точность дозирования и производительность.

**4.1.3.2 Основным органом смесителя** является смесительный барабан. В зависимости от формы барабаны бывают грушевидные, двухконусные, цилиндрические, корытообразные, чашеобразные и др (рис. 4.4).

Смесительные барабаны загружаются с помощью скиповых подъемников, из бункера или вручную.

Кроме смесительного барабана и загрузочного устройства в смеситель входят: механизма для разгрузки из смесительного барабана приготовленной в нем смеси; водяного дозирочного бака для отмеривания и подачи в смесительный барабан необходимой порции воды для затворения смеси; двигателя с механизмами для передачи движения рабочим органам машины; станины, на которой смонтированы двигатель и все части машины.

По способу выгрузки смеси гравитационные смесительные машины периодического действия подразделяются на:

- 1) смесители с опрокидным или наклоняемым смесительным барабаном (рис. 6.1);
- 2) смесители с неопрокидным барабаном.

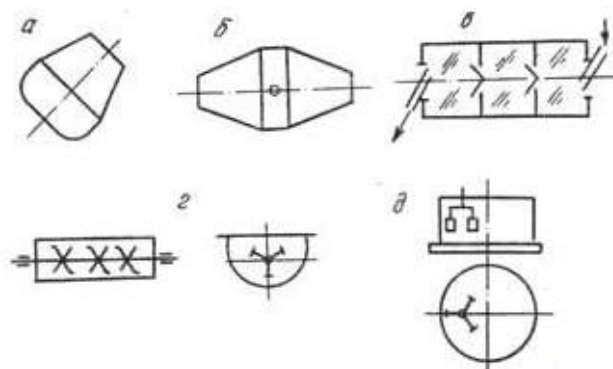


Рис. 4.4 Формы смесительных барабанов

**4.1.3.3 Главным параметром** бетоносмесителей непрерывного действия является производительность по готовой смеси от 5 до 240 м<sup>3</sup>/ч.

**Главным параметром** бетоносмесителей циклического действия является полезная вместимость емкости (барабана) в литрах готового замеса, а также объем загрузки сыпучих компонентов (бетоносмесители от 100 до 4500 л; растворосмесители – от 40 до 1500 л).

**Основные параметры** смесительных машин зависят от их назначения и конструкции. Общее для них может быть полезный объем барабана, частота вращения лопастного вала или барабана, мощность двигателя, масса и габариты установки и другие.

**4.1.3.4 Тенденции развития смесительного оборудования** направлена на повышение интенсивности и эффективности рабочих процессов смешивания; усовершенствование бетоносмесительного оборудования будет развиваться с учетом круглогодичной эксплуатации (до —40 °С) в связи с расширением строительства в районах Сибири и Дальнего Востока; использования блочного принципа конструирования повышенной заводской готовности; широкого внедрения на установках большой производительности микроЭВМ и включение этого оборудования в общую систему сквозных цифровых технологий в строительном производстве; разработка новых технологических основ работы смесительного оборудования; применения более совершенных приводов в смесителях; разработка механизированных бетоносмесительных

установок для применения на объектах с малым потреблением бетонной смеси и другие направления.

#### **4.1.4 Основы теории рабочих процессов и рационального выбора режима работы**

Перемешивание является важнейшей операцией, определяющей свойства готового строительного состава. Сущность этой операции состоит в формировании потоков движения компонентов, при которых будет происходить процесс. Направление движения и скорость формируемого потока определяют эффективность реализации рабочего процесса, характеризуемого погребным временем перемешивания и затрачиваемой мощностью. Процесс перемешивания, являясь комбинированным процессом, включает два простых процесса: смешения - принудительного распределения компонентов смеси по объему с целью получения однородной смеси; сепарации - принудительного распределения материала по крупности частиц и их плотности.

Указанные простые процессы происходят с различной степенью интенсивности, определяемой скоростью и ускорением воздействия лопастей на компоненты смеси, формой лопастей и порядком их установки. Длительность перемешивания характеризуется интенсивностью протекания процессов смешивания и сепарации и помимо конструктивных параметров смесителей зависит от состава и свойств смеси, оцениваемых ее структурной вязкостью. Распределение исходных компонентов смеси в каждом ее элементарном объеме определяет ее качество.

Рабочий процесс смесительной машины состоит из ряда этапов, учитываемых при расчете производительности этих машин.

Производительность смесительных машин циклического действия зависит от емкости их барабана и времени, затрачиваемого на приготовление одного замеса.

Время, затрачиваемое на приготовление одного замеса, состоит из следующих элементов:

времени, расходуемого на загрузку смесительного барабана  $T_1$ ;  
времени перемешивания  $T_2$ ;  
времени, затрачиваемого на разгрузку готовой смеси  $T_3$ ;  
времени, необходимого для возврата наклоненного барабана в исходное положение или для закрытия затвора при разгрузке через отверстие в днище барабана  $T_4$ .

Продолжительность загрузки смесительного барабана  $T_1$  составляет в среднем 15...20 с при подаче материалов загрузочным ковшем и 10...15 с при загрузке из бункера.

Продолжительность перемешивания  $T_2$  зависит от величины замеса, для обычного бетона перемешивание длится 60...120 с; для нормальных известковых или смешанных растворов это время колеблется в пределах 60...90 с, а для растворов с легкими заполнителями – 120...150 с.

Время разгрузки готовой смеси  $T_3$  при опрокидном или наклоняющемся барабане составляет 10...20 с, а при неопрокидном – 20...30 с.

Затрата времени на возврат барабана или закрытие затвора  $T_4$  составляет 10...12 с.

Число замесов в течение часа работы

$$n = 3600 / (T_1 + T_2 + T_3 + T_4)$$

Часовая техническая производительность смесительной машины,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , с емкостью смесительного барабана  $V_c$ , л, по готовой смеси

$$П = V_c n / 1000.$$

Производительность смесительных машин может быть повышена за счет увеличения емкости барабана по загрузке или за счет сокращения времени операций цикла.

В смесительных машинах непрерывного действия время затрачивается только на полезную операцию перемешивания материала. Поэтому такие

смесители имеют повышенную производительность, определяемую аналогично СМ непрерывного действия.

К числу наиболее важных технологических параметров относят крупность заполнителя бетона  $a_{\max}$  и объем готового замеса.

$$Q_{Г.З} = Q_{ПР} \cdot K_{ВЫХ}$$

где  $K_{ВЫХ}$  - коэффициент выхода готовой продукции;  $K_{ВЫХ} < 1,0$ .

$$Q_{ПР} = Q \cdot K_{ОБ},$$

где  $Q$  – геометрическая емкость барабана, л;  $K_{ОБ}$  - объёмный коэффициент его заполнения.

Режим работы оборудования выбирается исходя из требуемой производительности, марки и вида (назначения) бетона и имеющихся ресурсов в данных конкретных условиях. Оптимальный режим работы может быть установлен из условия минимальной энергоемкости рабочего процесса.

Часто на строительной площадке используют технологию доставки готовых, частично приготовленных составов и сухих строительных смесей. При этом используется специализированный транспорт, например, автобетоновозы, автобадьево­зы, автобетоно­побудители, автобетоно­смесители.

**Автобетоновоз** – специальный автомобиль, предназначенный для качественной температуросохранной массовой доставки готовой бетонной смеси в ковшеобразном термоизолированном или подогреваемом кузове. Однако на рынке больше предложений по автобетоно­смесителям.

**Автобетоно­побудители** – автобетоновозы с устройством для побуждения перевозимой готовой смеси с помощью лопастного вала.

**Автобадье­воз** – специальный автомобиль, обычно тягач с полуприцепом, предназначенный для порционно-контейнерных перевозок сухих и готовых смесей в отдельных ёмкостях.



**Автоцементовоз** – специальный автомобиль - тягач с полуприцепом, оснащённый закрытой ёмкостью для пылевидного состава и устройством его загрузки и выгрузки в виде пневмотранспортной установки.

**Автобетоносмеситель** – специальный автомобиль с рабочим оборудованием смесительного типа (рис. 4.5).



*Рис. 4.5 Автобетоносмесители*

**Автобетоносмеситель-укладчик** – автобетоносмеситель, оснащённый рабочим оборудованием для укладки бетонной смеси в виде ленточного конвейера или бетононасоса с распределительным манипулятором (стрелой) рис. 4.6.



*Рис. 4.6 Автобетоносмеситель с ленточным конвейером (слева) и с бетононасосом и распределительной стрелой (справа)*

#### **4.1.5 Машины и оборудование для распределения, укладки (нанесения) строительных составов**

Механизация работ на строительной площадке связана с приёмом, приготовлением, распределением (подачей), укладкой или нанесением на обрабатываемую поверхность строительных составов. СМ указанных видов работ реализуют выполнение следующих операции:

- смесители - приготовление строительного состава;
- насосы и агрегаты на их базе - распределение его в пределах строительной площадки, укладки или нанесения на обрабатываемую поверхность;
- вибраторы - уплотнение бетонных смесей;
- разравнивающие и затирочные машины - разравнивание и затирку нанесённого состава.

Для распределения, укладки (нанесения) строительных составов на строительных объектах используются краны с бадьей, конвейеры, а также насосы. Последние перемещают строительные составы по трубам, что обеспечивает возможность их укладки или нанесения на обрабатываемые поверхности, расположенные на разных уровнях. Расходные и напорные характеристики насосов обеспечивают подачу строительных составов на расстояние свыше 100 м по вертикали или нескольких сотен метров по горизонтали. В этом случае для удержания трубопровода используются стреловые манипуляторы, управляемые гидроприводом, выполняемые в стационарном исполнении или устанавливаемые на самоходные шасси различных видов, а также башенные краны. Такие машины, в случае укладки бетонной смеси, называют бетоноукладчиками. По виду исполнения различают стреловые, башенно-стреловые, и пролетно-стреловые манипуляторы. Стреловые манипуляторы (бетонораздаточные стрелы) представляют собой телескопические или шарнирно сочлененные (из нескольких секций) стрелы вдоль которых уложен бетоновод. Их характеризуют радиусом действия и рабочей зоной охвата (для значительной рабочей зоны они устанавливаются на вращающейся колонне автомобильного шасси, оснащенного бетононасосом).

Башенно-стреловые бетонораздаточные манипуляторы используют в высотном строительстве, они представляют собой сборную башню, смонтированную из решетчатых или сплошных секций, в верхней части которой имеются площадка для оператора и бетонораздаточная стрела.

Башня устанавливается на опорную площадку, закрепленную на фундаменте здания, и крепится к перекрытиям здания по мере его возведения. Подача бетонной смеси осуществляется стационарными бетононососами. Такие манипуляторы не только имеют значительный радиус действия (до 50 м), но и хорошие высотные характеристики.

Много бетоноукладчиков применяют при дорожном строительстве, а при строительстве зданий и сооружений в основном используют стационарные бетононасосы и автобетононасосы с манипулятором (рис. 4.7).



*Рис. 4.7 Стационарный бетононасос и автобетононасос со стрелой-манипулятором*

Для осуществления операций нанесения строительных составов на обрабатываемую поверхность используют различные насадки, которые в зависимости от их формы (сужающая, расширяющая), длины и выходного диаметра называют соплом, форсункой, диффузором, а также роторные устройства. Сам процесс нанесения состоит в распаде непрерывного потока материала, перемещении его частей с повышенной скоростью к поверхности нанесения, растекании и уплотнении его на обрабатываемой поверхности. Различные строительные составы требуют разных скоростей нанесения, в связи с чем используются те или иные распылители, выбираются соответствующее расстояние от них до обрабатываемой поверхности и скорость перемещения этих устройств.

