

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

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
Машины для транспортного строительства
для специальности 7-07-0732-03
«Строительство транспортных коммуникаций»,
профилизации «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены»**

Минск ◊ БНТУ ◊ 2025

Составитель: А.Н. Смоляк, доцент кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса», кандидат технических наук, доцент

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электронный учебно-методический комплекс (далее – ЭУМК) «Машины для транспортного строительства» предназначен для студентов специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций», профилизации «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены».

ЭУМК состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: теоретического раздела, лабораторных занятий, вопросов для самостоятельной проработки и списка рекомендуемой литературы. Предложенные материалы являются теоретической основой для изучения учебной дисциплины «Машины для транспортного строительства». При написании учебно-методического комплекса использованы материалы, изложенные в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, технических нормативно-правовых актов, научных статьях, материалах научно-практических конференций. Настоящий учебно-методический комплекс отражает опыт преподавания данной дисциплины, накопленный на кафедре «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса» БНТУ.

Цели ЭУМК

Целью ЭУМК является формирование у студентов знаний общего устройства и основных технических характеристик машин, участвующих в строительстве мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов; умений и профессиональных навыков по выбору строительных машин для выполнения технологических задач строительства транспортных сооружений. Направленность и содержание учебной дисциплины определена характером будущей инженерной деятельности специалиста в сфере строительного комплекса, в проектно-конструкторских, научно-исследовательских, ремонтно-строительных организациях.

Особенности структурирования и подачи учебного материала

ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по учебной дисциплине «Машины для транспортного строительства». Состоит из четырех разделов: теоретического, практического, контроля знаний, вспомогательного (литература). Теоретический раздел включает курс лекций – теоретические сведения по вопросам программы. Практический раздел состоит из перечня тем лабораторных занятий и методических указаний по их выполнению. В разделе контроля знаний приведены вопросы для подготовки к сдаче зачета по изучаемой дисциплине. Вспомогательный раздел состоит из учебной программы, перечня основных и дополнительных литературных источников.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК

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

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	6
Тема 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКЦИЯХ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	6
1.1 Классификация машин для транспортного строительства	7
1.2 Конструктивные составляющие машин для транспортного строительства	8
Тема 2 ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	10
2.1 Общие требования к машинам для транспортного строительства	10
2.2 Маневренность, проходимость, устойчивость и производительность машин	11
Тема 3 ПРИВОДЫ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	13
3.1 Силовое оборудование машин для транспортного строительства	13
3.2 Трансмиссии строительных машин	14
3.3 Механические передачи	15
3.4 Гидравлический привод	23
3.5 Пневматический привод	24
Тема 4 УСТРОЙСТВО И РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	24
4.1 Подъемно-транспортные машины	24
4.2 Машины землеройные и оборудование	59 86
4.3 Фундаментное и буровое оборудование	88
4.4 Машины и оборудование для производства, транспортирования и уплотнения строительных смесей	98
4.5 Машины и оборудование для обслуживания мостов	108
II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	111
Рекомендации к выполнению лабораторных работ	111
Лабораторная работа № 1	116
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ	116

Лабораторная работа № 2	124
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН	124
Лабораторная работа № 3	136
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПРЕССОРНЫХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ	136
Лабораторная работа №4	148
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА БЫСТРОМОНТИРУЕМОГО БАШЕННОГО КРАНА	148
Лабораторная работа № 5	154
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА БАШЕННОГО КРАНА СЕРИИ КБ	154
Лабораторная работа № 6	160
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОЗЛОВОГО КРАНА	160
Лабораторная работа № 7	163
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУЛЬДОЗЕРОВ	163
Лабораторная работа № 8	171
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ОДНОКОВШОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ С НАБОРОМ СМЕННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ	171
Лабораторная работа № 9	178
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА АМКОДОР 211	178
Лабораторная работа № 10	184
ИЗУЧЕНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ	184
Лабораторная работа № 11	189
ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ	189
Лабораторная работа № 12	201
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА КОМПЛЕКТА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНА И ЕГО ДОСТАВКИ НА ОБЪЕКТ СТРОИТЕЛЬСТВА	201
Лабораторная работа № 13	215
ИЗУЧЕНИЕ МАШИН ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ	215
Лабораторная работа №14	221
ИЗУЧЕНИЕ МОСТОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕМОНТА И ОБСЛУЖИВАНИЯ МОСТОВ	221
III КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ	224
Вопросы для самоконтроля	224
IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	226

ВВЕДЕНИЕ

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) «Машины для транспортного строительства» предназначен для студентов 2 курса (4 семестр) специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций», профилизации «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены».

В ЭУМК рассматриваются теоретические основы конструкций машин для транспортного строительства, методы расчета их основных параметров и производительности.

Объем изучаемой дисциплины в соответствии с учебным планом составляет всего 100 ч., в том числе аудиторных – 52 часа, из них лекций – 18 часов, лабораторные занятия – 34 часа. Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет.

ЭУМК состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: теоретического раздела, практического раздела, включающего лабораторные занятия, учебной программы, вопросов для самоконтроля и подготовке к зачету.

Целью изучения учебной дисциплины является - изучить общие схемы устройства машин для транспортного строительства, их принцип работы и технологические возможности в различных режимах эксплуатации при строительстве мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов. Направленность и содержание учебной дисциплины определена характером будущей инженерной деятельности специалиста в сфере строительного комплекса, в проектно-конструкторских, научно-исследовательских, ремонтно-строительных организациях.

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

I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Тема 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКЦИЯХ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Машина для транспортного строительства представляет собой устройство, совершающее полезную работу с преобразованием одного вида энергии в другой с целью выполнения какой-либо необходимой технологической операции в процессе строительства транспортных коммуникаций.

Конструкция строительной машины представляет собой несколько совместно работающих механизмов различного назначения, объединенных общим корпусом, рамой или станиной.

Механизмами называют систему тел (деталей), предназначенную для преобразования движения одной или нескольких деталей в требуемые движения другой детали или группы деталей. Механизмы состоят из одной или нескольких сборочных единиц, объединяющих несколько деталей в единую конструкцию посредством сборочных операций. Детали изготавливают из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

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

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

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

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

Требования, предъявляемые к машинам для транспортного строительства, регламентируются соответствующими заводскими, отраслевыми, государственными и международными правилами, нормами и стандартами.

Строительные машины состоят из нескольких сборочных единиц, выполняющих определенные функции при работе: силового оборудования (одного или нескольких двигателей) для получения механической энергии;

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

1.1 Классификация машин для транспортного строительства

В строительстве эксплуатируется значительное количество машин, различающихся между собой по назначению, конструкции, принципу действия, размерам, параметрам и т.п. Классификацию строительных машин проводят по следующим признакам:

по назначению – грузоподъемные, транспортирующие, погрузочно-разгрузочные, для подготовительных и вспомогательных работ, землеройные и грунтоуплотняющие, буровые, сваебойные, дробильно-сортировочные, смесительные, для транспортирования бетонных смесей и растворов, для укладки строительных материалов и растворов, отделочные, ручные;

по режиму работы – различают машины периодического (циклического) действия, выполняющие работу путем периодического, многократного повторения одних и тех же операций с циклической выдачей продукции, и машины непрерывного действия, выдающие или транспортирующие продукцию непрерывным потоком;

по степени подвижности машины делят на передвижные, стационарные и переносные;

по типу ходового оборудования – различают машины на гусеничном, пневмоколесном, рельсовом ходу, шагающие и комбинированные;

по виду силового оборудования – подразделяют на работающие от электродвигателей и двигателей внутреннего сгорания;

по количеству двигателей, установленных на машине – различают одномоторные и многомоторные машины;

по системам управления – механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные;

по степени универсальности – универсальные и специализированные;

по степени автоматизации управления – с ручным управлением, полуавтоматические и автоматические.

Более подробная классификация по конкретным машинам и оборудованию будет приведена в последующих разделах лекционного курса.

1.2 Конструктивные составляющие машин для транспортного строительства

К конструктивным составляющим машин относят: детали, сборочные единицы, комплекты и комплексы.

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.

Например, вал из одного куска металла, литой корпус, маховик из пластмассы без арматуры и т.д. Эти же изделия, подвергнутые покрытиям (защитным или декоративным), независимо от вида, толщины и назначения покрытия, или изготовленные с применением местной сварки, пайки, склейки, сшивки и т. п., например винт, подвергнутый хромированию; трубка, спаянная или сваренная из одного куска листового материала; коробка, склеенная из одного куска картона.

Сборочная единица — изделие, составные части (СЧ) которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, запрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшиванием, укладкой и т. п.).

Например, автомобиль, редуктор, сварной корпус, маховик из пластмассы с металлической арматурой.

Комплекс — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Каждое из этих специфицированных изделий, входящих в комплекс, служит для выполнения одной или нескольких основных функций, установленных для всего комплекса. Например, бурильная установка (для бурения скважин в грунте при строительстве фундаментов или для последующей закладки трубопроводов); мобильный дробильно-сортировочный комплекс (для дробления и сортировки каменных материалов, применяемых в строительстве).

Комплект — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры, комплект упаковочной тары и т. п.

К комплектам также относят сборочную единицу или деталь, поставляемую вместе с набором других сборочных единиц и (или) деталей, предназначенных для выполнения вспомогательных функций при эксплуатации этой сборочной единицы или детали.

Например, гидроцилиндр в комплекте с запасными и сменными частями, монтажным инструментом.

Конструктивные составляющие машин для транспортного строительства различают по следующим функциональным признакам:

- силовые установки (двигатели) – являются источником преобразования энергии в механическую работу;
- рабочее оборудование – с помощью которого осуществляется технологическая операция;
- ходовое оборудование – предназначено для передвижения машины и передачи давления от веса машины на основание;
- функциональное оборудование, входящее в конструкцию машины – компрессоры, генераторы, вентиляторы, подогреватели;
- передаточные механизмы – для связи силового оборудования с рабочим и ходовым;
- система управления – для запуска и останова силового оборудования;
- несущая конструкция (рама) машины – для размещения и закрепления всех элементов и сборочных единиц машины.

Тема 2 ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

2.1 Общие требования к машинам для транспортного строительства

Машины для транспортного строительства должны обеспечивать необходимую производительность и работоспособность при работе в любое время года, при разнообразных атмосферных условиях и температурах окружающего воздуха, в стесненных условиях строительной площадки.

Требования, предъявляемые к машинам для транспортного строительства:

Надежность в работе – способность безотказной работы машины без вынужденных простоев из-за неисправности при правильном управлении и нормальных нагрузках.

Экономичность в эксплуатации – обеспечение минимального расхода энергоресурсов (электроэнергии или топлива), смазочных и других эксплуатационных материалов, а также трудозатрат на управление машиной и уход за ней. Экономичность определяется также меньшей стоимостью машины, которая зависит от технологичности в изготовлении, меньшей трудоемкости и металлоемкости.

Транспортабельность – возможность перемещения машины самоходом или перевозки ее на транспорте в собранном виде.

Ремонтопригодность – возможность удобного технического обслуживания и ремонта машины для поддержания ее в работоспособном состоянии. Лучшая ремонтопригодность у машины, состоящей из отдельных сборочных единиц, легко отсоединяемых друг от друга.

Удобство монтажа и демонтажа машины – наилучшими считаются условия монтажа, при которых не требуются дополнительные грузоподъемные средства.

Требования эргономики – обеспечение благоприятных условий для рабочих, занятых управлением машиной, минимальная утомляемость и определенный комфорт.

Эстетические требования – красивая внешняя форма, хорошая отделка и окраска.

Климатические требования – круглогодичная работа машины при температуре от -0 до $+40$ °С. Резинотехнические детали машин должны противостоять влиянию низких температур и не терять своих свойств – эластичности и упругости.

Для самоходных машин: маневренность, проходимость, устойчивость.

Параметры строительных машин, их размеры, технические требования, методы испытания, маркировки, упаковки и транспортировки регламентированы ГОСТами.

2.2 Маневренность, проходимость, устойчивость и производительность машин

Маневренность – подвижность машины – это способность перемещаться по строительной площадке и разворачиваться в естественных условиях с минимальным радиусом поворота $R_{п}$ при заданной колее B и базе L :

$$R_{п} = L / \sin \alpha,$$

где α – максимально возможный угол поворота наружного колеса.