Для выполнения операции послойного нанесения бетона или другого строительного состава используют торкрет-установки, обеспечивающие мокрое и сухое торкретирование (рис. 4.8).



*Рис. 4.8 Торкрет-установка и процесс торкретирования*

На стройках применяются **строительные специализированные насосы** - силовое оборудование с собственным приводом, предназначенные для транспортирования различных составов: бетонных смесей, раствора, битума, красочных составов.

В приводе насосов используется асинхронный электрический двигатели и двигатели внутреннего сгорания с механической или гидравлической передачей.

Бетононасосы применяют для транспортирования, укладки и набрызг-бетоинрования бетонных смесей толщиной  $6 \div 12$  см с содержанием цемента  $250 \div 300$  кг/м<sup>3</sup> при водо-цементном соотношении не менее 0,65, а также легкого бетона, в процессе приготовления которого зерна пористого заполнителя обрабатывают цементной суспензией с целью образования оболочки, снижающей водопоглощение заполнителя. Диаметр бетоновода до 200 мм.

В конструкциях бетононасосов используют поршневые и роторные насосные модули. **Поршневые насосы** с целью более равномерной подачи смеси и увеличения производительности оснащают пневмо-гидроаккумулирующим устройством и часто двумя рабочими камерами, поочередно соединяющимися с транспортным бетоноотводом с помощью распределительных устройств. Номинальное давление, создаваемое

поршневыми бетононасосами, составляет обычно  $3\div 12$  МПа, иногда до 35 МПа. Это обеспечивает возможность подачи бетонной смеси по высоте до 300 м (эквивалентная дальность подачи до нескольких км).

**Роторные (роторно-шланговые)** насосы являются насосами перистальтического действия, исключающего необходимость в клапанной системе.

Роторные бетононасосы компактны, обеспечивают равномерную подачу бетонной смеси. При давлении до 3,5 МПа они обеспечивают подачу бетонной смеси до  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  на высоту до 40 м при диаметре бетоновода 125 мм.

**Растворонасосы** – специальные насосы (поршневые, винтовые), предназначенные для перекачивания (транспортирования) строительных растворов подвижностью от 5 см и выше по резиноканевым и металлическим раствороводам.

Их также используют для нанесения штукатурных слоев, отделочных и изоляционных материалов на обрабатываемую поверхность с помощью форсунки или безкомпрессорного сопла, одеваемых на конец растворовода, обеспечивающих увеличение скорости перемещения составов. Для растворов с осадкой конуса 6-7 см используют форсунки, в которых процесс нанесения интенсифицирован за счет дополнительной подачи к нему воздуха. Растворонасосы работают обычно в комплекте с приемным бункером, оснащенным виброситом с ячейками  $3\times 3\ldots 5\times 5$  мм и побуждающим устройством, поддерживающим рабочее состояние строительного раствора путем механического воздействия лопастного рабочего органа. Растворонасосы входят также в состав штукатурно-смесительных агрегатов, выполняющих весь технологический комплекс работ - от приготовления до нанесения строительных растворов. При использовании подвижных растворов с подвижностью от 9 см и выше достаточно создания давления в напорном трубопроводе порядка 1,5 МПа.

При подвижности раствора 7 см и менее требуется давление свыше 3,0 МПа. В соответствии с этим, а также требуемой высотой подачи растворонасосы выпускаются в трех диапазонах давления в напорном трубопроводе: до 2,0 МПа; от 2,0 МПа до 3 МПа и свыше 3 МПа. Главными параметрами растворонасосов являются производительность (2-6 м<sup>3</sup>/ч) и рабочее давление (1,5-4,0 МПа), определяющие длины участков трассы транспортирования по горизонтали 100-360 м и вертикали 20-100 м (эти значения соответствуют одноцилиндровым растворонасосам, которые используют наиболее часто; для двухцилиндровых машин производительность - 7-10 м<sup>3</sup>/ч, рабочее давление 4,0-6,0 МПа). Привод растворонасосов обычно механический, выполненный на базе асинхронных трехфазных электродвигателей или двигателей внутреннего сгорания. Для удобства транспортировки рама насосов имеет одноосную колесную пару. На растворонасосах устанавливаются блоки контроля с перепускным устройством, позволяющим в зависимости от условий изменять давление и подачу, сохраняя загрузку двигателей; имеется манометр и реле давления, необходимые для отключения электродвигателя при повышенном давлении раствора в напорной магистрали.

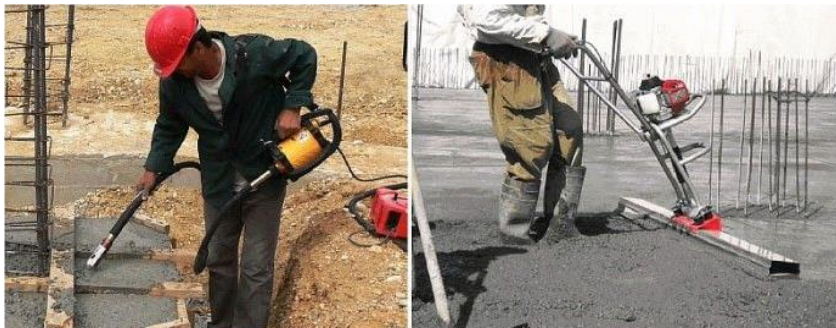
Наиболее часто используются насосы поршневого и винтового типов.

Кроме насосов, еще применяют камерные пневмонагнетатели. **Камерные пневмонагнетатели** — комплекты оборудования в составе компрессорной установки, одной или двух загрузочных пневмокамерных емкостей для рабочей смеси, оснащенных на выходе дозирующим устройством, пневматическими форсунками, регулирующей и предохранительной аппаратурой, обеспечивающей подачу как сухих смесей, так и готовых строительных составов по трубопроводу к месту ее укладки или нанесения способом вытеснения материала напором сжатого воздуха.

**Строительные вибраторы** - группа машин вибрационного действия для проведения бетонных работ с рабочим органом в форме плиты, бруса,

цилиндров и лопастей, обеспечивающих послойное уплотнение бетонной смеси.

В зависимости от взаимного расположения к обрабатываемому объему смеси их разделяют на наружные и внутренние – глубинные (рис. 4.9).



*Рис. 4.9 Уплотнение бетона глубинным вибратором и вибробрусом*

Наружные вибраторы имеют рабочий орган в форме плиты, бруса и устанавливаются на поверхность обрабатываемой бетонной смеси, относительно которой их перемещают. В результате этого уплотняется слой бетонной смеси до 30÷50 см в зависимости от свойств смеси и характеристик вибратора.

Глубинные вибраторы (рис. 4.10) чаще всего имеют цилиндрическую форму рабочего органа – вибронаконечник. Объемные пакеты глубинных вибраторов состоят из нескольких вибронаконечников, закрепленных на траверсе. При формировании плоского пакета вибраторов к вибронаконечникам прикрепляют плиту, являющуюся плоским источником колебаний (рис. 8.24б).



*Рис. 4.10 Глубинные вибраторы*



**Расчет потребного числа вибраторов  $n$**  производят при заданной интенсивности укладки бетонной смеси  $V$ , м<sup>3</sup>/ч и эксплуатационной производительности вибратора  $\Pi_{э.в}$ , м<sup>3</sup>/ч по формуле:

$$n = \frac{V}{\Pi_{э.в}} = \frac{V \cdot (t_{в} + t_{п})}{2R^2 \cdot H \cdot 3600 \cdot K_{в}},$$

где  $R$  - радиус действия вибратора, соответствующий его более эффективному расположению в ячейке арматуры;  $t_{в}$  - продолжительность вибрирования, определяемая для заданной бетонной смеси по справочным данным (для бетонной смеси  $t_{в} \approx 50$  с);  $t_{п}$  - время перестановки вибратора с одной позиции на другую ( $t_{п} \approx 10$  с);  $H$  - глубина уплотняемого слоя, м;  $H = L \cdot 0,1$ ;  $L$  - длина наконечника глубинного вибратора.

#### **4.2 Машины для производства гидроизоляционных работ**

Гидроизоляционные покрытия устраивают с целью защиты отдельных частей зданий и сооружений от проникновения воды и от разрушения, например, крыш и фундаментов зданий, а также полов, стен и дорог. Они выполняются из рулонных (рис. 4.11), волокнистых, асфальтовых, цементных и других материалов (рис. 4.12 и 4.13).



*Рис. 4.11 Укладка рулонных гидроизолирующих материалов*





*Рис. 12 Гудронатор и нанесение битумной эмульсии*



*Рис. 4.13 Машина для нанесения битумной эмульсии*

При применении машин для гидроизоляционных работ следует придерживаться нормативной литературы (ГОСТы, СП и другое) как по видам работ, так и по применяемым материалам и требованиям безопасности.

### **4.3 Машины для производства отделочных работ**

К отделочным работам относятся штукатурные; малярные; стекольные; обойные; облицовочные; отделка полов; устройство мягких кровель. Для всех этих видов работ существует множество машин и механизмов. Например, для штукатурных работ может быть штукатурная станция или агрегат, затирочная машина и другие; для отделки полов: паркетострогальные, паркетшлифовальные и так далее.

Машины для производства отделочных работ могут иметь свою классификацию по назначению, производительности, виду применяемого материала, степени механизации и автоматизации и так далее. При выборе той или иной машины для конкретных условий применения учитывают

планируемый объем работ, стоимость машины, расходные материалы, степень специализации, габариты и массу, требуемую квалификацию оператора, степень безопасности и другое.

## **5 Машины для сбора и вывоза твердых бытовых отходов**

Экологическая и эпидемиологическая безопасность населенных мест зависит от своевременного и полного вывоза бытовых отходов (БО), образующихся в процессе жизнедеятельности людей. Возрастающие требования к качеству обслуживания населения, в том числе и в области санитарной очистки территорий, обуславливают высокие требования к технике и оборудованию, применяемому при сборе и вывозе БО. Необходимы разнообразные машины, позволяющие в полной мере использовать наиболее эффективные технологии сбора и вывоза БО. Классификация машин для сбора и вывоза отходов приведена на рис. 5.1.

### **5.1. Машины для сбора и вывоза твердых бытовых отходов**

Сбор и утилизация ТБО одна из важных задач муниципальных служб городов и поселков, а также эксплуатационных служб автомобильных дорог общего назначения. Рост объемов производства приводит к увеличению отходов. По состоянию на конец 90-х гг. из Нью-Йорка ежедневно вывозилось до 30000 тонн мусора, из Москвы – 8500. Количество отходов в мире увеличивается на 3–10 % быстрее, чем население Земли. По мнению специалистов, если не применять современные технологии утилизации, то к 2125 г. вся не возделываемая под сельскохозяйственные культуры территория

Земли будет отведена под полигоны для захоронения ТБО. Ограниченность природных ресурсов и ухудшающаяся экологическая обстановка заставляют применять на производствах безотходную технологию, а предметы бытового пользования производить утилизируемыми.