Проходимость – это способность машины преодолевать неровности местности, водные преграды, рыхлые грунты, снежный покров.

Проходимость определяется величиной дорожного просвета (клиренсом) – C , продольным R_1 и поперечным R_2 радиусами проходимости колесных машин и удельным давлением на грунт.

Устойчивость машины – способность противостоять действию опрокидывающих сил. Чем ниже центр тяжести машины и чем больше ее опорная база, тем устойчивее машина. Характеризуется коэффициентом устойчивости k .

Производительность – важнейшая техническая характеристика машины, представляемая количеством продукции (в массе, объеме или штуках), вырабатываемой в единицу времени (час, смену, месяц, год).

Теоретическая производительность (расчетная, конструктивная) – максимально возможное количество продукции, вырабатываемой в единицу времени непрерывной работы при расчетных скоростях рабочих движений и нагрузках.

Для машин циклического действия:

$$P_k = 60 \cdot q \cdot n,$$

где q – количество продукции за один цикл,

n – число циклов, выполняемых машиной в 1 мин: $n = 60 / t_{ц}$,

$t_{ц}$ – продолжительность цикла, с.

Для машин непрерывного действия:

$$P_k = 3600 \cdot F \cdot v,$$

где F – количество материала, размещающегося на 1 м длины потока продукции (кг, м³),

v – скорость движения потока продукции (м/с).

Техническая производительность – количество продукции, вырабатываемой в единицу времени непрерывной работы машины в конкретных производственных условиях при правильных режимах работы и нагрузках. Например, для экскаватора учитываются группа грунта, высота забоя, угол поворота стрелы с ковшом, вид работы, коэффициент заполнения ковша и др.

Для машин циклического действия (грузоподъемных кранов, строительных подъемников и т.д.) техническая производительность определяется:

$$P_T = 60 \cdot q \cdot n \cdot k,$$

где q – грузоподъемность крана,

n – число рабочих циклов в 1 мин,

k – коэффициент, учитывающий степень использования грузоподъемности.

Для машин непрерывного действия:

$$P_T = 3600 \cdot F \cdot v \cdot k,$$

где F – масса груза или объем (кг, м³) на 1 м длины,

v – линейная скорость движения рабочего органа (м/с),

k – коэффициент, учитывающий условия работы.

Эксплуатационная производительность – это количество продукции, вырабатываемой в единицу времени с учетом всех перерывов в работе, вызываемых требованиями эксплуатации, условиями труда работающих и организационными причинами:

$$P_э = P_T \cdot k_{и}$$

где $k_{и}$ – коэффициент использования машины во времени.

Сменная или годовая производительность машины:

$$P_{э \text{ год}} = P_э \cdot T,$$

где T – число часов работы машины в течение смены или года.

Тема 3 ПРИВОДЫ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Привод – это совокупность силового оборудования, трансмиссии и систем управления, обеспечивающих приведение в действие механизмов машин и рабочих органов.

3.1 Силовое оборудование машин для транспортного строительства

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

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

Для привода строительных машин служат электродвигатели переменного или постоянного тока.

Асинхронные электродвигатели трехфазного тока частотой 60 Гц с короткозамкнутым ротором просты в управлении, но имеют недостатки:

- большой пусковой ток,
- малый пусковой момент,
- малую перегрузочную способность,
- дополнительные устройства для регулировки скорости.

Их применяют в машинах с длительно-непрерывным режимом работы (конвейерах, сортировках).

Для привода машин с поворотной-кратковременным режимом работы (строительных кранов, карьерных экскаваторов) применяют крановые асинхронные двигатели – короткозамкнутые и с контактными кольцами.

На башенных, козловых и мостовых кранах применяют многомоторный электропривод переменного тока с использованием асинхронных крановых двигателей с контактными кольцами.

Электродвигатели постоянного тока используют в комбинированных дизель-электрических приводах экскаваторов и кранов большой мощности.

Питание каждого из двигателей осуществляется от генератора постоянного тока, смонтированного на самой машине и приводимого во вращение двигателем внутреннего сгорания (дизелем) или сетевым электродвигателем переменного тока.

Для привода ручных электрических машин применяют встроенные асинхронные коллекторные электродвигатели однофазного или трехфазного тока.

Для управления электроприводом применяют различную пускорегулирующую и защитную аппаратуру:

- пакетные выключатели с переключателями,
- автоматические выключатели,
- контроллеры и командоконтроллеры,
- аппаратуру автоматического управления: контакторы, магнитные пускатели, конечные выключатели, защитная аппаратура, предохранители, максимальное токовое реле, тепловое реле.

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

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

3.2 Трансмиссии строительных машин

Т р а н с м и с с и я представляет собой систему механизмов для передачи энергии от двигателя к исполнительным органам машины с изменением скоростей, крутящих моментов, направления и вида движения.

В зависимости от способа передачи энергии их делят на механические, электрические, гидравлические и пневматические.

Одним из основных показателей эффективности работы трансмиссий является их КПД:

$$\eta = N_{\text{им}} / N_{\text{сy}},$$

где $N_{\text{им}}$ и $N_{\text{сy}}$ – мощность исполнительного механизма и силовой установки рабочего органа.

Передаточное отношение:

$$i = \omega_{cy} / \omega_{им},$$

где ω_{cy} и $\omega_{им}$ – угловые скорости вращения силовой установки и исполнительного механизма рабочего органа.

К важным показателям трансмиссии относится их степень прозрачности – это способность трансмиссии передавать колебания внешней нагрузки силовой установке.

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

3.3 Механические передачи

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

Ременная передача состоит из ведущего и ведомого шкивов и ремня, надетого на шкивы с натяжением и передающего окружные усилия с помощью сил трения. Ремни выполняют плоскими, клиновыми, поликлиновыми и круглого сечения. Необходимым условием работы ременной передачи является натяжение ремня, которое должно сохраняться в условиях эксплуатации. Натяжение осуществляется перемещением одного из шкивов натяжным роликом или пружиной, автоматическим устройством, обеспечивающим регулирование натяжения в зависимости от нагрузки.

Ременные передачи (рисунок 3.1), как правило, применяют для передачи движения параллельными валами, вращающимися в одну сторону (открытые передачи).

В легких передачах (рисунок 3.2) благодаря закручиванию ремня возможна передача движения между параллельными валами, вращающимися в разные стороны, и между перекрещивающимися.

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

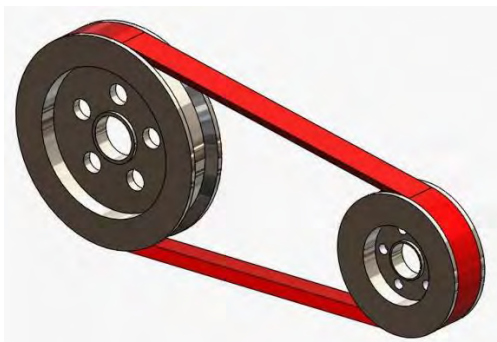
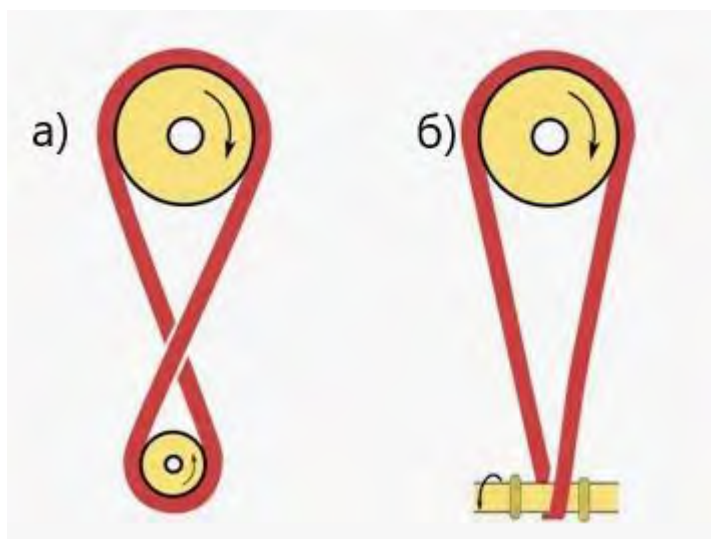


Рисунок 3.1 – Ременная передача



а) перекрестная ременная передача,
б) полуперекрестная ременная передача

Рисунок 3.2 – Ременные передачи для вращения валов в разные стороны

Этим требованиям удовлетворяет высококачественная кожа, однако вследствие дефицитности применяется редко. Наиболее распространенными являются прорезиненные тканевые ремни, имеющие достаточно высокую нагрузочную способность, удовлетворительную долговечность при работе со скоростями до 30 м/с.

Основным несущим элементом является высокопрочная хлопчатобумажная ткань - бельтинг.

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

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

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

где n_1 - частота вращения ведущего вала;

n_2 - частота вращения ведомого вала;

D_1 - диаметр ведущего шкива ременной передачи;

D_2 - диаметр ведомого шкива;

ζ - коэффициент, учитывающий упругое относительное скольжение ремня;
 $\zeta = 0,98 \dots 0,99$.

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

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

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

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

Основными параметрами, определяющими зубчатую передачу, кроме модуля и шага являются: число зубьев шестерни $Z_{ш}$ и колеса Z_k , передаточное число i ; межосевое расстояние - выбирается из стандартизованных рядов; высота зуба h , высота головки зуба $h_{гз}$.

Основные виды зубчатых колес и передач представлены на рисунке 3.3. Зубчатые колеса могут иметь форму цилиндрическую (рисунок 3.3, а, б, в, г, ж) и коническую (рисунок 3.3, д, е). По направлению нарезки зубьев зубчатые колеса классифицируют на прямозубые (рисунок 3.3, а, г, д), косозубые (рисунок 3.3, б), шевронные (рисунок 3.3, в).

Различают зубчатые передачи с внешним зацеплением зубчатых колес (рисунок 3.3, а, б, в, д, е, ж) и с внутренним зацеплением (рисунок 3.3, г).

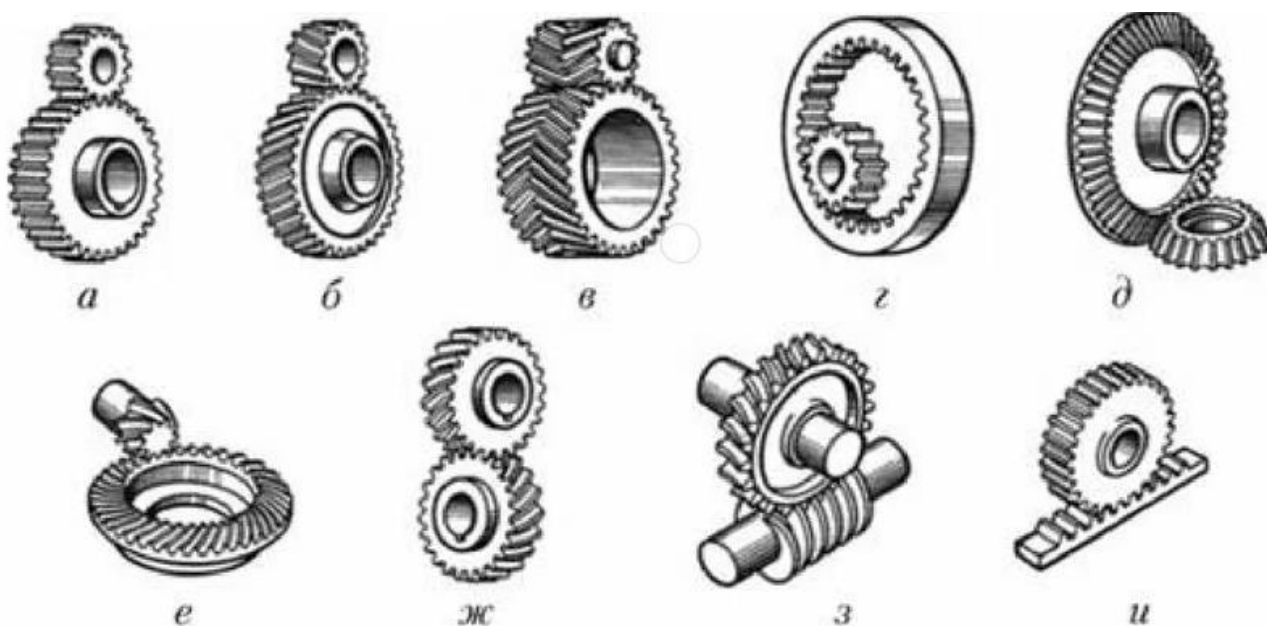


Рисунок 3.3 – Виды зубчатых передач

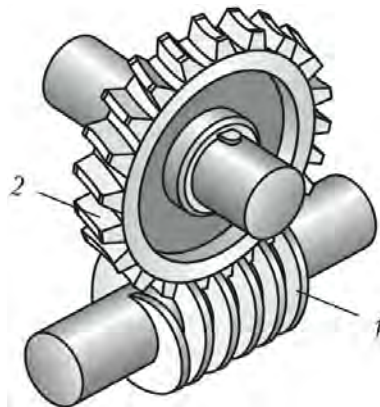
Таким образом, на рисунке 3.3 представлены следующие виды передач:
а – прямозубая цилиндрическая с внешним зацеплением;
б – косозубая цилиндрическая с внешним зацеплением;
в – шевронная цилиндрическая с внешним зацеплением;
г – прямозубая цилиндрическая с внутренним зацеплением;
д – прямозубая коническая;

- е – с круговыми зубьями коническая (гипоидная);
- ж – винтовая передача;
- з – червячная передача;
- и – зубчато-реечная передача.

Червячные передачи (рисунок 3.4) передают вращение между перекрещивающимися осями и относятся к зубчато-винтовым передачам. Они состоят из винта - червяка с трапецеидальной или близкой к ней резьбой и косозубого червячного колеса с зубьями особой формы, получаемой в результате взаимного сгибания с витками червяка. В отличие от винтовых передач осуществляется линейный контакт.

В строительных машинах червячные передачи применяются с передаточным числом $i = 8 \dots 60$ при количестве заходов червяка соответственно 1-4. При этом $\eta = 0,65 - 0,9$. Для повышения КПД червячной пары за счет снижения сил трения зубья колеса делают из антифрикционного материала - качественной бронзы, а зуб червяка закаливают и шлифуют. Вследствие низких КПД червячные передачи используют в основном в передачах с небольшими мощностями – 40...50 кВт и реже до 200 кВт при скоростях до 13 м/с.

Основными параметрами червячной передачи являются шаг p_t (мм) и модуль m (мм). Расчет межцентрового расстояния и размеров зуба ведется исходя из контактной и изгибной прочности применительно к червячному колесу, изготовленному обычно из бронзы или чугуна, обладающих меньшей прочностью по сравнению со стальным червяком.



1- червяк, 2 – червячное колесо

Рисунок 3.4 – Червячная передача

Цепные передачи предназначены для передачи движения между двумя параллельными валами при достаточно большом расстоянии между ними. Передача состоит из ведущей и ведомой звездочек и цепи, охватывающей их

(рисунок 3.5). Кроме этих основных элементов имеются натяжное и смазочное устройства, а также ограждения.

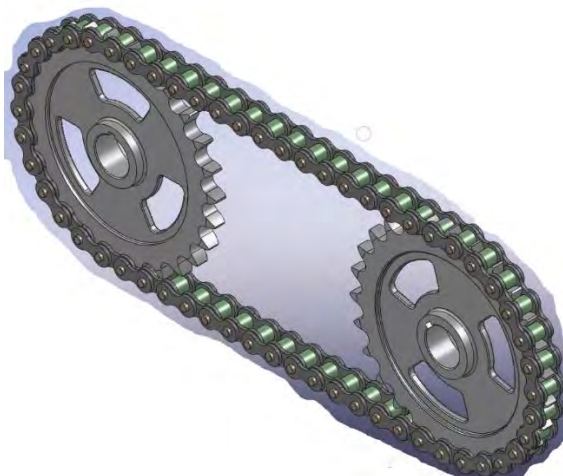


Рисунок 3.5 – Цепная передача

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

К достоинствам цепных передач относят: возможность передачи движения на значительные расстояния; меньшие, чем у ременных передач, габариты, отсутствие скольжения; достаточно высокий КПД ($\eta = 0,94 \dots 0,98$), возможность легкой замены цепи. К недостаткам цепных передач относят: сравнительно быстрый износ шарниров, работающих в условиях попадания абразива; требуют более сложного ухода - смазки, регулировки в сравнении с клиноременными передачами; значительные вибрации и шум при достаточно высоких скоростях и невысокой точности элементов конструкции.

Основные параметры цепной передачи определяются из шага цепи t (расстояние между двумя одноименными точками цепи). В строительных машинах в зависимости от мощностей и скоростей применяют как однорядные, так и многорядные цепные передачи.

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

Для закрепления деталей на валах применяют шпонки (от одной до трех по окружности сечения цилиндрической поверхности вала) – шпоночные соединения или выполняют шлицы на поверхности вала и на внутренней

поверхности в отверстии соединяемой детали для шлицевого соединения детали с валом. Валы в большинстве случаев выполняют ступенчатыми. Эта форма удобна при сборке конструкции, а также при эксплуатации изделия, так как уступы валов могут воспринимать большие осевые силы. Основными материалами для валов и осей служат углеродистые и легированные стали.

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

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

Подшипники предназначены для поддержания вращающихся валов и осей в корпусных деталях сборочных единиц, восприятия действующих на них нагрузок и уменьшения силы трения между вращающимися деталями и корпусом. Кроме осей и валов подшипники могут поддерживать детали, вращающиеся вокруг осей и валов, например, катки, шкивы, шестерни и др.

По виду трения подшипники разделяют на подшипники скольжения и качения.

Подшипники скольжения (рисунок 3.6) – представляют собой опоры вращающихся деталей, работающих в условиях относительного скольжения поверхности цапфы по поверхности подшипника, разделенных слоем смазочного материала.



Рисунок 3.6 – Подшипник скольжения

Подшипники качения (рисунок 3.7) – это опоры вращающихся или качающихся деталей, использующие элементы качения (шарики или ролики) и работающие на основе трения качения.

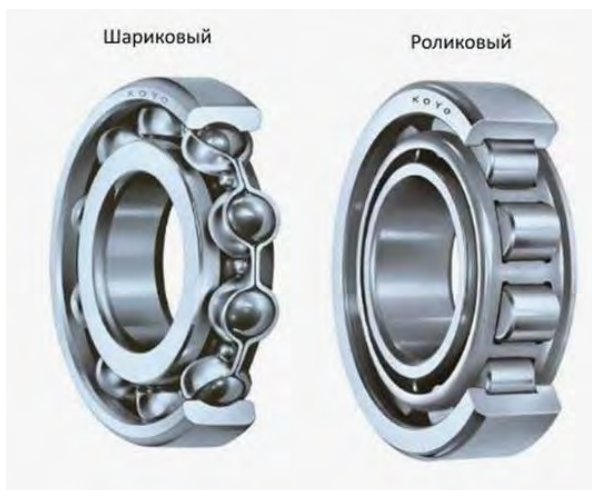


Рисунок 3.7 – Подшипники качения радиальные

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

На рисунке 3.8 приведены кинематические схемы зубчатого цилиндрического и червячного редукторов.

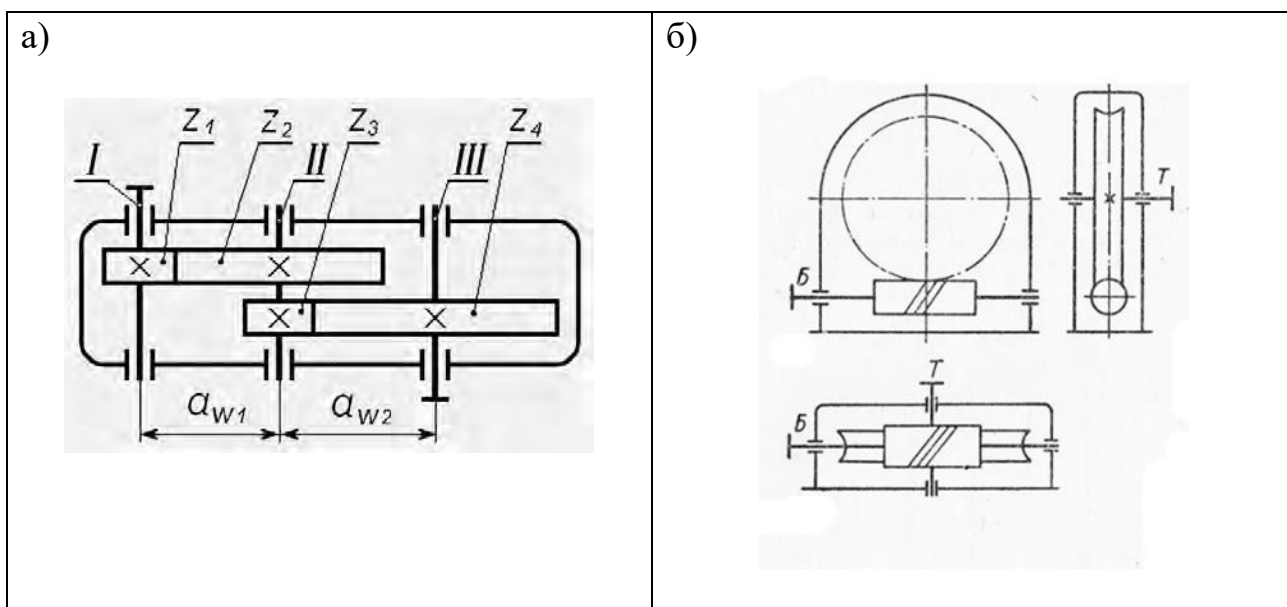


Рисунок 3.8 – Кинематические схемы редукторов

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

На рисунке 3.8, а) представлена кинематическая схема редуктора зубчатого цилиндрического двухступенчатого: I, II, III – валы редуктора; Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 – числа зубьев зубчатых цилиндрических колес редуктора; α_{w1}, α_{w2} – расстояние между центрами вращения валов.

На рисунке 3.8, б) – кинематическая схема редуктора червячного: Т – тихоходный вал (червячное колесо), Б – быстроходный вал (червяк).

3.4 Гидравлический привод

Гидроприводом называется совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин посредством рабочей жидкости, находящейся под давлением, с одновременным выполнением функций реверсирования и регулирования скоростей движения выходных звеньев гидродвигателей.

Объемный гидропривод состоит из гидробака, насоса, гидродвигателей (гидроцилиндров и гидромоторов), направляющих и регулирующих гидроаппаратов, фильтра для очистки рабочей жидкости, трубопроводов, соединяющих элементы гидропривода в единую систему.

Объемная гидропередача – это часть насосного гидропривода, предназначенная для передачи движения от приводящего двигателя к звеньям машины. Таким образом, объемная гидропередача является силовой частью гидропривода и состоит из *объемного насоса* (преобразователя механической энергии приводящего двигателя в энергию потока рабочей жидкости) и *объемного гидродвигателя* (преобразователя энергии потока рабочей жидкости в механическую энергию выходного звена).

В состав некоторых объемных гидропередач входит *гидроаккумулятор* – устройство для аккумулирования энергии рабочей жидкости, находящейся под давлением, с целью последующего ее использования для приведения в работу гидродвигателей.

Принцип работы объемного гидропривода основан на законе Паскаля, в соответствии с которым любое изменение давления в какой-либо точке покоящейся жидкости, не нарушающее ее равновесия, передается в остальные ее точки без изменения.

В зависимости от характера движения выходного звена гидродвигателя различают:

- *гидропривод поступательного движения*, у которого в качестве гидродвигателя применяется гидроцилиндр;

- *гидропривод вращательного движения*, в котором в качестве гидродвигателя применяется гидромотор;

- *гидропривод поворотного движения*, гидродвигателем которого является поворотный гидродвигатель.

3.5 Пневматический привод

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

Тема 4 УСТРОЙСТВО И РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

4.1 Подъемно-транспортные машины

Подъемно-транспортные машины предназначены для подъема, опускания и перемещения штучных, пакетированных и насыпных грузов в процессе строительства.

Специально сконструированные пассажирские подъемно-транспортные машины используются для подъема, опускания и перемещения людей.

В зависимости от назначения подъемно-транспортные машины подразделяются на транспортирующие, погрузочно-разгрузочные и грузоподъемные машины.