Рис. 5.1. Классификация машин для сбора и вывоза отходов

Строительство мусоросжигающих электростанций и мусороперерабатывающих заводов, развернутое в 60-х гг., не решает проблему утилизации полностью, в атмосферу выбрасывается большое количество токсичных продуктов горения. Развитие технологий уничтожения мусора связано с

комплексной переработкой ТБО и полной утилизацией вторсырья. Реализуется комплекс мер, обеспечивающих частичную или полную утилизацию отходов: установку на улицах и во дворах контейнеров, предназначенных для определенных видов отходов, строительство специальных автокомбинатов, мусоропрессовочных, мусороперегрузочных и мусоросортировочных станций. В коммунальном хозяйстве и дорожной службе мусоровозы работают с накопительными контейнерами различной вместимости и назначения (рис. 5.2). Бытовой мусор накапливается в дворовом накопительном контейнере. Создана система машин для сбора и вывоза ТБО, в которой сочетаются традиционные и новые технологии, учитываются действия объективных факторов, присущих эксплуатации. Отечественные производители освоили серийный выпуск системы современных машин для сбора и вывоза ТБО, построенных на модульном принципе.

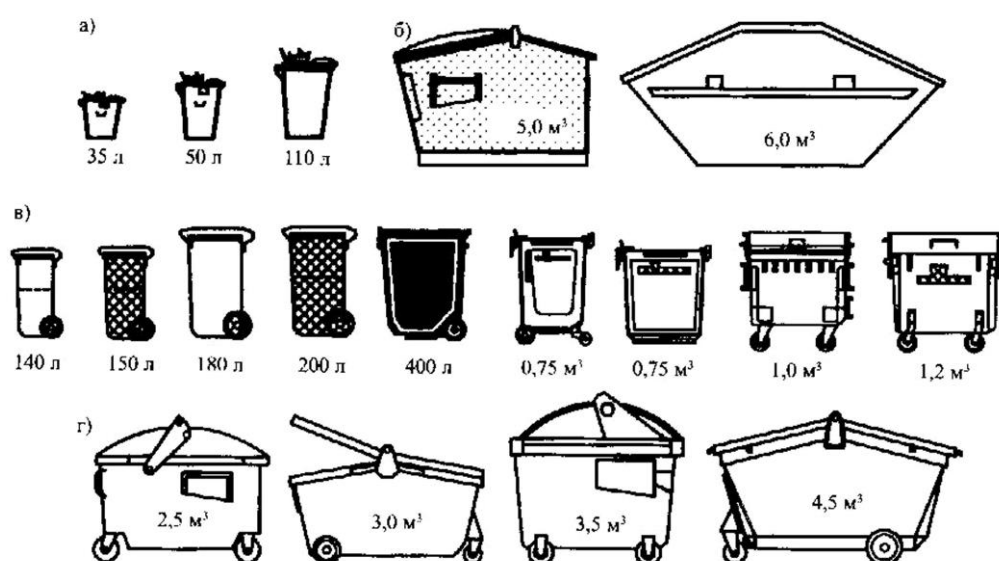


Рис. 5.2. Контейнеры для сбора и транспортировки ТБО: а – ручные; б – стационарные большегрузные; в – передвижные; г – передвижные большой вместимости

Первые мусоровозы, изготовленные на базе грузовых автомобилей, появились на рубеже XIX и XX вв. Это были обычные грузовики с высокими деревянными бортами и оцинкованным изнутри кузовом. Первой механизированной операцией стала разгрузочная. На матине была

смонтирована поворотная крановая установка с ручной тросовой лебедкой. Мусоровозы оснащали кузовом, который разгружался благодаря повороту грузовой платформы вокруг горизонтальной оси под тяжестью груза.

Машины для сбора и вывоза твердых бытовых отходов (ТБО) имеют различную конструкцию и грузоподъемность. Машины такого типа классифицируются по грузоподъемности, принципу загрузки кузова, наличию или отсутствию уплотнения отходов в кузове, характеру движения уплотняющего устройства (периодический, непрерывный) и др. Схемы загрузочно-уплотнительных механизмов мусоровозов даны на рис. 5.3 и 5.4.

Наибольшее распространение получили мусоровозные машины, в которых имеются загрузочно-уплотнительный механизм и выталкивающая плита. Последняя выполняет роль подпрессовывающей стенки при загрузке и уплотнении отходов. Загрузочно-уплотнительные устройства, работающие по принципу прямой плиты, совершающей возвратно-поступательные перемещения в загрузочном бункере (рис. 5.3, *а*), применяют в легких мусоровозных машинах грузоподъемностью до 8 т. Загрузочный бункер машин располагается в задней части кузова, и плита наклонена под небольшим углом к горизонтальной поверхности. Наклон обеспечивает уменьшение высоты погрузки и улучшает заполнение кузова. Однако при отводе плиты в исходное положение наблюдается сползание отходов из кузова в загрузочный бункер. Это приводит к необходимости устанавливать специальный отсекаТЕЛЬ, работающий синхронно с уплотняющей плитой. Достоинство схемы – в простоте конструкции. Ограниченность применения объясняется также невысоким коэффициентом уплотнения мусора в кузове (не более 1,8).

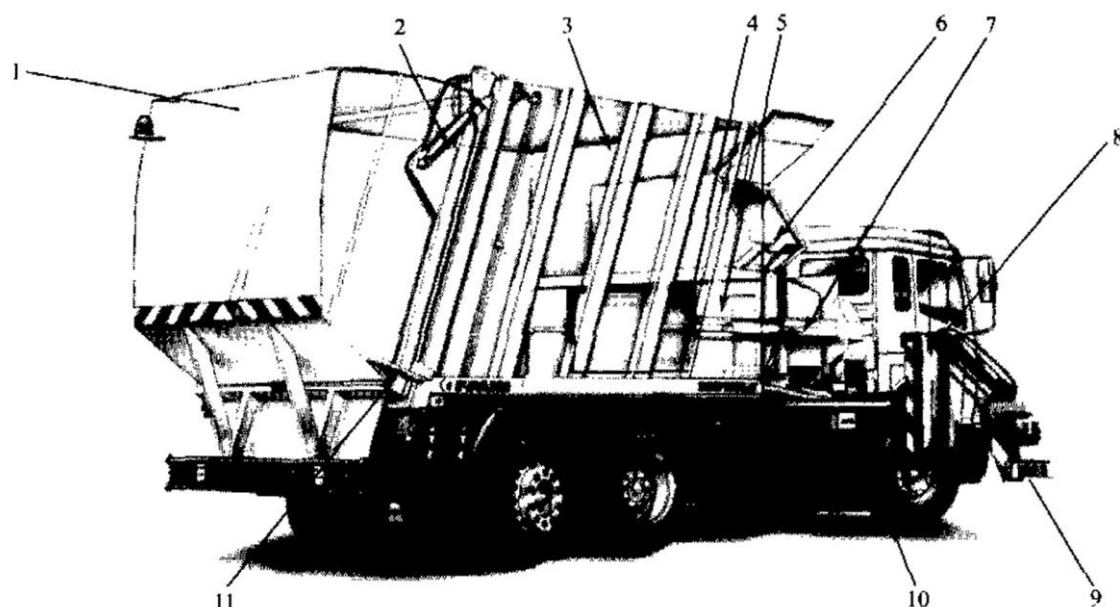
При схеме, показанной на рис. 5.3, *б*, уплотняющая плита, расположенная в верхней части кузова, обеспечивает заполнение и уплотнение отходов выдавливанием их к цилиндрической части кузова. В схеме на рис. 5.3, *в* плита располагается практически по всему поперечному сечению кузова и выполняет одновременно функции выталкивающей плиты. Высокая степень

использования грузоподъемности базовой машины достигается, во-первых, за счет высокого уплотнения отходов и более полного заполнения кузова, во-вторых, за счет снижения массы специального оборудования. *Степень эффективности мусоровозов* различного типа рекомендуется оценивать по удельной металлоемкости, как отношение массы специального оборудования, установленного на автошасси, к массе бытовых отходов в кузове. Лучшие образцы имеют меньшее значение этой величины.

*Мусоровозы с боковой загрузкой кантователем.* Дворовые накопительные контейнеры имеют разную вместимость (количество выбрасываемого мусора в разных районах неодинаково), поэтому мусоровозы оборудовались кантователями-манипуляторами для опорожнения контейнеров различной вместимости. В узких дворах большому мусоровозу маневрировать сложно. Малые мусоровозы с кантователями создавались для работы в стесненных условиях (рис. 5.5). В состав спецоборудования мусоровозов с боковой загрузкой входят: надрамник, кузов, толкающая (прессующая) плита, разравниватель (ворошитель), двух- или трехфункциональный гидроманипулятор, гидросистема. На надрамнике установлен цельнометаллический кузов, который сзади закрыт подъемным бортом, а спереди – толкающей плитой. Задний борт шарнирно соединен с кузовом, открывается и закрывается при помощи гидроцилиндров, установленных с обеих сторон кузова. Гидроманипулятором осуществляется захват, подъем, опрокидывание, встряхивание и установка контейнера на место. Перемещение мусора по ширине кузова для равномерного заполнения производится разравнивателем, установленным на толкающей плите. На моделях с большим объемом кузова имеется пресс- камера, которая подает отходы по мере заполнения загрузочного приемного бункера. ТБО выгружают из мусоровоза толкающей плитой при одновременном опрокидывании кузова. Большинство мусоровозов с боковой загрузкой предназначены для загрузки ТБО из контейнера вместимостью 0,75 м<sup>3</sup>. Мусоровозы с боковой загрузкой имеют

недостаток. Вываливаемый из контейнера мусор при небольшом ветре падает на землю. Крышки люка, находящиеся во время загрузки в открытом положении, не помогают.

Мусоровозы с механизированной задней загрузкой кантователем появились в городах РФ в середине 90-х годов, хотя их используют для сбора мусора из контейнеров с конца 50-х. Мусоровозы оборудованы кантователями контейнеров и могут работать с несколькими типами контейнеров вместимостью от 35 л до 3,5 м<sup>3</sup> (см. рис. 5.9). Мусоровозы с задней загрузкой оборудованы более мощной прессующей плитой, обеспечивающей степень уплотнения 1 к 5 (см. рис. 5.9).



*Рис. 5.5. Большегрузный мусоровоз кузовного типа с боковой загрузкой:*

*1 – подъемный задний борт; 2 – гидроцилиндр заднего моста; 3 – кузов для сбора мусора; 4 – прессующая плита; 5 – камера для прессования мусора; 6 – приемный бункер; 7 – гидроцилиндр прессующей плиты; 8 – трехфункциональный манипулятор; 9 – захват для контейнера; 10 – внешний пульт управления; 11 – запорный механизм заднего борта*

Мусоровозы с ручной задней загрузкой используются только при уборке урн, малогабаритных контейнеров вместимостью до 100 литров, коробок и мешков с мусором. Мусоровоз с задним самопогрузчиком используют в небольших городах и поселках, где нет возможности содержать контейнеры для

сбора ТБО. Машины производства Ряжского завода оснащены задним загрузочным ковшом, который загружают вручную. Ковш поднимается и опрокидывает мусор в кузов со стороны заднего борта.