Транспортирующие машины и установки предназначены для перемещения непрерывным потоком сыпучих, пластичных, кусковых и мелкоштучных массовых грузов. Их применяют на строительных площадках, камнедробильных и бетонных заводах, предприятиях по производству железобетонных и других строительных изделий и конструкций: для перемещения материалов и изделий по всем операциям технологических процессов.

Основное эксплуатационное преимущество транспортирующих установок и машин непрерывного действия: высокая производительность (до нескольких тысяч тонн в час), что позволяет многие транспортирующие установки использовать для перемещения больших масс грунта, сыпучих и других

строительных материалов. Простота управления машинами непрерывного транспорта создает предпосылки их автоматизации.

К недостаткам оборудования непрерывного транспорта относят: сложность их перестановки с одного объекта на другой и возможность использования в основном только в виде стационарных установок.

К машинам непрерывного транспорта относят: строительные конвейеры (ленточные, пластинчатые, ковшовые, скребковые, роликовые, винтовые); установки вертикального транспорта, оборудование для пневматического транспортирования.

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

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

Установки вертикального транспорта содержат гибкий тяговый орган, к которому прикреплены ковши. Их применяют в составе растворных, бетонных, асфальтобетонных и дробильно-сортировочных установок.

Оборудование для пневматического транспортирования применяют для перемещения сыпучих материалов (цемент, песок, опилки и др.) по трубам во взвешенном состоянии.

Выбор вида установок для непрерывного транспорта зависит от характеристик перемещаемого материала и его расположения относительно мест доставки (перемещение в горизонтальном, вертикальном или наклонном положении). Пылевидные материалы, например, цемент, перемещают в закрытых установках (ковшовых элеваторах или пневмотранспортных установках). Штучные грузы больших размеров целесообразно транспортировать на роликовых конвейерах. Важно учитывать также абразивность и липкость материала, так как эти качества влияют на режим эксплуатации, износ и срок службы несущих деталей.

Конвейеры

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

Наибольшее применение в строительстве получили передвижные ленточные конвейеры. Они имеют небольшую длину - до 20 м и оборудуются, как правило, колесами для удобства перемещения.

Стационарные конвейеры устанавливают на объектах с большим объемом работ и при длительной работе на одном объекте, например, в карьере или на бетонном участке или заводе. Их длина достигает нескольких сотен метров.

Ленточный конвейер (рисунок 4.1) состоит из металлической рамы

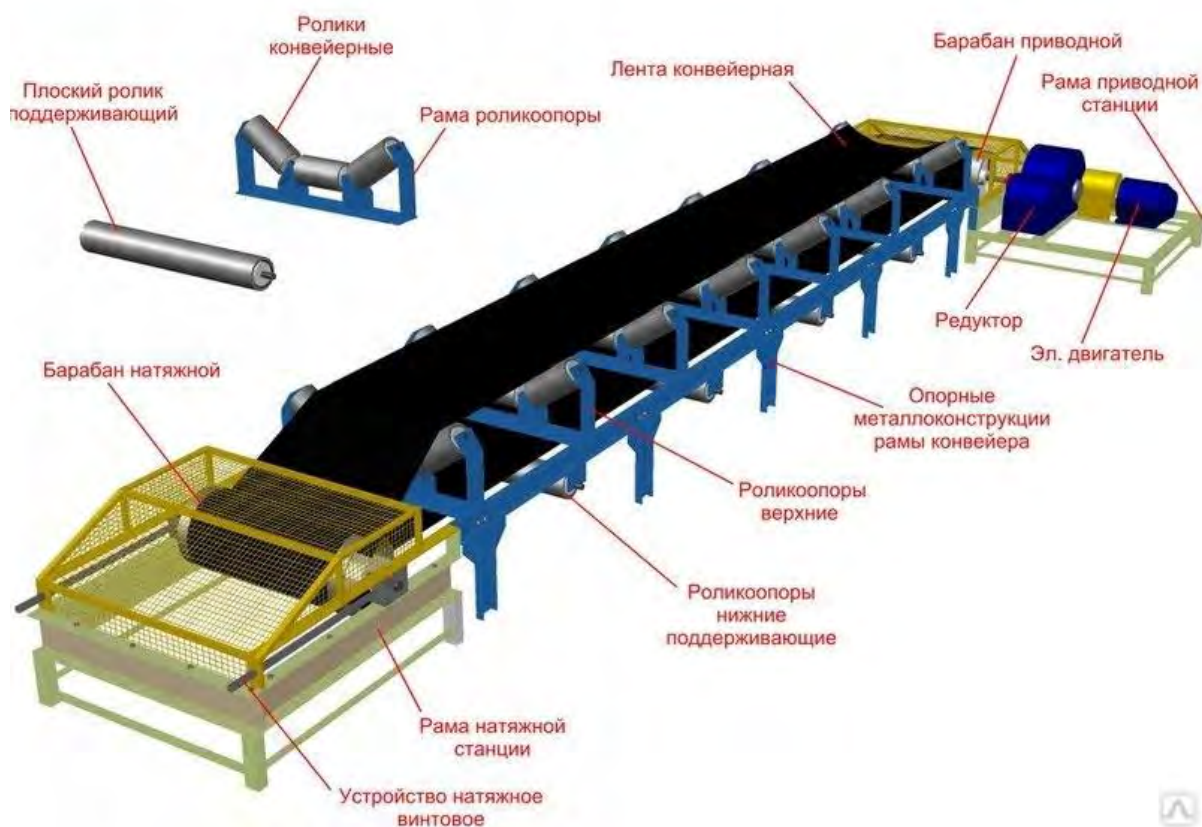


Рисунок 4.1 – Ленточный конвейер

с роликовыми опорами, воспринимающими массу грузовой и холостой ветви ленты, приводного и натяжного барабанов, обеспечивающих движение и натяжение ленты, разгрузочных устройств, выгружающих материал с ленты конвейера.

В качестве рабочего органа в них используются резиноканевые и резинокросовые ленты.

Резиноканевая лента (рисунок 4.2) состоит из тканевых полос, пропитанных резиной и склеенных между собой ее слоями. Наружные поверхности ленты защищены резиновыми обкладками. Некоторые типы резиноканевых лент снабжены боковыми бортами, предотвращающими просыпание сыпучего материала с боков ленты при транспортировании. Борты

выполняются из резиновых пластин, вертикальная гофрировка которых предохраняет их от повреждения при огибании лентой барабанов и роликов. Отношение высоты борта к ширине ленты (H/B) должно превышать 0,4.

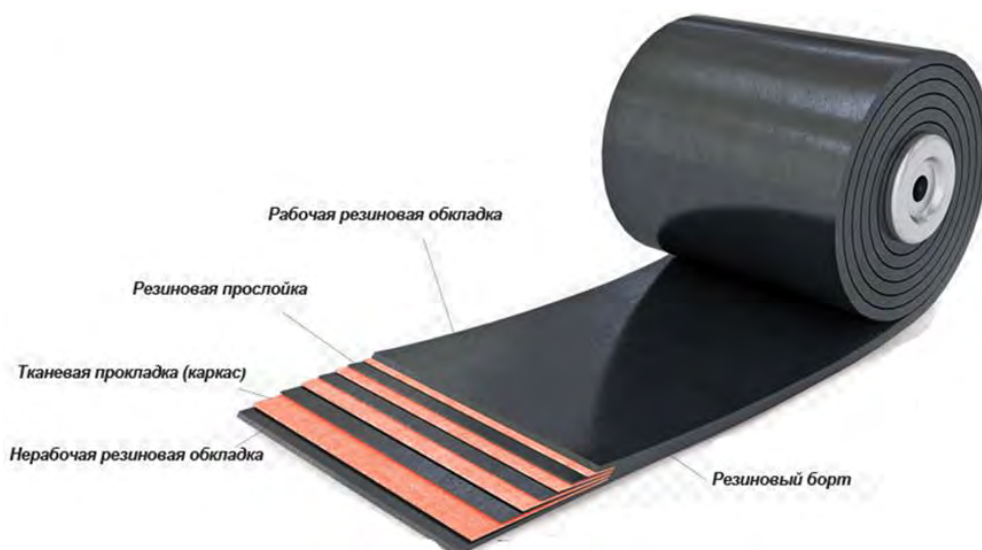


Рисунок 4.2 – Резинотканевая лента конвейера

Пластинчатые конвейеры (рисунок 4.3) применяют для транспортирования крупнокусковых, абразивных и горячих материалов, а также крупных штучных грузов по горизонтали и под небольшим углом наклона или по извилистой в плане траектории.

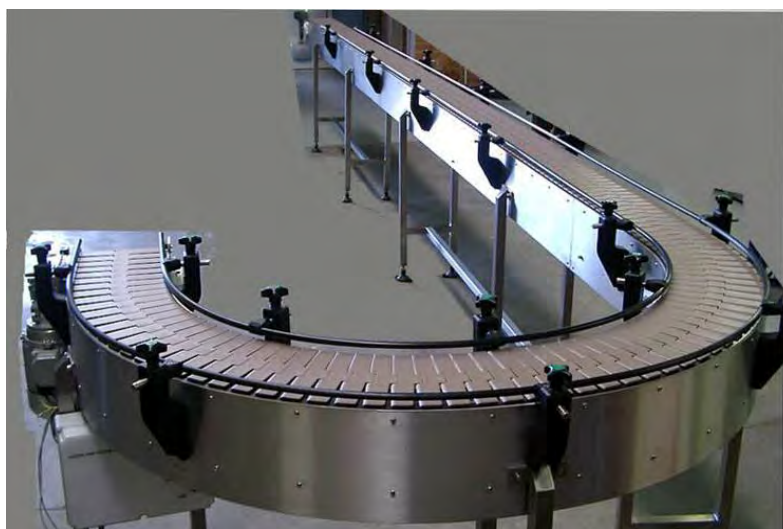


Рисунок 4.3 – Пластинчатый конвейер

Груз размещается на плоских или фасонных пластинах, прикрепленных к тяговому органу - цепи либо стальному канату. Допустимый угол наклона

пластинчатого конвейера с плоскими пластинами обычно меньше, чем ленточного, так как угол трения материала грузов о металл пластин в 2,5...3 раза меньше, чем о резиноканевую ленту. Фасонные пластины, имеющие поперечные выступы на рабочих поверхностях, позволяют увеличить угол наклона конвейера.

Производительность ленточных и пластинчатых конвейеров определяется по формуле

$$\Pi = 3600 \cdot \rho \cdot F \cdot v_{\text{тр}} \cdot K_{\text{в}},$$

где ρ - плотность материала, кг/м³;

F - средняя площадь поперечного сечения транспортируемого материала, м²;

$v_{\text{тр}}$ - скорость перемещения материала, м/с;

$K_{\text{в}}$ - коэффициент использования конвейера в течение смены.

У строительных конвейеров средняя скорость движения ленты 1,6 м/с.

Для определения производительности конвейеров при перемещении штучных грузов необходимо в формулу расчета производительности Π подставить вместо площади поперечного сечения F отношение массы одного элемента m к среднему расстоянию l между перемещаемыми элементами на ленте:

$$\Pi = 3600 \cdot \rho \cdot m \cdot v_{\text{тр}} \cdot K_{\text{в}} / l.$$

Ковшовые конвейеры (или элеваторы) перемещают сыпучие материалы вертикально вверх и под большим углом наклона (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 – Ковшовый конвейер

Транспортирующими органами этих машин служат ковши прикрепленные к тяговому цепям (как правило, пластинчатым роликовым), обегаящим ведущие и натяжные звездочки, расположенные на разных уровнях.

Если элеватор предназначен для горячих или пылевидных материалов, его закрывают кожухом, предотвращающим остывание и распыление груза.

Скребокковые конвейеры перемещают сыпучие малоабразивные грузы по неподвижному коробу пластинами (скребками), расположенными перпендикулярно к направлению движения и закрепленными верхней своей частью на пластинчатых тяговых цепях (рисунок 4.5), огибающих ведущие и натяжные звездочки.

Эксплуатационная производительность ковшовых и скребокковых конвейеров может рассчитываться по общей формуле:

$$\Pi = 3600 \cdot (V_{ед} \cdot U_{тр} \cdot K_v) L ,$$

где $V_{ед}$ - объем материала, переносимого одним ковшом или скребком;
 $U_{тр}$ - скорость движения цепи;

K_v - коэффициент использования времени смены;

L - шаг установки ковшей или скребков.