Наибольшее распространение получили мусоровозы, в которых имеются загрузочно-уплотнительный механизм и выталкивающая плита. Последняя выполняет роль подпрессовывающей стенки при загрузке и уплотнении отходов. Загрузочные механизмы с качающейся плитой нашли большое распространение в мусоровозных машинах средней грузоподъемности (11–15 т). Схемы (см. рис. 5.4) имеют более высокие энергетические возможности. Это позволяет при загрузке кузова подвергать отходы значительному уплотнению.

*Мусоровоз с задней загрузкой типа «Rotopress»* имеет вращающийся кузов, принцип работы которого напоминает работу шнека (рис. 5.6). Загрузка в бункер конического типа осуществляется из контейнеров при помощи кантователя или вручную. Вращаясь в загрузочном бункере, мусор по шнеку заднего борта попадает в цилиндрический кузов. Кузов начинает вращаться по часовой стрелке, мусор, попадая на направляющие винтовые ребра (шнеки) лабиринтного уплотнителя, перемещается к передней стенке кузова. На конце загрузочного бункера смонтированы режущие кромки, которые по мере вращения кузова выполняют роль измельчителя крупных отходов. Измельченные отходы приобретают большую подвижность и более равномерно распределяются по всей длине кузова. При выгрузке задний борт поднимается, кузов вращается в обратную сторону и мусор подается назад по направляющим ребрам лабиринтного уплотнителя.



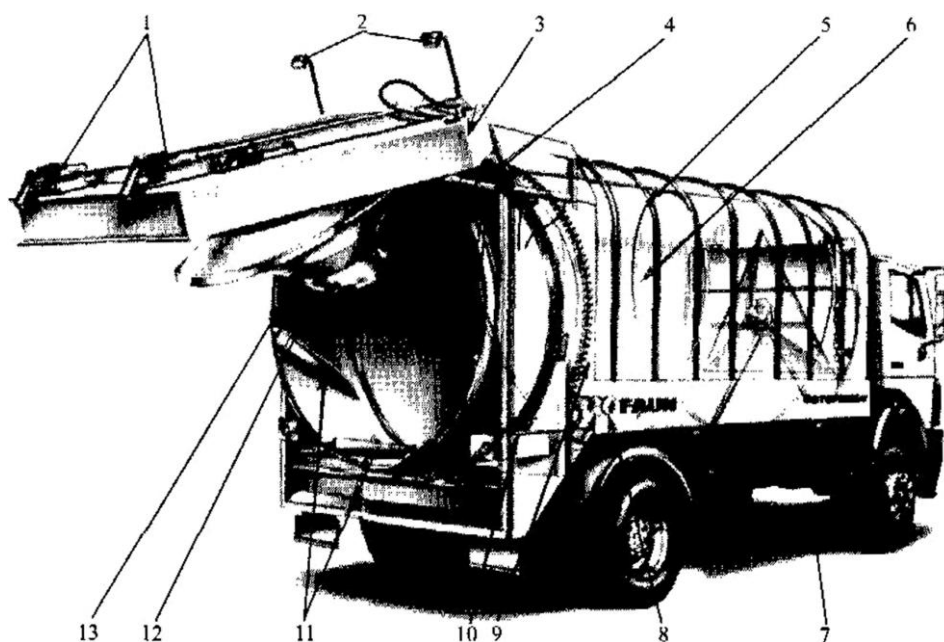


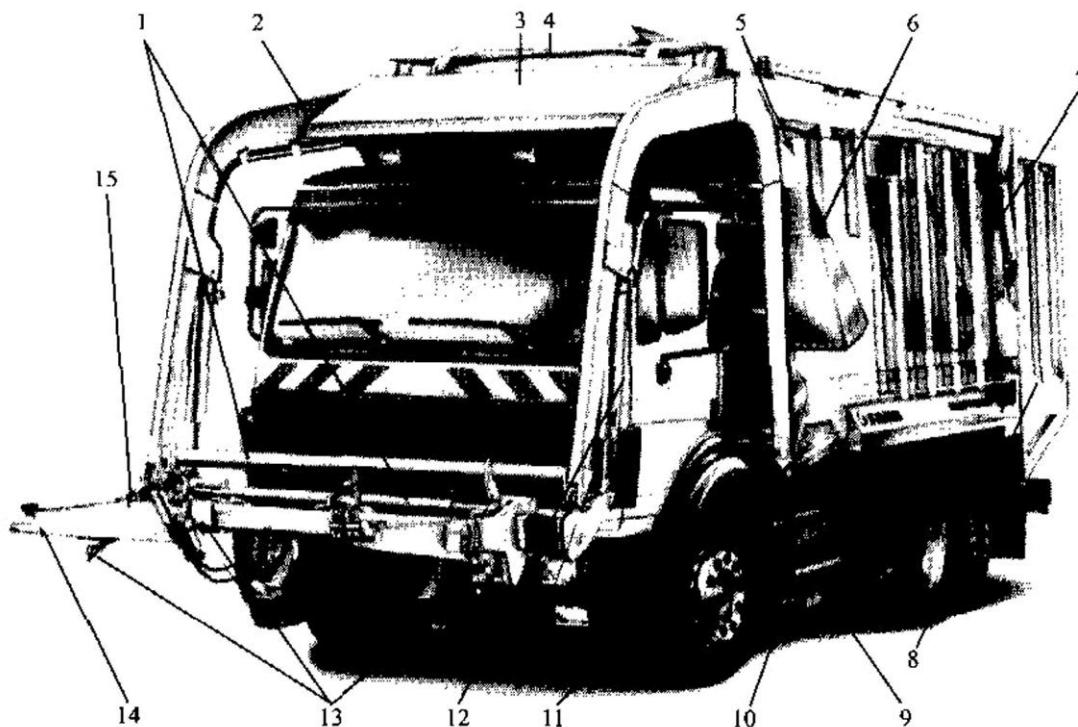
Рис. 5.6. Большегрузный мусоровоз с роторным кузовом и задней загрузкой:

1 – рабочие площадки для обслуживающего персонала; 2 – софиты рабочей освещенности; 3 – откидной задний борт; 4 – гидроцилиндры привода заднего борта; 5 – вращающийся кузов для сбора мусора; 6 – лабиринтный уплотнитель; 7 – противоподкатный брус; 8 – гидростатический привод кузова; 9 – ведомый круг с зубчатым венцом; 10 – подшипник качения кузова; 11 – шнеки кузова; 12 – режущие крошки для измельчения мусора; 13 – шнек для сжатия мусора

Мусоровозы с задней загрузкой имеют электронное управление уплотнителем, который может работать в трех режимах: ручном, полуавтоматическом и автоматическом. Некоторые мусоровозы (FAUN) оснащаются не одним, а двумя загрузочными бункерами и, соответственно, двумя мусоросборочными кузовами. Это позволяет загружать контейнеры разными видами отходов.

Мусоровозы с фронтальной загрузкой используют с конца 80-х годов. Машина представляет соединение фронтального погрузчика и транспортного мусоровоза (рис. 5.7). Однако большие габариты транспортного мусоровоза и переднее расположение кантователя требуют большой площади для маневрирования. Такие машины удобно использовать при опорожнении евроконтейнеров вместимостью 2,0–5,0 м<sup>3</sup>. Загрузка контейнера с отходами производится кантователем через люк в верхней части кузова. Разгрузка кузова осуществляется либо самосвальным способом с одновременной подачей

прессующей плиты назад, либо только прессующей плитой. Все операции по загрузке и разгрузке водитель выполняет из кабины.

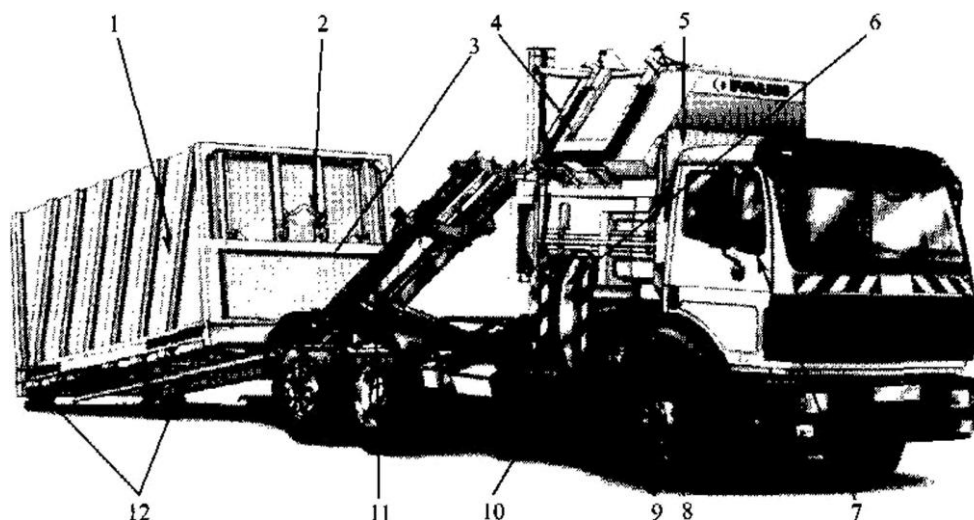


*Рис. 5.7. Большегрузный мусоровоз кузовной с передней загрузкой:*

1 – гидроцилиндры горизонтального положения захватов кантователя; 2 – стрела кантователя; 3 – защитный козырек; 4 – окно приемного бункера; 5 – кузов для сбора мусора; 6 – выталкивающая плита; 7 – гидроцилиндр заднего борта; 8 – подъемный задний борт; 9 – ресиверы гидро- и пневмосистем; 10 – противоподкатный брус; 11 – гидроцилиндр положения стрелы кантователя; 12 – гидроцилиндр захвата кантователя; 13 – фиксаторы и захваты для евроконтейнеров; 14 – приемный захват кантователя; 15 – кантователь

Крутые контейнерные и бункерные мусоровозы с погрузочно-разгрузочным устройством «Multilift» предназначены для перевозки отходов в съемных крупных контейнерах и бункерах (рис. 5.8). Контейнер или бункер по мере заполнения убирается. Взамен устанавливается пустой. Оборудование используется для вывоза крупногабаритных отходов и строительного мусора. Существуют несколько типов машин: мусоровозы с кантователем или гидроманипулятором для загрузки мусора в специальный контейнер закрытого типа; металловозы с гидроманипулятором для погрузки грейфером скрапа и

крупного мусора; самосвалы с порталным механизмом (т. н. самосвалы-бункеровозы) для перевозки съемного контейнера; специализированные автомобили и прицепы с подъемно-транспортным механизмом типа «Multilift» для перевозки сменных мусоросборочных контейнеров и специализированных кузовов. Мусоровозы для перевозки нескольких контейнеров-накопителей применяли в коммунальном хозяйстве до середины 90-х г. На мусороперерабатывающем заводе кузов снимают и на его место ставят другой. Техническое решение такого типа позволяет перевозить контейнер с отходами (токсичные и химические отходы, строительный мусор, производственные отходы, отработанное твердое топливо, шлак и т. д.) железнодорожным, речным или морским транспортом далеко за пределы его загрузки.



*Рис. 5.8. Большегрузный мусоровоз со сменными контейнерами-накопителями и системой «мультилифт»: 1 – съемный контейнер закрытого типа; 2 – скоба подъема заслонки; 3 – подъемная заслонка контейнера; 4 – крышка приемного бункера; 5 – камера для прессования мусора; 6 – стрела гидроманипулятора; 7 – место водителя; 8 – трехфункциональный манипулятор; 9 – внешние пульты управления; 10 – захват гидроманипулятора; 11 – погрузочно-разгрузочная рама; 12 – ролики контейнера*

Металловозы, оснащенные гидроманипулятором с грейферным захватом или краном, могут, помимо скрапа и металлолома, перевозить отходы производства, крупногабаритные предметы, кузова автомобилей. Самосвалы-бункеровозы с порталным механизмом загрузки и выгрузки благодаря своей универсальности получили широкое распространение. Они используются для

сбора и вывоза крупногабаритного бытового и строительного мусора, производственных отходов (стружка, пустая порода). Машины работают со сменными контейнерами открытого и закрытого типов различной вместимости и назначения, а также могут перевозить малогабаритную строительную технику на специальных платформах, без применения каких-либо дополнительных подъемных механизмов.

Контейнер с помощью портала снимается с рамы и устанавливается на ровную площадку под загрузку. Загрузка контейнера производится вручную или погрузочными средствами. В состав специального оборудования самосвала входят: контейнер, рама, портал, аутригеры, гидравлическая система.

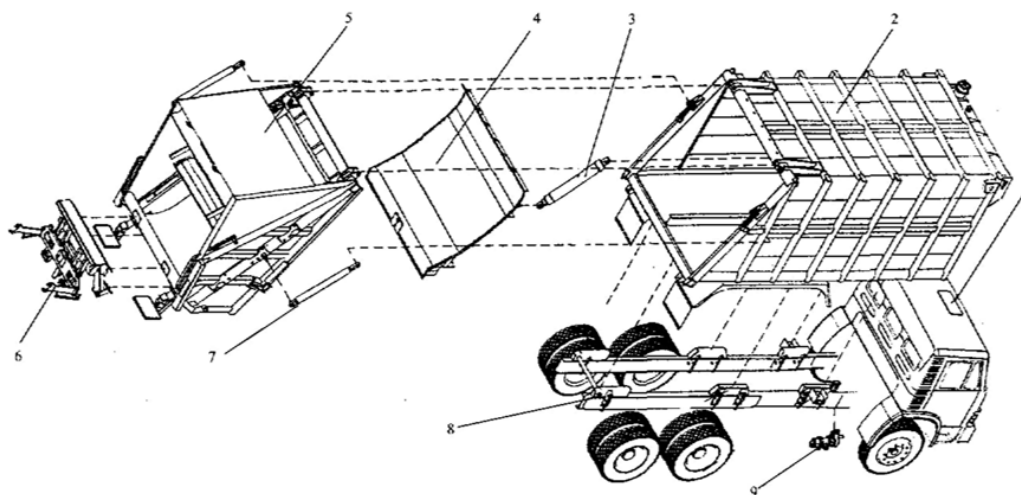
Выгрузка мусора – самосвальная. Автомобили с подъемно-транспортным механизмом типа «Multilift» широко используются в коммунальном хозяйстве для перевозки крупных мусоросборочных контейнеров и специализированных кузовов (рис. 5.8). Автомобили такого типа начали применять в 60-е гг. в сельском хозяйстве и строительстве. Использование кузовов «Multilift» позволяет минимизировать время погрузки, транспортировки и разгрузки кузова минимум в два раза. Кузов загружается в отсутствие автомобиля, который в это время транспортирует другой кузов с грузом. Применение двух-трех автомобилей, оснащенных подъемно-транспортным механизмом типа «Multilift», в одном автохозяйстве позволяет существенно сократить простои в 3–4 раза и снизить издержки в 2,5–3 раза.

*Мусоровозы с боковой загрузкой* монтируют на базе серийных автомобилей. Специальное оборудование машины состоит из кузова, толкающей плиты, манипулятора, гидравлической системы и механизмов привода. Кузов закреплен шарнирно на надрамнике, соединенном с лонжеронами автомобиля и выполненным сварным из специальных гнутых профилей и листовой стали. Кузов впереди закрыт толкающей плитой, а сзади крышкой, подвешенной на петлях к верхнему поясу кузова. Крышка зафиксирована и прижимается к заднему профилю кузова двумя захватами через резиновую прокладку. Сверху

в передней части кузова имеется загрузочное отверстие, во время транспортных переездов закрытое двухстворчатой крышкой. Манипулятор состоит из основания – рамы, стрелы, каретки и захвата, которые функционируют с помощью гидроцилиндров. Толкающая плита перемещает отходы из зоны загрузки в заднюю часть кузова с одновременным их уплотнением. При перегрузке мусора из контейнеров, особенно при большом их отдалении от машины, т. е. когда стрела манипулятора работает на большом вылете, используют гидравлический домкрат.

*Мусоровоз кузовной с задней загрузкой МКЗ-40* смонтирован на базе автомобиля КамАЗ. Кузов этого мусоровоза перемещается в наклонное положение двумя гидроцилиндрами, размещенными по бортам кузова. В связи с большими размерами кузова по длине его задняя крышка-борт выполнена в виде емкости, которая при разгрузке открывается двумя гидроцилиндрами. На нижней стенке крышки-борта смонтировано запасное колесо. Отбор мощности для привода гидронасоса гидравлической системы автомобиля осуществляется коробкой отбора мощности на правой стороне коробки передач автомобиля. Коробкой отбора мощности управляют дистанционно с помощью электропневматического клапана из кабины водителя.

*Мусоровоз кузовной с задней загрузкой МКЗ-40/СА-10* состоит из установленного на автомобильном шасси спецоборудования, которое включает в себя кузов с выталкивающей плитой, задний борт с уплотняющим механизмом, устройство для выгрузки контейнеров, гидросистему и систему автоматического управления уплотняющим механизмом (рис. 5.9).



*Рис. 5.9. Кузовной мусоровоз с задней загрузкой МКЗ-40 (ЭКОМТЕХ-РАРЗ):*

*1 – базовый автомобиль КамАЗ; 2 – кузов; 3 – телескопический гидроцилиндр выталкивающей плиты; 4 – выталкивающая плита; 5 – задний борт с уплотняющим механизмом; 6 – опрокидыватель контейнеров; 7 – гидроцилиндр заднего борта; 8 – опоры кузова; 9 – гидронасос с приводом*

Кузов представляет собой сварную металлоконструкцию из панелей и обвязки. Он опирается на лонжероны шасси шестью опорами: двумя передними (с амортизаторами), двумя средними и двумя задними (шарнирными). В уплотнительном отсеке кузова в прямолинейных направляющих установлена выталкивающая плита, совершающая возвратно-поступательные перемещения при помощи телескопического гидроцилиндра. В передней части кузова размещены маслобак и стойки, служащие для крепления кронштейна телескопического гидроцилиндра. Для подъема кузова краном в верхней его части предусмотрены четыре проушины.

*Выталкивающая плита* состоит из усиленного профилями стального щита и рамы с направляющими элементами. В нижней части плиты расположен центральный шарнир для крепления телескопического гидроцилиндра двойного действия. Выталкивающая плита перемещается вдоль кузова по центральной направляющей, имеющей форму двутавра и расположенной на полу кузова.

Плита является перемещающейся передней стенкой кузова. Во время загрузки она служит элементом сопротивления давлению прессуемого мусора.

Гидравлическая система управления, регулируя пошаговое отодвигание выталкивающей плиты в процессе загрузки, обеспечивает равномерное по всему объему кузова уплотнение мусора. Кроме этого, выталкивающая плита осуществляет выгрузку мусора из кузова.

Задний борт представляет собой сварную металлоконструкцию и служит для крепления в нем уплотняющего механизма. Задний борт верхней своей частью шарнирно закреплен на кузове, а в нижней части удерживается автоматическими фиксаторами. Внизу заднего борта, между боковыми стенками, вварен загрузочный бункер, вместимость которого составляет  $1,5 \text{ м}^3$ . Для слива жидких фракций из загрузочного бункера в нем предусмотрены два отверстия, закрываемые винтовыми пробками.

*Уплотняющий механизм* установлен в заднем борте и состоит из подающей плиты (каретки) и прессующей плиты (ножа). Схема работы уплотнителя дана на рис. 5.10. Каретка представляет собой жесткую, усиленную профилями стальную конструкцию. Она приводится в движение двумя гидроцилиндрами и перемещается на четырех роликах в двух боковых направляющих. На нижнем конце каретки установлен поворотный нож. Нож – жесткая стальная металлоконструкция, усиленная ребрами, имеет кронштейны для поворота. При помощи гидроцилиндров нож может поворачиваться, очищая приемный бункер от загруженного в него мусора, а при подъеме каретки прессует его, выталкивая в кузов.

Опрокидыватель контейнеров представляет раму, которая шарнирно закреплена на заднем борту и при помощи двух гидроцилиндров может поворачиваться, опрокидывая контейнер и выгружая мусор в приемный бункер. Внутри рамы имеется каретка, которая при помощи гидроцилиндра перемещается в прямолинейных направляющих, прижимая контейнер за специальные скобы на нем (для контейнеров  $0,8 \text{ м}^3$ ) прижимом к упору. Для работы с «евроконтейнерами» вместимостью  $1,1 \text{ м}^3$  на боковых балках рамы

установлены ловители, которые удерживают контейнер при его подъеме и опрокидывании. Раскрытие ловителей производится вручную.

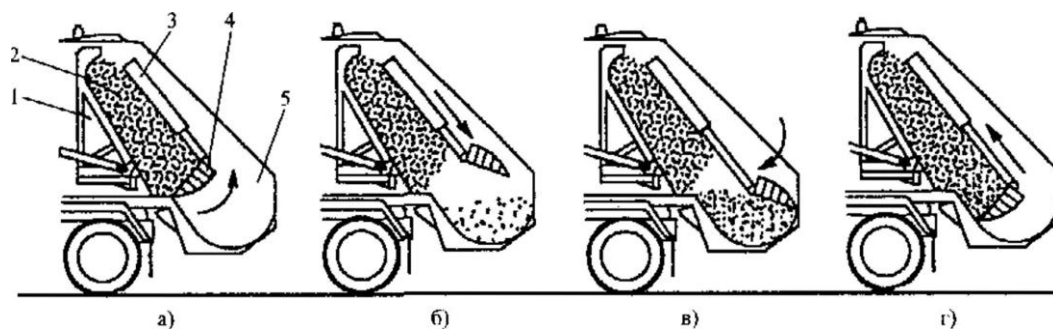


Рис. 5.10. Схема работы уплотняющего оборудования типа «Экопресс» мусоровоза МКЗ-40:

1 – выталкивающая плита; 2 – уплотняющий отсек; 3 – подающая плита; 4 – прессующая плита - качающийся нож; 5 – приемная ванна; а – освобождение приемного бункера; б – выдвижение плиты; в – уплотнение качающейся плитой; г – уплотнение подающей плитой

Гидросистема мусоровоза включает в себя (рис. 5.11):

- гидравлический насос с приводом от коробки отбора мощности (КОМ) через карданный вал, установленной на коробке перемены передач базового шасси;
- масляный бак со встроенными всасывающим и сливным фильтрами;
- два ручных двухсекционных гидравлических распределителя. Один из них управляет телескопическим гидроцилиндром выталкивающей плиты и гидроцилиндрами подъема заднего борта, другой управляет работой опрокидывателя и прижима контейнеров;
- электрический двухсекционный гидравлический распределитель, который управляет работой каретки и ножа;
- один трехступенчатый телескопический гидроцилиндр привода выталкивающей плиты;
- два гидроцилиндра привода подъема/опускания заднего борта;
- два гидроцилиндра привода каретки;
- два гидроцилиндра привода ножа;
- два гидроцилиндра привода опрокидывателя контейнеров;
- один гидроцилиндр привода прижима контейнеров;



- один противоударный клапан;
- один обратный клапан с дросселем;
- один клапан управления подпрессовыванием мусора;
- два ограничителя расхода;
- два крана;
- стальные соединительные трубопроводы;
- рукава высокого давления.