Рисунок 4.5 – Скребокковый конвейер

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

Шнековые (или винтовые) конвейеры перемещают сыпучие и вязкие материалы в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях. Роль

транспортирующего органа играет архимедов винт (шнек), винтовая поверхность которого перемещает материал, ограниченный ею и стенками неподвижного желоба (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 – Шнековый транспортер (конвейер)

Эксплуатационная производительность шнекового конвейера определяется по формуле

$$P=60 \cdot [(\pi \cdot D^2 \cdot L \cdot r \cdot n) / 4] \cdot K_{\text{зап}} \cdot K_{\text{накл}} \cdot K_{\text{в}},$$

где D - диаметр шнека, м;

L - шаг лопастей шнека, м;

r - насыпная плотность транспортируемого материала, кг/м²;

n - частота вращения шнека, об/мин ,

$K_{\text{зап}}$ - коэффициент заполнения поперечного сечения кожуха шнека ($K_{\text{зап}}=0,3$);

$K_{\text{накл}}$ - коэффициент снижения производительности при наклоне конвейера к горизонту ($K_{\text{накл}}= 1,0 \dots 0,65$);

$K_{\text{в}}$ - коэффициент использования времени смены.

Роликовые конвейеры пригодны для перемещения штучных грузов, имеющих, как минимум, одну плоскую поверхность, на которой они могут сохранять устойчивое положение (рисунки 4.7, 4.8). Цилиндрические свободно вращающиеся ролики расположены так близко друг к другу, что груз лежит на нескольких из них. Под действием массы расположенного на них груза ролики вращаются, позволяя ему свободно перемещаться по горизонтали и по наклонной плоскости вверх. Производительность роликовых конвейеров зависит от скорости подачи УТР и шага L размещения пакетированного груза и рассчитывается по формулам:

для количества мест в единицу времени

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

для общей массы грузов в единицу времени

$$\Pi = U_{\text{тр}} \cdot G_{\text{гр}} \cdot K_{\text{в}} / L$$

для максимальной массы груза в единицу времени

$$\Pi = 3600 \cdot U_{\text{тр}} \cdot K_{\text{в}} \cdot Q_{\text{рол}} \cdot b_{\text{конв}}$$

где $U_{\text{тр}}$ - линейная скорость перемещения груза, м/с;
 $K_{\text{в}}$ - коэффициент использования времени смены;
 L - шаг размещения отдельных мест груза, м;
 $G_{\text{гр}}$ - средняя масса одного груза, кг;
 $Q_{\text{рол}}$ - допустимая нагрузка на единицу длины ролика, кг/м;
 $b_{\text{конв}}$ - ширина конвейера, м.



Рисунок 4.7 – Роликовый конвейер приводной



Рисунок 4.8 – Роликовый конвейер неприводной

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

На рисунке 4.9 представлен вертикальный конвейер для транспортирования грузов в вертикальном направлении.



Рисунок 4.9 – Установка вертикального транспорта – вертикальный конвейер

Пневмотранспортные установки для приема и подачи цемента и сухих строительных смесей на объектах строительства

Пневмотранспортные установки различают по способу создания воздушного потока и величине его давления в системе трубопроводов, а также по функциональным признакам. В зависимости от давления воздуха в системе, пневмотранспортных установок, различают установки низкого, среднего и высокого давления. В установках низкого давления разность давлений, под действием которой возникает воздушный поток, не превышает 5кПа, в установках среднего давления эта разность лежит в пределах от 5 до 10 кПа, установки высокого давления работают при разности давлений от 10 кПа и выше. Наибольшее распространение получили пневмотранспортные установки низкого давления благодаря их простоте, надежности и невысокой стоимости. В зависимости от способа создания воздушного потока различают пневмотранспортные установки:

- всасывающие, работающие разреженным воздухом;
- нагнетательные, работающие напорным воздухом;
- всасывающе-нагнетательные, состоящие из всасывающей и нагнетательной систем, работающих от одного вентилятора.

Принцип действия всасывающей пневмотранспортной установки (рисунок 4.10) следующий.

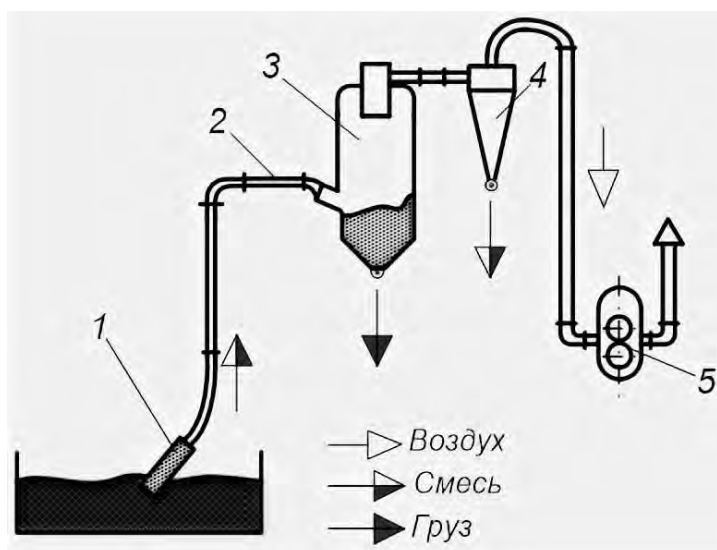


Рисунок 4.10 – Схема работы всасывающей пневмотранспортной установки

Воздуходувная машина (вентилятор) 5 через воздухопровод забирает воздух из циклона 4, поддерживая в нем постоянное давление меньше атмосферного на величину H_1 . Под действием этого давления во всасывающем трубопроводе 2 образуется воздушный поток, транспортирующий сыпучий материал от загрузочного устройства 1 в бункер 3, где материал осаждается и выгружается. Если транспортируемый материал содержит много пыли и циклон не обеспечивает ее осаждения, то после выброса из циклона воздух дополнительно очищается в специальных фильтрах. Всасывающие установки применяются для перемещения сыпучих материалов из одного или нескольких приемных пунктов в один (цеховые пневмотранспортные установки).

Нагнетательные пневмотранспортные установки отличаются от всасывающих тем, что давление в воздуховоде у них выше атмосферного.

На рисунке 4.11 показана схема нагнетательной пневмотранспортной установки.

Воздуходувная машина (вентилятор) нагнетает воздух в транспортирующую магистраль. Через специальное загрузочное устройство (засыпной ковш) в воздухопровод через инжектор поступает транспортируемый

материал, который подхватывается воздушным потоком и по транспортирующей магистрали продвигается в циклон. В циклоне материал осаждается и попадает в накопительный бункер, а воздух выходит в атмосферу через выхлопную трубу. Если циклон не обеспечивает требуемой очистки воздуха, то последний из циклона можно направить в специальный фильтр для более тонкой очистки.



Рисунок 4.11 – Пневмотранспортная установка нагнетательная

Всасывающе-нагнетательная пневмотранспортная установка обладает положительными качествами всасывающей и нагнетательной установок.

На рисунке 4.12 показана схема всасывающе-нагнетательной пневмотранспортной установки с промежуточным циклоном, в которой транспортируемый материал не проходит через воздуходушную машину (вентилятор), что увеличивает срок эксплуатации и дает возможность применять воздуходушные машины, предназначенные для чистого воздуха.

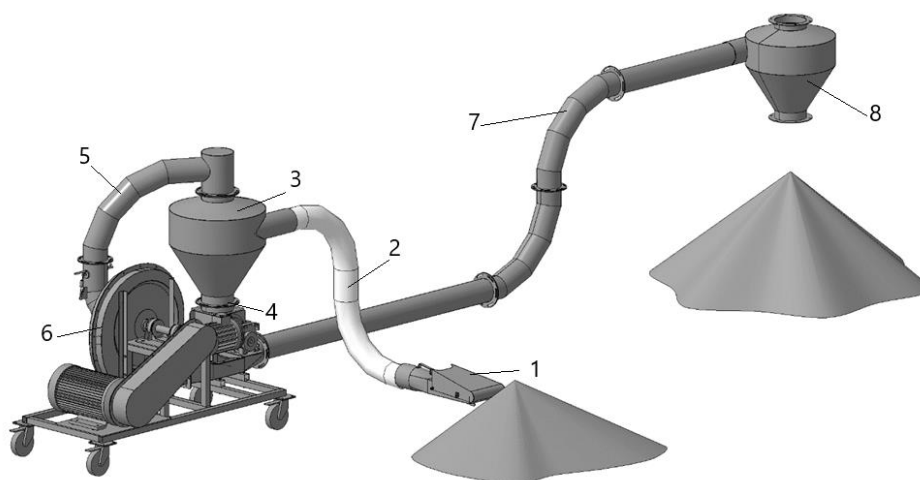


Рисунок 4.12 – Пневмотранспортная установка для подачи цемента и сухих строительных смесей на объектах строительства

В рассматриваемой установке перемещаемый материал через загрузочное сопло 1 поступает по всасывающему транспортному трубопроводу 2 в промежуточный циклон 3, где осаждается и с помощью загрузочного устройства

4 подается в напорный транспортный трубопровод 7 и далее в циклон 8 и выгружается в транспортное средство или в специальный накопитель. Разрежение в промежуточном циклоне и напор в трубопроводе 7 создаются одной воздуходувной машиной, через которую проходит очищенный воздух.

Грузоподъемные машины

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

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

Домкраты, тали и лебедки

Домкраты представляют собой переносные механизмы для подъема грузов на небольшую высоту (200...500 мм), перемещения его по горизонтали.

Домкраты применяются в строительстве на монтажных и ремонтных работах, в установках для бестраншейной прокладки коммуникаций, в строительных машинах (выносные опоры кранов, подъемников) и т. д.

По конструкции домкраты делятся на реечные, винтовые и гидравлические, с ручным и электрическим, гидравлическим и пневматическим приводом.

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

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

Гидравлический домкрат по сравнению с реечным и винтовым обладают большей грузоподъемностью и более высоким КПД. Грузоподъемность гидравлических домкратов с ручным приводом достигает 200 т, высота подъема - до 0,2 м.

Для подъема сборных этажей зданий, пролетов мостов применяют домкраты, соединенные в общую батарею и питаемые жидкостью от одного насоса с электроприводом. Применяемая при этом аппаратура позволяет

регулировать скорость подъема и опускания любого домкрата в батарее. Грузоподъемность этих домкратов до 3×10^3 т.

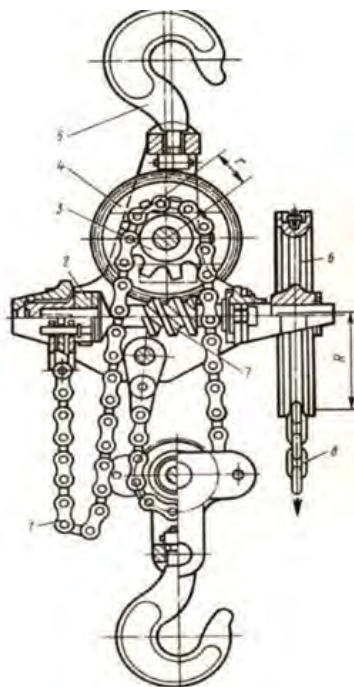
Для подъема грузов на высоту, превышающую ход домкрата, используют телескопические и реверсивные (двойного действия) домкраты. КПД гидравлического домкрата равен 0,80 - 0,90.

Тали представляют собой компактные грузоподъемные устройства, подвешиваемые на опорах. Они применяются при выполнении монтажных, ремонтных и такелажных работ.

II Ручные тали по конструкции делятся на шестеренные и червячные с ручным приводом от рычажно-храпового механизма или от бесконечной цепи. Червячная таль подвешивается к элементам на крюке, шарнирно соединенном с корпусом. В корпусе расположен червяк, входящий в зацепление с червячным колесом, которое вместе с грузовой звездочкой жестко закреплено на валу. Поднятый груз удерживается на высоте дисковым грузоупорным тормозом с храповым остановом, установленным на валу червяка.

КПД тали равно 0,55...0,75.

По типу привода различают ручные и электрические тали (рисунки 4.13-4.14).



1 – пластинчатая цепь, 2 – грузоупорный тормоз, 3 – звездочка, 4 – червячное колесо, 5 – крюк, 6 – цепное колесо, 7 – вал червяка, 8 – цепь

Рисунок 4.13 – Таль ручная

При необходимости горизонтального перемещения поднятого груза тали подвешивают к ходовым тележкам, передвигающимся по двутавровой балке - монорельсу. Тележки талей грузоподъемностью 0,5...1,0 т обычно не имеют механизма передвижения и перемещаются за счет усилия рабочего, а у тележек талей грузоподъемностью 1,0...5,0 т устанавливается механизм передвижения с ручным приводом. Грузоподъемность ручных талей составляет от 0,5 до 10 т, а высота подъема груза - до 3 м.

Электрические тали (рисунок 4.14) применяют для перемещения груза самостоятельно или в качестве грузоподъемных механизмов кранов. Они могут быть неподвижными и передвижными с ручным и электроприводным механизмом передвижения. Управление электроталими (см. рисунок 4.14) ведется с пола через гибкий кабель 2, снабженный пультом 1 с пусковыми кнопками. Грузоподъемность электроталей - 0,2...10 т, подъема груза - до 35 м, скорость подъема - 0,13 м/с, тележки - 0,33...0,5 м/с.



1 – пульт с кнопками для управления, 2 – гибкий кабель, 3 – электродвигатель для привода барабана, 4 – опорный ролик, 5 – электродвигатель с редуктором для привода механизма передвижения, 6 – барабан, 7 – канат, 8 – крюковая подвеска

Рисунок 4.14 – Таль электрическая передвижная

Строительные лебедки представляют собой грузоподъемные механизмы, предназначенные для подъема или перемещения грузов на монтажных, ремонтных и погрузочно-разгрузочных работах с помощью каната, навиваемого на барабан или протягиваемого через рычажный механизм. Их подразделяют: • по виду привода - на ручные (с ручным приводом) и приводные (с механическим приводом); • по назначению - на подъемные (для подъема груза), тяговые (только для перемещения груза по горизонтальной или наклонной поверхности); • по числу барабанов - на одно-, двухбарабанные и без барабана (с канатоведущим шкивом) и рычажные

Главным параметром лебедок является тяговое усилие каната (кН).

Ручные лебедки приводятся в действие мускульной силой рабочего и могут быть однобарабанными или рычажными (без барабана). Лебедки в рабочем положении крепятся на горизонтальной площадке и могут работать на открытом воздухе.

Приводные лебедки приводятся в действие, как правило, от электродвигателей, подключаемых к сети переменного тока с напряжением 220/380 В. Приводная лебедка (рисунок 4.15) состоит из электродвигателя 1, муфты с тормозным шкивом и тормоза 2, редуктора 3, барабана 4.

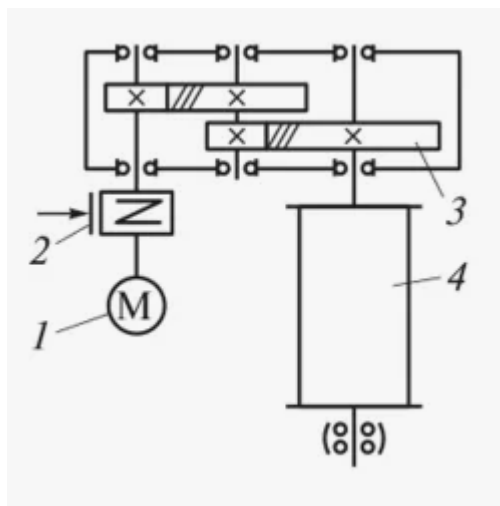


Рисунок 4.15 – Кинематическая схема приводной строительной лебедки

Строительные подъемники

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

Строительные подъемники классифицируют по назначению, способу установки, конструкции направляющих, типу грузонесущего органа и механизма подъема, способу монтажа и степени мобильности. Подъемники различают: по назначению - грузовые, предназначенные только для транспортирования грузов, и грузопассажирские - для транспортирования грузов и людей; по способу установки - передвижные (самоходные и несамоходные), способные перемещаться относительно здания в процессе работы, и стационарные, которые могут быть приставными, прикрепляемыми к зданию, и свободностоящими - без крепления к зданию. Передвижные подъемники на рельсовом или пневмоколесном ходу используют сравнительно редко. По конструкции направляющих грузонесущего органа - с подвесными (гибкими) и жесткими направляющими. Подъемники с жесткими направляющими бывают мачтовыми, скиповыми и шахтными. Тип грузонесущего органа подъемника определяется его назначением. Грузопассажирские подъемники оборудуются кабинами, грузовые - выдвигными и невыдвигными, поворотными и неповоротными платформами, выдвигными рамами, выкатными консолями, монорельсами и направляющими, с подвесной клетью, а также саморазгружающимися ковшами. Механизмы подъема подъемников разделяют на канатные и бесканатные. В канатных механизмах подъема используются канатноблочная система и лебедка, в бесканатных - зубчато-реечные или цевочно-реечные механизмы модульного типа. По способу монтажа подъемники делят на мобильные, перевозимые с объекта на объект в собранном виде, и немобильные разбираемые при демонтаже на секции и перевозимые в таком виде монтажа. Подъемники не имеют единой системы индексации.

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

Грузовые подъемники выпускают мачтовыми и шахтными. Шахтные подъемники применяют при возведении кирпичных труб высотой до 120 м. Мачтовые – наиболее распространены в городском строительстве и предназначены для подъема и поэтажной подачи через оконные и дверные проемы зданий различных строительных материалов и деталей. Различают грузовые и грузопассажирские мачтовые подъемники. Последние применяют для подъема не только грузов, но и людей при строительстве зданий и сооружений.

Подъемник состоит из опорной рамы, вертикальной направляющей мачты, подъемной грузовой платформы (у грузовых) или кабины (у грузопассажирских), механизма подъема платформы (кабины), органов управления и предохранительных устройств. В механизмах подъема используются реверсивные лебедки с электроприводом. По конструкции мачты различают подъемники с одной направляющей мачтой (одностоечные) и с двумя направляющими мачтами (двухстоечные). Одностоечные и двухстоечные подъемники оснащаются жесткими и выдвигаемыми грузонесущими органами. Подъемники с жестким грузонесущим органом имеют одно рабочее движение - подъем груза, с выдвижным - два рабочих движения: подъем груза и горизонтальное его перемещение внутри здания через проем.

Грузовой мачтовый подъемник (рисунок 4.16, а) состоит из опорной рамы 3, реверсивной грузовой лебедки 4, канатно-блочной системы, вертикальной мачты 7, в направляющих которой перемещается грузонесущий орган (стрела, платформа, монорельс) 1, системы управления и предохранительных устройств. В мобильных подъемниках, перевозимых в прицепе к автомобилю, предусмотрены колеса на пневмошинах 5, которые во время работы подъемника вывешиваются винтовыми опорами (аутригерами) 6. Мобильные свободностоящие подъемники имеют неразборную на отдельные секции мачту высотой до 12 м, жесткую платформу и применяются на строительстве зданий малой этажности. Монтаж - демонтаж подъемника осуществляется с помощью грузовой лебедки в течение 10...15 мин. Грузоподъемность мобильных грузовых подъемников - 320 кг. Приставные грузовые подъемники имеют секционно-разборную мачту и выдвижной грузонесущий орган.

Мачты подъемников представляют собой решетчатые конструкции прямоугольного и треугольного сечения с одной или двумя направляющими для роликов грузонесущего органа. Мачты крепят к зданию настенными опорами. Мачты подъемников для многоэтажного строительства выпускают разборными, состоящими из взаимозаменяемых секций длиной 1,5...3 м. Вдоль мачты с помощью канатно-блочной системы или реечного зацепления перемещаются грузонесущие органы.

При своем вращении шестерня перемещается поступательно вдоль рейки, увлекая за собой платформу. Реечные подъемные механизмы включают один или два подъемных модуля. Грузоподъемность приставных грузовых мачтовых подъемников с канатным механизмом подъема - 500 кг, с реечным механизмом -

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

Грузопассажирские подъемники (см. рисунок 4.16, б) представляют собой приставные немобильные (разбираемые при демонтаже) машины, которые по конструкции жестких направляющих разделяют на шахтные и мачтовые.

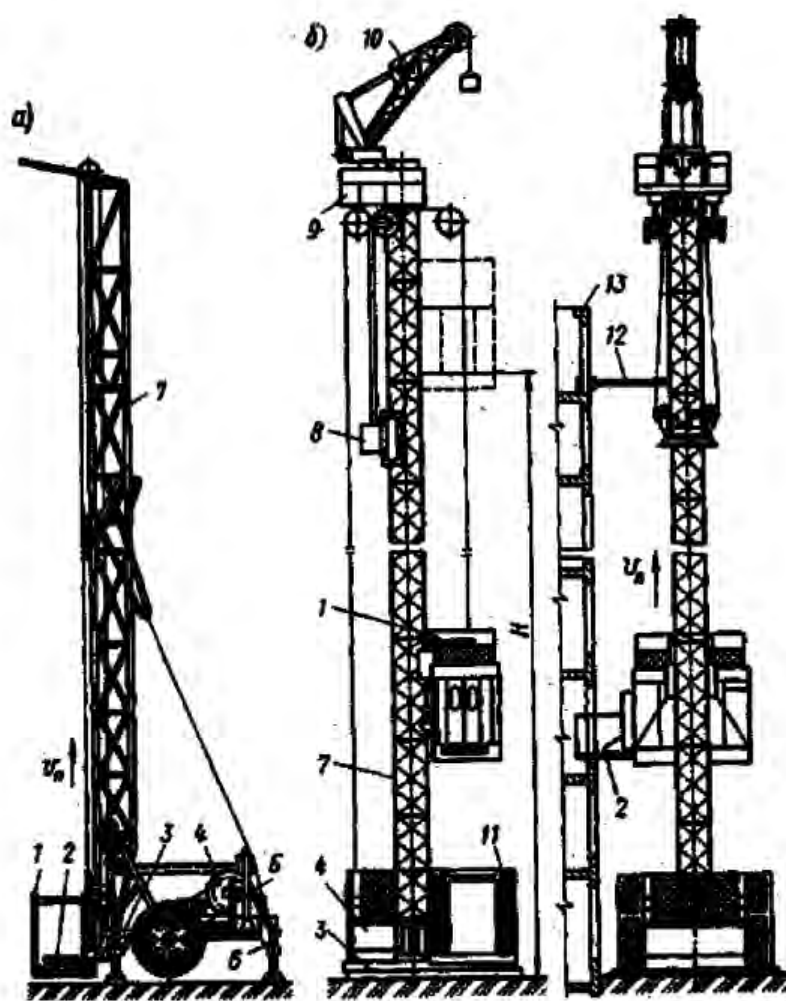


Рисунок 4.16 – Мачтовый строительный подъемник

Шахтные подъемники имеют ограниченное применение и используются для строительства кирпичных и монолитных железобетонных дымовых труб. Мачтовые грузопассажирские подъемники широко применяют в строительном производстве. Составными частями каждого грузопассажирского мачтового подъемника являются решетчатая мачта прямоугольного или треугольного сечения, опорная рама, грузонесущий орган - кабина для размещения грузов и

людей, противовес и механизм подъема. Мачты подъемников крепятся к зданию настенными опорами. На мачтовых грузопассажирских подъемниках применяют подъемные механизмы двух типов - канатные и бесканатные (реечные). В канатных механизмах подъема используют реверсивные барабанные лебедки и лебедки с канатоведущим шкивом. Грузопассажирский подъемник (см. рисунок 4.16, б) грузоподъемностью 1000 кг с канатным механизмом подъема состоит из решетчатой мачты 7, установленной на опорной раме 3, кабины 1, противовеса 8, машинного отделения 4 с механизмом подъема и ограждением 11. Через отводные блоки головки 9 мачты запасованы три грузовых каната, на одних концах которых через балансирную подвеску подвешена кабина, а на других - противовес с тремя резервными барабанами для сматывания излишков каната при малой высоте мачты. Кабина по мачте перемещается на ходовых роликах и снабжена входной и выходной дверями и откидным трапом 2 для высадки пассажиров на этажах. Мачта крепится к зданию 13 настенными опорами 12. Механизм подъема включает канатноблочную систему и лебедку с канатоведущим шкивом. Лебедка снабжена автоматическим колодочным тормозом.