Коробка отбора мощности служит для передачи крутящего момента от коробки перемены передач (КПП) к насосу. КОМ крепится на боковом лючке КПП. В КОМ расположен блок шестерен, находящийся в постоянном зацеплении с зубчатым колесом коробки перемены передач. Включение КОМ осуществляется автоматически при включении электронного блока управления. При включении сжатый воздух от пневматической системы автомобиля через электропневмоклапан поступает в пневматический цилиндр, включающий КОМ.

Органы управления спецоборудованием включают электронный блок управления, коробку отбора мощности, проблесковый маячок и фары освещения рабочей зоны. Рычаги гидрораспределителей, управляющих работой прижима и опрокидывателя, расположены на заднем борте в правой его части. Рычаги гидрораспределителя, управляющего работой выталкивающей плиты и подъемом заднего борта, расположены в левой передней части кузова. Система автоматики МКЗ-40/СА-10 предназначена для управления гидросистемой мусоровоза в ручном и автоматическом режимах. Система автоматики состоит из блока автоматики, кнопочных пультов и датчиков. Мусоровоз оборудован проблесковым маячком желтого цвета, расположенным в передней части кузова. Для работы в темное время суток мусоровоз оборудован двумя фарами освещения рабочей зоны, расположенными на заднем борте, по обе стороны машины.

Оборудование перерабатывает мусор в следующей последовательности. Мусор загружается в приемный бункер заднего борта, откуда он перемещается в уплотнительный отсек кузова уплотняющим механизмом. Исходное положение: каретка находится в верхнем положении, а нож закрыт, т. е. повернут вниз. При этом осуществляется загрузка мусора. Подготовка к предварительному прессованию: нож поднят вверх, приемный бункер открыт. Предварительное прессование: каретка опускается вниз, затем нож поворачивается и уплотняет мусор, находящийся в бункере. Основное прессование: каретка перемещается вверх, уплотняя мусор между поверхностью ножа и крышей кузова. Выталкивающая плита создает противодействие мусору, поступающему в уплотнительный отсек. Затем выталкивающая плита отходит под действием уплотняемого мусора, освобождая пространство для очередной порции, загружаемой в бункер. Такое перемещение выталкивающей плиты происходит до ее конечного положения. При этом кузов заполняется уплотненным мусором равномерно по всему объему.

Автоматический цикл прессования обеспечивает автоматическое выполнение следующих действий. Нож поднимается (открывается), пока давление не достигнет значения 100–110 атм. Каретка опускается, пока давление не достигнет значения 100–110 атм. Нож опускается (закрывается), пока давление не достигнет значения 150–160 атм. Каретка поднимается, пока не сработает датчик «Каретка вверху». Если в процессе подъема каретки давление в течение 5 или 10 с будет превышать 180–190 атм., то прессование немедленно прекратится и включится светодиод «Переполнение» на блоке автоматики. Цикл прессования повторяется сначала, если включен многократный цикл.

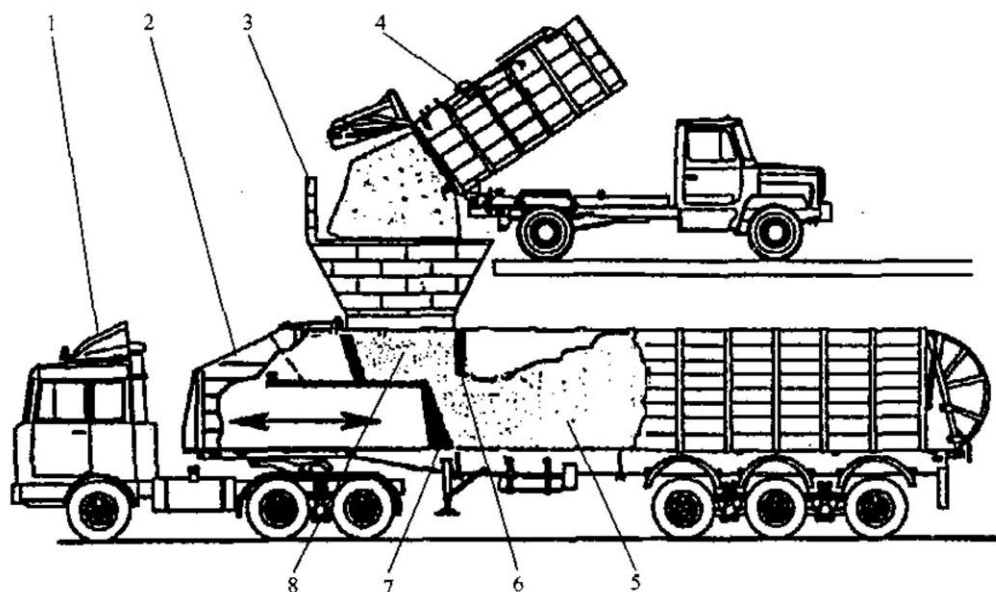
Пороговые давления для цикла прессования задаются с помощью микропереключателя на плате блока. Если во время цикла прессования каретка или нож движутся в течение 1 мин, а условие их остановки не выполнено (не

повышается давление или не срабатывает датчик), то прессование автоматически прекращается. При переходе от одного движения к другому выполняется задержка 0,5 с между выключением одного электромагнита и включением другого. После включения электромагнита в цикле прессования (т. е. после начала движения каретки или ножа) датчик давления не опрашивается в течение 1 с для исключения ложных срабатываний.

*Транспортные мусоровозы* предназначены для механизированной двух-этапной транспортировки ТБО с мусоросборочных станций к мусороперерабатывающим предприятиям. Мусоровоз загружается мусором из собирающих мусоровозов на мусороперегрузочной станции, где осуществляется уплотнение мусора в кузове. Мусор транспортируется и выгружается в местах обезвреживания и утилизации (рис. 5.12, 5.13). Транспортные мусоровозы предназначены для транспортировки ТБО на значительные расстояния (50–100 км) от перегрузочных станций до мест утилизации или заводов по переработке ТБО.

Транспортные мусоровозы работают с крупными съемными накопительными контейнерами и оборудованы системой «Multilift». Они появились в РФ в конце 80-х годов. К числу транспортных мусоровозов можно отнести машины, перевозящие большие съемные накопительные контейнеры. Контейнеры транспортируют на машинах и двух- и трехосных прицепах, оборудованных подъемно-транспортными механизмами типа «Multilift». Загрузка в таких мусоровозах осуществляется, как правило, насыпным способом, разгрузка - либо самосвальным с одновременным выталкиванием мусора толкающей плитой, либо только толкающей плитой, либо, что применяется редко, специальным автомобилеопрокидывателем. Приводы систем уплотнения и разгрузки кузова могут располагаться как на самом прицепе или полуприцепе, так и в кабине тягача. На мусоропрессовочных станциях в качестве транспортных мусоровозов используют крупнотоннажные

грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы, в которые брикетированный мусор загружают фронтальным погрузчиком.



*Рис. 5.12. Схема работы транспортного мусоровоза и уплотняющего механизма транспортного мусоровоза на мусороперегрузочной станции: 1 – седельный тягач; 2 – базовый полуприцеп с кузовом; 3 – загрузочный бункер мусороперегрузочной станции; 5 – кузов; 6 – внутренний бункер кузова; 7 – уплотняющая плита; 8 – загрузочный проем кузова*

Транспортный мусоровоз выполняется в виде седельного тягача, например, КамАЗ-54112, и полуприцепа, на котором смонтировано специальное оборудование, состоящее из кузова, загрузочного бункера, толкающей плиты, гидросистемы, системы управления, механизмов привода гидронасоса. Иногда седельному тягачу придаются два полуприцепа. В этом случае минимизируются потери времени при работе мусоровоза.

В передней части кузова размещен бункер с толкающей плитой, а также гидроцилиндры перемещения плиты и бункера. На верхней панели кузова над бункером имеется загрузочное отверстие, которое при транспортных переездах и выгрузке отходов закрывается надвижной крышкой, перемещаемой с помощью двух гидроцилиндров. Бункер оборудован боковыми, передней и задней стенками и может перемещаться вдоль кузова, опираясь на продольные направляющие, которые прикреплены к внутренней стороне боковин обшивки.

Толкающая плита перемещается механизмом шагового типа, который работает с помощью приводной поворотной штанги. На штанге, расположенной на дне кузова, вдоль его продольной оси, в специальных направляющих приварены зацепы на расстоянии 1400 мм один от другого, что соответствует шагу перемещения толкающей плиты по кузову. Первый из зацепов выполнен специальной поворотной конструкции, благодаря чему достигается возвратно-поступательное движение толкающей плиты при загрузке кузова отходами. Гидроцилиндры, обеспечивающие привод штанги, соединены с ней с помощью траверсы.

Машина работает следующим образом. Тягач с порожним кузовом размещают под бункером мусороперегрузочной станции (см. рис. 5.12), после чего открывают сдвижную крышку. Отходы, поступающие в бункер, размещаются перед толкающей плитой. Сдвижную крышку закрывают, а гидроцилиндры начинают перемещать штангу, первый зацеп которой обеспечивает рабочий ход толкающей плиты. Толкающая плита, двигаясь в сторону задней части кузова, перемещает туда отходы, размещенные перед ней, после чего возвращается в исходное положение, а отходы опять заполняют бункер. Процесс повторяется, тем самым обеспечивается постепенное заполнение кузова и уплотнение отходов. Практика применения транспортного мусоровоза показывает, что его кузов вмещает содержимое семи мусоровозов.

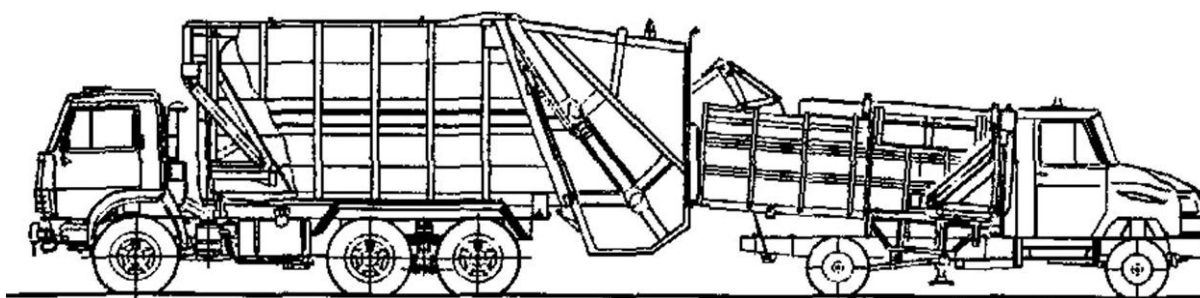


Рис. 5.13. Прямая перегрузка ТБО из машины в машину на примере мусоровозов МКБ-2 и МКЗ-40

*Мусоровозы с контейнерами большой вместимости.* Машины этого типа выполнены в виде расположенного на базовом шасси погрузочного устройства, с помощью которого контейнеры грузятся на раму шасси и разгружаются при

опорожнении в установленных местах. Известно несколько различных конструкций механизмов для погрузки и разгрузки контейнеров: в виде лебедки, порталного устройства, погрузочной рамы,двигающейся вдоль рамы автомобиля. На машинах отечественной конструкции наибольшее распространение получили механизмы порталного типа. Мусоровоз на базе автомобиля предназначен для сбора и вывоза крупногабаритного бытового и строительного мусора. Машина состоит из основной рамы, порталного механизма, выносных опор, гидравлической системы и механизмов привода. Сменяемый контейнер выполнен в виде съемного кузова грузового автомобиля, т. е. полностью открытым сверху. Контейнер сварной из листов стали и профилей устанавливается на основную раму машины. В задней части днища контейнера имеет скос, форма которого обусловлена максимальным углом наклона контейнера при разгрузке. Для обеспечения устойчивого положения контейнер фиксируется за переднюю и заднюю стенки передним и задним фиксаторами.