Канатоведущий шкив с тремя кольцевыми ручьями на поверхности огибают три грузовых каната, располагаемые в ручьях. Канаты прижимаются к поверхности ручьев за счет натяжения, создаваемого весом кабины и противовеса. Тяговое усилие каждому канату сообщается за счет трения между контактирующими поверхностями каната и ручья шкива. Монтаж подъемника осуществляют методом наращивания сверху секции с помощью монтажного барабана лебедки, монтажного каната и самоподъемной монтажной головки с наклоняющейся стрелой 10 (см. рисунок 4.16, б) и собственным механизмом перемещения головки по мачте. Подъемник можно монтировать также с помощью башенного крана, монтажного блока, каната и вспомогательной лебедки. При наращивании мачты во время монтажа грузовые канаты, запасованные на максимальную высоту подъема кабины, постепенно сматываются с резервных барабанов. Подъемником управляет один машинист. Безопасность работы подъемника обеспечивается ограничителем скорости, установленным на каретке, и ловителями, срабатывающими при ослаблении натяжения или обрыве подъемного каната.

Максимальная высота подъема - 150 м, скорость подъема - 0,7 м/с. Грузопассажирские подъемники с бесканатным механизмом подъема используют на строительстве зданий высотой 70...150 м. Их грузоподъемность составляет 580...1000 кг. Возвратно-поступательное движение кабины обеспечивается реечным приводным устройством, состоящим из двух унифицированных моноблочных приводных модулей закрытого типа. Каждый модуль включает (электродвигатель со встроенным дисковым тормозом и червячный редуктор на выходном валу, которого закреплена ведущая шестерня, входящая в зацепление с рейкой мачты. Модули смонтированы в кабине, роликовые башмаки которой охватывают направляющие стойки мачты с трех сторон. Кабина снабжена

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

Конструкция мачтового строительного подъемника с грузовой платформой представлена на рисунке 4.17.

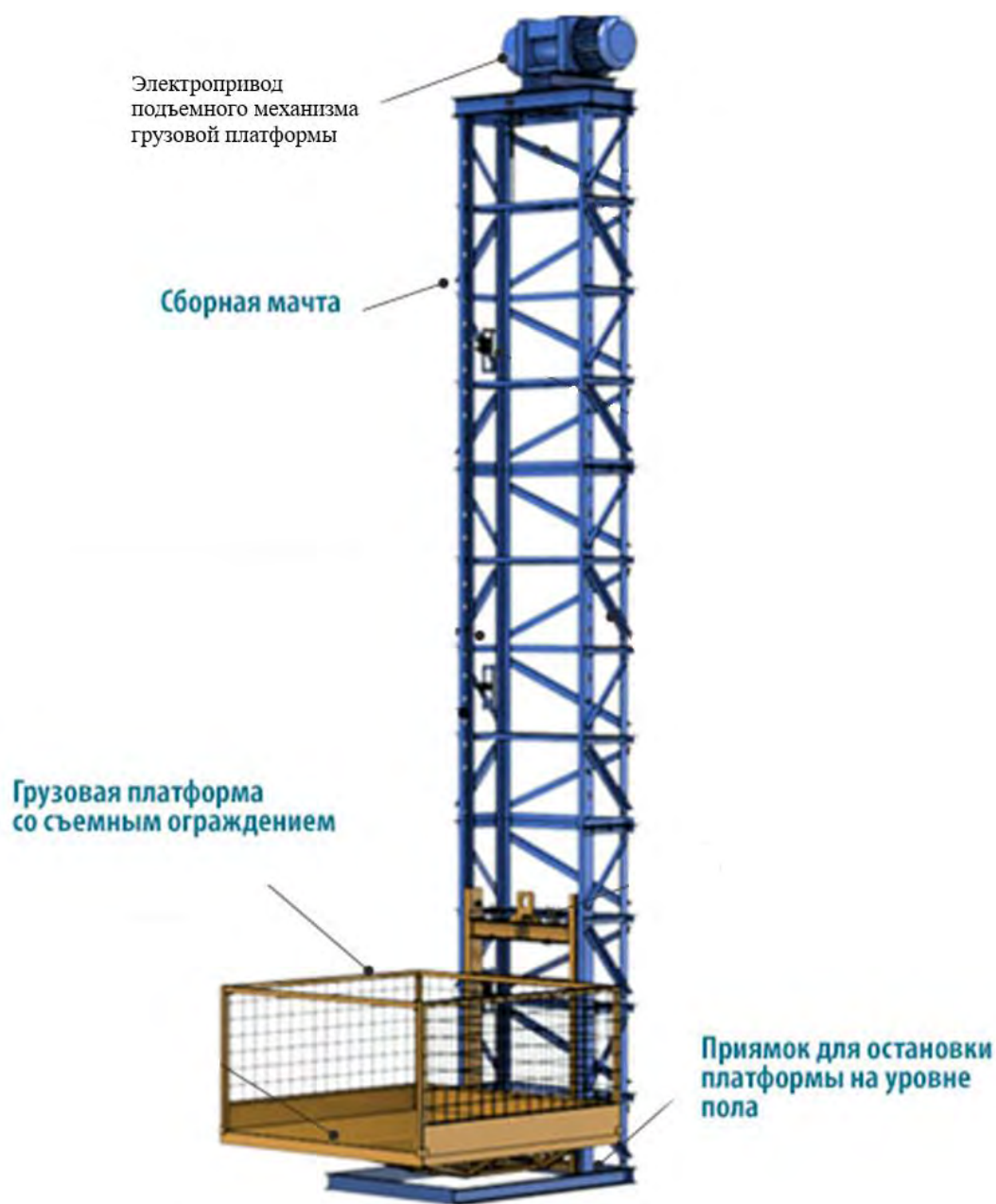


Рисунок 4.17 – Мачтовый строительный подъемник с грузовой платформой

Строительные краны

Строительные краны – это самоходные грузоподъемные машины, состоящие из металлической конструкции и смонтированных на ней крановых механизмов. Различают краны плавучие и с рельсоколесным, пневмоколесным, гусеничным движителем.

Краны применяют при строительномонтажных работах по возведению высотных сооружений и в подсобных производствах для выполнения технологических операций погрузочно-разгрузочных работ, вертикального и горизонтального транспортирования строительных грузов, монтажа технологического оборудования. Краны классифицируют по нескольким признакам. По конструкции краны разделяют на шесть групп: стреловые, башенные, мостовые, мачтовые, порталные и с несущими канатами.

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

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

По типу двигателей: с электрическими двигателями, двигателями внутреннего сгорания и комбинированными двигателями. К последним относятся дизель-электрические краны с собственной силовой установкой.

Краны могут быть одно- и много моторными. В первом случае все механизмы приводятся в действие от одного общего двигателя (например, автокран). А во втором, может быть два или несколько двигателей: для передвижения крана и отдельно для привода грузовой лебедки (краны на специальном шасси автомобильного типа) или много моторный привод к механизмам передвижения, поворота башни или оголовка, подъема стрелы, передвижения каретки (самоходный башенный кран с балочной стрелой).

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

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

Почти у всех видов кранов грузоподъемность снижается по мере увеличения вылета стрелы, поскольку при этом увеличивается грузовой момент,

т. е. произведение максимальной массы груза q , подвешенного к крюку, на расстояние от крюка до вертикальной оси крана. За определенным (для каждого крана рассчитывается индивидуально) пределом увеличения грузового момента может привести к опрокидыванию крана. Поэтому у большинства типов кранов (кроме мостовых) главным параметром считается грузовой момент. Грузовой момент измеряется в кН·м.

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

В строительстве наибольшее распространение получили стреловые самоходные краны - 71% от их общей численности, в том числе автокраны - 44%, гусеничные - 11% и пневмоколесные - 10%. Доля башенных кранов составляет 16% и остальные виды кранов - 13%. Каждая группа строительных кранов имеет свою систему индексации, отражающую вид машины, ее основной параметр и исполнение. В настоящее время не существует единой индексации строительных машин.

В основу действующей в машиностроении системы индексации стреловых самоходных кранов (рисунок 4.18) приняты следующие параметры: первые две буквы КС означают – кран стреловой; первая цифра - размерная группа (1 - максимальная грузоподъемность 4 т; 2 - 6,3 т; 3 - 10 т; 4 - 16 т; 5 - 25 т; 6 - 40 т; 7 - 63 т; 8 - 100 т, 9 - 160 т; 10 - 250 т); вторая цифра - тип ходового устройства (1 - гусеничное нормальное; 2 - гусеничное уширенное; 3 - пневмоколесное; 4 - специальное шасси автомобильного типа; 5 - шасси грузового автомобиля; 6 - шасси трактора; 7 - прицеп); третья цифра - исполнение рабочего оборудования (6 - с гибкой подвеской; 7 - с жесткой подвеской; 8 - телескопическое); четвертая цифра - порядковый номер модели; пятая цифра или буква - очередная модернизация (А, Б, В и т.д.); шестой знак (буквенный) - климатическое исполнение (ХЛ - северное; Т - тропическое; ТВ - для влажных тропиков).

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

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

В эту группу входят автомобильные краны, краны на специальном шасси автомобильного типа длинно- и короткобазовые, гусеничные, пневмоколесные и железнодорожные. Название каждого из указанных типов кранов определяет

базовую машину.

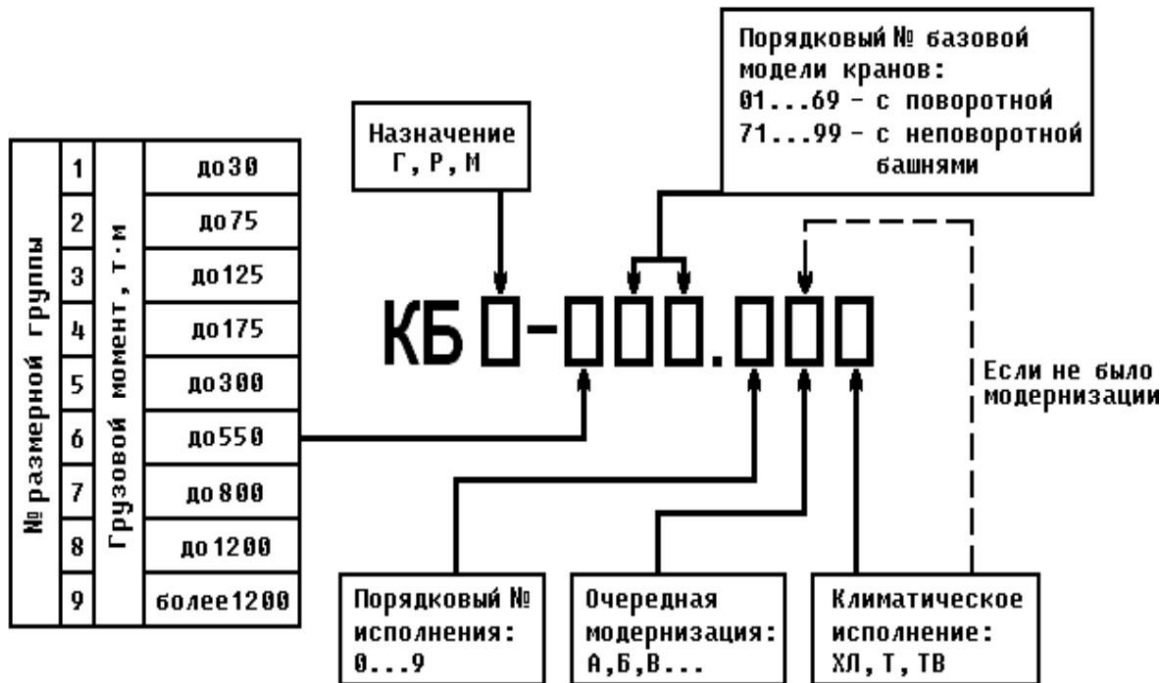


Рисунок 4.18 - Система индексации стреловых самоходных кранов

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

Общим недостатком всех стреловых кранов является быстрое снижение грузоподъемности при увеличении вылета крюка и неполное использование пространства под стрелой, поскольку стрелы этих кранов в рабочем состоянии всегда наклонены под углом от 85...86 градусов к горизонту при минимальном вылете стрелы и соответственно максимальной высоте подъема груза, до 23 - 25 градусов при максимальном вылете стрелы. Это снижает возможности применения стреловых кранов на монтаже крупногабаритных конструкций. Это же обстоятельство требует увеличения рабочей площадки при использовании таких кранов при монтаже зданий.