Портальное устройство представляет два сварных рычага, выполненных в виде балок переменного сечения и равного сопротивления. Портальный рычаг с помощью шарнира, размещенного в нижней его части, соединен со штоком гидроцилиндра. В нижней части портала прикреплен неподвижным основным шарниром к раме. Верхний конец портала имеет шарнирную подвеску цепи, служащей для соединения портала с контейнером. Две гидравлические выносные опоры закреплены в задней консольной части основной рамы и служат для разгрузки задней оси автомобиля при погрузке и разгрузке контейнера. Гидросистема обеспечивает работу всех механизмов машины: портала, выносных опор, фиксаторов контейнера. Портал и выносные опоры работают с помощью четырех гидроцилиндров, передний фиксатор – с помощью одного гидроцилиндра небольшого диаметра, задний фиксатор контейнера – с помощью двух таких же гидроцилиндров. Функционирование гидросистемы обеспечивается с помощью гидравлического насоса,

трубопроводов и необходимых вспомогательных устройств. Насос работает от двигателя базового шасси и коробки отбора мощности, установленной на правой стороне коробки передач.

Машина работает следующим образом. После прибытия на место установки контейнера машина принимает необходимое положение и закрепляется на выносных опорах. Затем с помощью гидроцилиндров осуществляются поворот портала относительно его основной, задней шарнирной оси и освобождение переднего и заднего фиксаторов. В результате при повороте портала контейнер оказывается вывешенным на цепях. При дальнейшем повороте портала контейнер выходит за пределы основной рамы и при крайнем положении портала достигает поверхности площадки для установки контейнеров. Затем выносные опоры поднимаются в транспортное положение и машина устанавливается рядом для погрузки контейнера, заполненного мусором. Разгрузка заполненного контейнера на местах обезвреживания и утилизации производится так же, как и при разгрузке порожнего контейнера и его установке на площадке, только в этом случае освобождается один передний фиксатор контейнера. Благодаря этому при повороте портала контейнер не поднимается вверх, а поворачивается вокруг задних шарниров на угол, необходимый для разгрузки мусора.

*Машины для сбора и вывоза радиационно-загрязненных (РЗ) бытовых и промышленных отходов* являются специальным транспортом. Устройство таких машин должно соответствовать нормам МАГАТЭ по безопасной перевозке радиоактивных веществ и санитарным правилам РФ по обращению с радиоактивными отходами. Транспортирование радиоактивных и радиационно-загрязненных отходов производится на специально оборудованных транспортных средствах или автомобилях специализированными комбинатами (СК) или пунктами захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) с учетом требований «Правил безопасности при транспортировании радиоактивных веществ (ПБТРВ-73)».

## 5.2. Машины для сбора и вывоза жидких бытовых отходов

По принципу действия эти машины называют *вакуум-машины*. Они обеспечивают извлечение ЖБО из мест их локализации (в т. ч. из выгребных ям) и их транспортирование к местам обеззараживания. Механизация очистки выгребных ям (перекачка нечистот из выгребов через шланг в автоцистерны) на территории РФ началась в конце 30-х гг. До этого вывоз осуществлялся на конных подводах. Первыми были вакуумные машины немецкого и американского производства, которые предназначались для забора и вывоза жидких нечистот к месту утилизации. Вакуумные машины на шасси ГАЗ были самыми распространенными, поскольку стоили в полтора раза дешевле, чем изготовленные на шасси среднетоннажных грузовиков ЗИЛ и МАЗ. Шасси трехосных автомобилей используются редко.

Вакуумные машины выполняют по одной из двух схем. Наполнение цистерны происходит за счет создаваемого в ней разрежения. Для этого цистерна соединена трубопроводом с всасывающим коллектором двигателя автомобиля. Опорожнение осуществляется под давлением выхлопных газов либо самотеком через сливное отверстие в задней части цистерны, которая наклонена назад. Безопасность работы обеспечивают искрогаситель и обратный редукционный клапан. Предохранительный клапан исключает переполнение цистерны и попадание нечистот в двигатель автомобиля. Эта схема использовалась до конца 80-х гг. Машина проста в работе, однако имеет малую глубину всасывания (2,0–3,5 м).

Современные машины комплектуют вакуумным насосом, приводимым от коробки отбора мощности. Насос создает разрежение в цистерне (0,08–0,095 МПа), что позволяет производить забор нечистот с глубины до 4,0 м и наполнять цистерну со скоростью 0,6–1,0 м<sup>3</sup>/мин. Опорожнение цистерны производится либо самотеком, либо под давлением воздуха, создаваемым



насосом. В задней части цистерны смонтированы смотровые окна для контроля заполнения и используются специальные датчики. Все машины оборудуют приспособлениями для обмывки заборного рукава. Машины имеют общую принципиальную схему работы – в емкости для нечистот создается вакуум, в результате чего нечистоты по всасывающему рукаву, опущенному в яму, поступают в цистерну.

*Вакуумная машина К0-505Л* (Арзамас, «Коммаш») предназначена для механизированной очистки выгребных ям от фекальных жидкостей и доставки их к месту обезвреживания в районах с умеренным климатом. *Специальное оборудование* машины (рис. 5.14) смонтировано на шасси автомобиля КамАЗ-53213 и состоит из двух цистерн, вакуумного насоса с приводом, трубопровода, вакуум-нагнетательной системы, сигнально-предохранительного устройства, гидросистемы, пневмосистемы, механизма подачи и укладки заборного рукава, системы обмыва рукава, системы обогрева, дополнительного электрооборудования и облицовок. За кабиной водителя на трех опорах установлены две цистерны с наклоном в сторону слива. Цистерны бандажными крепятся к опорам, смонтированным на лонжеронах рамы шасси.

*Цистерны* сварной конструкции имеют цилиндрическую форму и сферические днища. В цистерне установлены три волнореза для гашения гидравлических ударов. Полость левой цистерны соединена с правой рукавом Ø 65 мм и патрубками. Сзади каждая цистерна оборудована смотровым окном и сливным лючком. Сверху цистерны имеют горловины с крышками. На крышке горловины левой цистерны смонтировано сигнально-предохранительное устройство. Наполнение или опорожнение цистерн осуществляется вакуумным насосом, создающим в них разрежение либо избыточное давление.

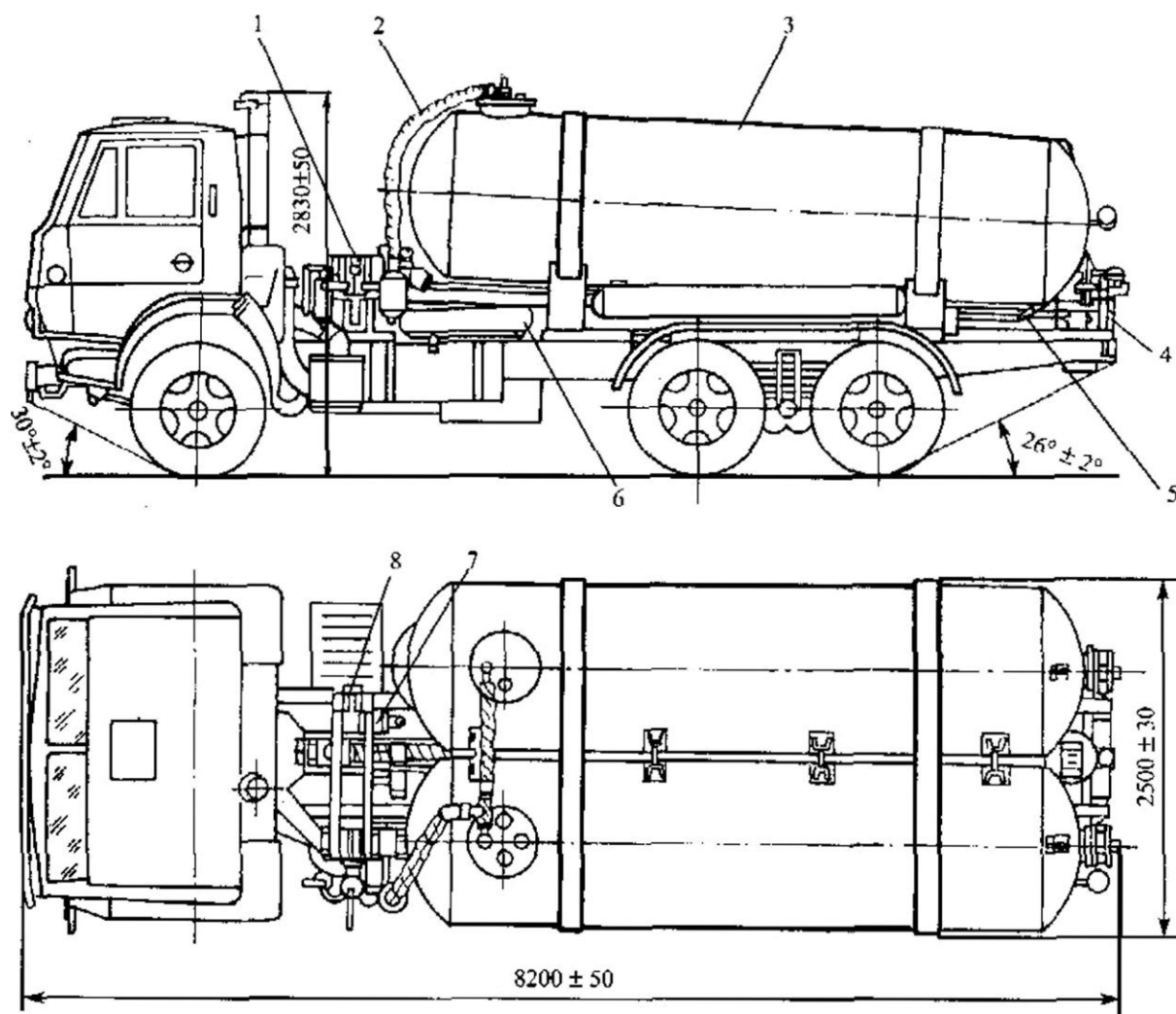


Рис. 5.14. Общий вид машины K0505A (Арзамас, «Коммаш»):

1 – привод; 2 – трубопровод вакуумной метательной системы; 3 – цистерна; 4 – пульт управления;  
5 – система обогрева; 6 – запасное колесо; 7 – коробка отбора мощности; 8 – гидросистема

Насос установлен впереди цистерны на специальной раме. В корпусе насоса эксцентрично расположен ротор с шестью лопатками. На корпусе крепится масляный бак, из которого под давлением масло поступает для смазки подшипников и рабочей поверхности насоса. Насос приводится во вращение гидромотором через соединительную муфту. Включение и выключение привода насоса дистанционное, с пульта управления. Насос соединен с цистернами трубопроводом вакуумно-нагнетательной системы, состоящей из четырехходового крана, промежуточного бачка-отстойника, мановакуумметра, глушителя и трубопроводов.

*Вакуум-нагнетательная система* обеспечивает наполнение цистерн жидкостью, герметизацию ее в цистернах во время транспортирования и слив в отстойники под давлением или самотеком. Сигнально-предохранительное устройство обеспечивает автоматическую остановку насоса при наполнении цистерны до заданного уровня (датчик уровня), перекрытие всасывающего трубопровода (поплавковый клапан), ограничение давления в цистерне при сливе до 0,05–0,06 МПа (предохранительный клапан), ограничение разрежения в цистерне при наполнении до 0,08 МПа (предохранительный клапан).

*Гидросистема* машины предназначена для привода вакуумного насоса и механизма подачи и укладки рукава. Она состоит из маслобака, шестеренного насоса НШ-46, манометра, двух гидрораспределителей, гидромоторов, дросселя, фильтра и трубопровода. Работа гидросистемы осуществляется следующим образом. При включении одного из гидрораспределителей масло от шестеренного насоса поступает соответственно к гидромотору привода механизма подачи рукава или гидромотору привода вакуум-насоса. При нейтральном положении золотника масло от шестеренного насоса через гидрораспределители, трубопровод и линейный фильтр сливается в маслобак. Давление масла в нагнетательном и сливном трубопроводах замеряется манометрами. Предохранительный клапан отрегулирован на давление  $11 \pm 0,5$  МПа. Количество подаваемого масла к гидромотору привода механизма подачи и укладки рукава регулируется дросселем. Шестеренный насос устанавливается в сборе с одноступенчатой коробкой отбора мощности, которая крепится к картеру коробки перемены передач с правой стороны. Отбор мощности осуществляется с промежуточного вала коробки передач автомобиля. Включение и выключение коробки отбора мощности производятся с помощью пневматической диафрагменной камеры, установленной на ее корпусе.

*Пневмосистема* машины предназначена для включения и выключения коробки отбора мощности, управления системой подсоединения заборного рукава, подъема и опускания штока пневмоцилиндра приемной камеры и

подачи воды из бачка под давлением для обмывки заборного рукава. Контроль за давлением воздуха осуществляется по манометру, установленному в кабине автомобиля.

Электрооборудование включает: сигнально-предохранительное устройство, состоящее из датчика уровня и электрического блока (датчик, выполненный в виде металлического стержня, устанавливается в изоляторе на крышке горловины левой цистерны, электрический блок – на пульте управления); пульт управления с левой стороны на задней опоре цистерны; пульт в кабине водителя у задней стенки между сиденьями; поворотную фару на заднем днище левой цистерны и электромагниты гидрораспределителей и электропневмоклапанов. 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.

*Обогрев приемной камеры машины* при эксплуатации в условиях низких температур осуществляется теплом отработанных газов двигателя. Система обогрева представляет собой трубчатую конструкцию с элементами, соединенными между собой металлорукавами с глушителем автомобиля. Между фланцами глушителя и патрубком отбора газов установлена специальная заглушка. При работе машины в летний период заглушка устанавливается глухой стороной, при работе машины в условиях низких температур – с отверстием, чтобы часть газов проходила для обогрева.

*Машины для обработки туалетных отсеков.* В России такие машины выпускает Арзамасский завод коммунального машиностроения. В отличие от коммунальных машин, обозначаемых литерами КО, они имеют обозначение АС (автомобиль специальный). Это специфический класс ассенизационных машин. АС-161, выпускаемый с 80-х гг., предназначен для обслуживания туалетных отсеков пассажирских самолетов в аэропортах. Машины этого типа

будут применять и для обслуживания туалетных отсеков железнодорожных пассажирских вагонов. Сливать нечистоты на полотно не допускается.

### 5.3. Определение эксплуатационных показателей машин для сбора и вывоза твердых и жидких бытовых отходов

*Определение эксплуатационной производительности машин для сбора и вывоза твердых бытовых отходов (ТБО).* Система сбора и транспортирования бытовых отходов определяет тип применяемых средств механизации и особенности их работы, влияющие на производительность машин и ее определение.

Эксплуатационная производительность для кузовного мусоровоза:

$$P = Q_{\text{куз}} k_z k_y k_u \cdot 60 / [t_{\text{пер}}(n_z - 1) + (t_{\text{ман}} + t_{n.z})n_z + t_{\text{погр}}n + t'_{n.z} + t_{\text{разгр}} + \frac{2 \cdot 60l}{v_{\text{тр.ср}}}],$$

где  $Q_{\text{куз}}$  – вместимость кузова машины, м<sup>3</sup>;  $n$  – число загружаемых контейнеров в кузов;  $k_y$  – коэффициент уплотнения отходов в кузове  $t_{\text{пер}}$ ,  $t_{\text{ман}}$ ,  $t_{n.z}$ ,  $t_{\text{погр}}$ ,  $t'_{n.z}$ ,  $t_{\text{разгр}}$  – средняя продолжительность соответственно переездов машины от одного места установки контейнеров к другому, маневрирования машины при въездах во дворы и подъезда к контейнеру, подготовительно-заключительных операций при погрузке контейнеров, операций по замене порожних контейнеров заполненными, подготовительно-заключительных операций при разгрузке машины, операции мойки контейнеров, мин;  $n_z$  – число заездов машины во дворы в течение одного цикла загрузки машины;  $l$  – расстояние от места сбора отходов до места их обезвреживания и утилизации, км;  $k_z$  – средний коэффициент заполнения контейнера отходами;  $V_{\text{тр. ср}}$  – скорость движения, км/ч.

Производительность специального контейнерного мусоровоза:

$$P = Q_k k_z k_u \cdot 60 / [t_{\text{маш}} + t_{\text{позр}} + t_{\text{н.з}} + t'_{\text{н.з}} + t_{\text{разгр}} + t_{\text{м.к}} + \frac{2 \cdot 60 (l + l_p)}{v_{\text{тр. ср}}}],$$

$l_1$  – расстояние от мест обезвреживания до мочного пункта и от него к месту работы, км.

Производительность транспортного мусоровоза:

$$P = Q_m k_z k_y k_u \cdot 60 / [t_{\text{ман}} + t_{\text{ст}} + t_{\text{рем}} + t_{\text{зап}} + t_{\text{н.з}} + t'_{\text{н.з}} + t_{\text{разгр}} + t_{\text{м.м}} + \frac{2 \cdot 60 l}{v_{\text{тр. ср}}}],$$

где  $Q_m$  – вместимость кузова транспортного мусоровоза, м<sup>3</sup>;  $t_{\text{ман}}$ ,  $t_{\text{ст}}$ ,  $t_{\text{рем}}$ ,  $t_{\text{зап}}$ ,  $t_{\text{н.з}}$ ,  $t'_{\text{н.з}}$ ,  $t_{\text{разгр}}$ ,  $t_{\text{м.м}}$  – средняя продолжительность соответственно маневрирования мусоровоза при движении по перегрузочной станции, стыковки и расстыковки кузова мусоровоза с уплотнителем, дозаполнения кузова, подготовительно-заключительных операций при работе машины на перегрузочной станции и при разгрузке транспортного мусоровоза и его мойки, разгрузки и мойки мусоровоза;  $l$  – расстояние от перегрузочной станции до мест обезвреживания и переработки отходов.

*Определение необходимого числа машин для сбора и транспортирования твердых бытовых отходов:*

$$n_m = Nq / (PT_c K_{\text{и.п.}}),$$

где  $N$  – численность населения, подлежащего обслуживанию;  $q$  – средняя норма накопления отходов в течение суток, м<sup>3</sup>/чел.;  $T_c$  – продолжительность работы машины в течение суток, ч.

*Определение эксплуатационной производительности вакуум-машин для (ЖЕ О).* Эти машины обеспечивают сбор жидких бытовых отходов и транспортирование их на места обезвреживания. На производительность машин в наибольшей степени оказывают влияние вместимость очищаемого выгреба, а также дальность транспортирования отходов.

Производительность машины:

$$P = Q_{ц} k_z k_u \cdot 60 / [t_{пер} (n_3 - 1) + (t_{ман} + t_{п.з}) n_3 + t_{нал} + t'_{п.з} + t'_{оп} + \frac{2 \cdot 60l}{v_{тр.ср}}],$$

где  $Q_{ц}$  – вместимость цистерны, м<sup>3</sup>;  $n_3$  – число заездов в течение одного цикла наполнения цистерны;  $t_{пер}$ ,  $t_{ман}$ ,  $t_{п.з}$ ,  $t_{нал}$ ,  $t'_{п.з}$ ,  $t'_{оп}$  – средняя продолжительность соответственно переездов машины от одного выгреба к другому, маневрирования при въездах во дворы и выездах, подъездах к выгребу, наполнения цистерны, подготовительно-заключительных операций при наполнении цистерны, подготовительно-заключительных операций при опорожнении цистерны, опорожнения цистерны на местах обезвреживания, мин;  $l$  – расстояние от места работы до места обезвреживания, км. Необходимое число машин определяют по аналогии с мусоровозами.

*Определение Энергетических показателей рабочего процесса:* удельного расхода топлива ЛГ, и расхода топлива на единицу полезного продукта, времени работы и на 100 км пробега  $q$ .

Удельная энергоёмкость (кВт/ед. производительности) определяется по формуле

$$N_{уд} = N / P,$$

где  $N$  – мощность двигателя, кВт;  $P$  – производительность машины по конечному продукту, ед. продукции/ на ед. времени.

Удельный расход топлива (л/ед. продукта)

$$q_m = \frac{g_e N_e}{1000 p_m P},$$

здесь  $g_e$  – удельная топливная экономичность двигателя, г/кВт-ч;  $N_e$  – эффективная мощность двигателя, кВт;  $p_m$  – плотность топлива, кг/л (плотность дизельного топлива 0,83 кг/л, бензина – 0,78 кг/л) (.

Расход топлива на один час работы (л/ч)

$$q_m = \frac{g_e N_e}{1000 p_m} .$$

Расход топлива на 100 км пробега машины (л/100 км)

$$q_m = 0,1 \frac{g_e N_e}{p_m v} ,$$

где  $v$  – скорость движения машины, км/ч.

### Заключение

Изложенный материал не претендует на полноту сведений по рассматриваемым темам и имеет целью дать некоторое представление о средствах механизации строительства. Содержание этого курса лекций дает возможность ориентироваться в соответствующих терминах, строении и назначении широко применяемых машин и механизмов в строительстве, их достоинствах и недостатках. Более полные сведения по рассматриваемым здесь вопросам можно получить из специальной литературы. Этот материал рассчитан на студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 Строительство.