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

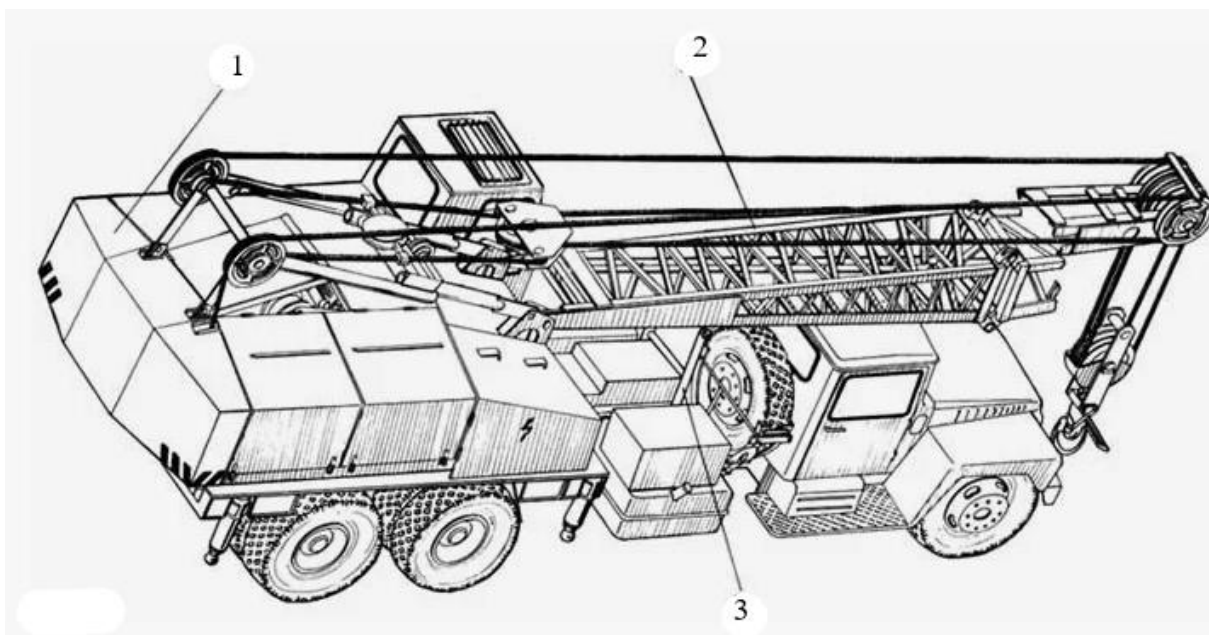
Автомобильные краны (автокраны) смонтированы на шасси грузовых автомобилей и предназначены для выполнения относительно небольших объемов погрузочно-разгрузочных, монтажных работ, вертикального транспорта грузов и быстрого перемещения с одного объекта строительства на другой, используя транспортную скорость базового автомобиля (рисунки 4.19 и 4.20). Эти краны полноповоротные. Однако их рабочая зона в плане составляет не более 270 град., так как над кабиной водителя подъем и опускание грузов недопустимы. Для ограничения нагрузок на шасси и обеспечения устойчивости при работе крановой установки в конструкцию шасси введена дополнительная рама с выдвигаемыми опорами (аутригерами). Максимальная грузоподъемность автокранов, выпускаемых промышленностью на шасси грузовых автомобилей ГАЗ, ЗИЛ, МАЗ, КрАЗ составляет 4; 6,3; 10 и 16 т, соответственно.

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

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

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

Автокран с жесткой подвеской телескопической стрелы на выносных опорах (аутригерах) представлен на рисунке 4.20.



1 – поворотная платформа, 2 – стрела, 3 – рама автомобиля

Рисунок 4.19 - Автокран с гибкой подвеской стрелы решетчатого типа



Рисунок 4.20 – Автокран с жесткой подвеской телескопической стрелы на выносных опорах

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

Для башенных кранов принята следующая индексация (рисунок 4.21): первые две буквы КБ – означают кран башенный; первая цифра - размерная группа (3 - грузовой момент до 1000 кН м; 4 - более 1000 до 2000 кН м; 5 - более 2000 и до 3000 кН м и 6 - более 3000 до 5000 кН м); вторая и третья цифры - от 01 до 70 - краны с поворотной башней и от 71 до 90 - с неповоротной башней; четвертая цифра - порядковый номер модели.

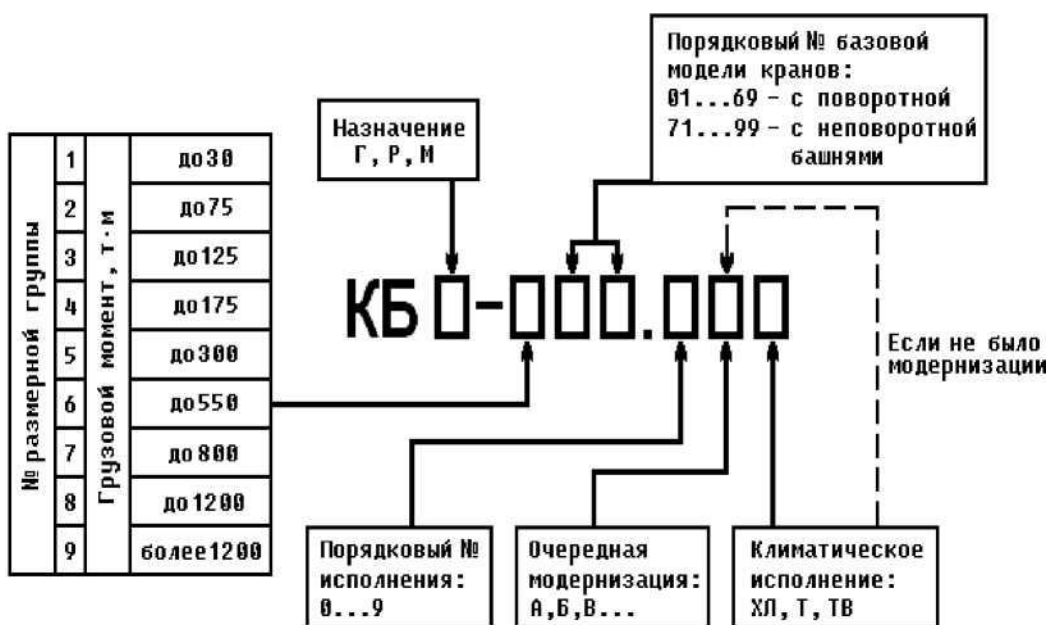


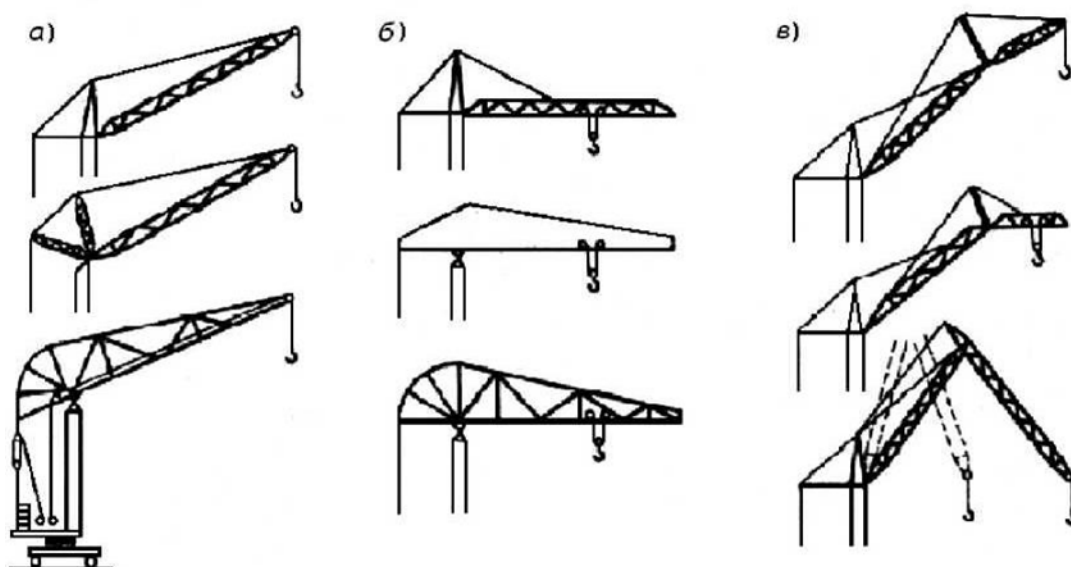
Рисунок 4.21 - Система индексации башенных кранов

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

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

Рабочими движениями башенных кранов являются подъем и опускание груза, изменение вылета стрелы (крюка) с грузом, поворот стрелы в плане на 360 градусов, передвижение самоходного крана. Отдельные движения могут быть совмещены, например, подъем груза с поворотом стрелы в плане.

Все башенные краны снабжены многодвигательным электроприводом с питанием от сети переменного тока напряжением 220/380 В. В общем случае каждый башенный кран - это поворотный кран с подъемной (рисунок 4.22, *а*), балочной (рисунок 4.22, *б*) или комбинированной (рисунок 4.22, *в*) стрелой, шарнирно закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни.



а - подъемные; *б* - балочные горизонтальные; *в* - комбинированные

Рисунок 4.22 – Стрелы башенных кранов

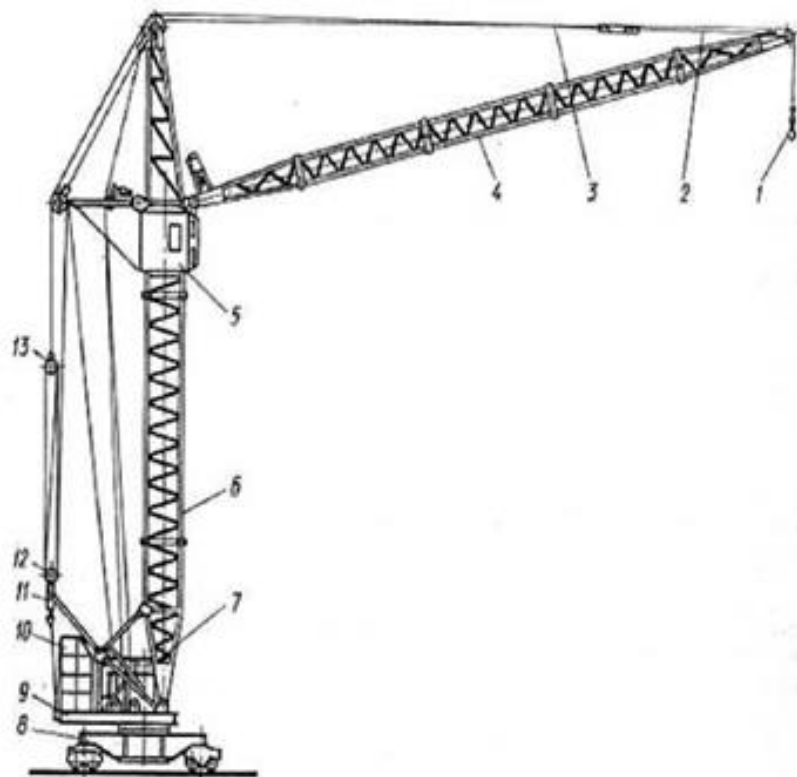
Классификация. Башенные краны классифицируют по назначению, конструкции башен, типу стрел, способу установки и типу ходового устройства.

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

По конструкции башен различают краны с поворотной и неповоротной башнями.

Башни кранов могут быть постоянной длины и раздвижными (телескопическими).

У кранов с поворотной башней (рисунок 4.23) опорно-поворотное устройство, на которое опирается поворотная часть крана 9, расположено внизу на ходовой раме крана 8 или на портале 7.



1 - крюк; 2 - стреловой канат; 3 - грузовой канат; 4 - стрела; 5 - кабина; 6 - башня; 7 - портал; 8 - рама ходовая; 9 - платформа поворотная; 10 - противовес; 11 - стойка монтажная; 12 - обойма нижняя; 13 - обойма верхняя

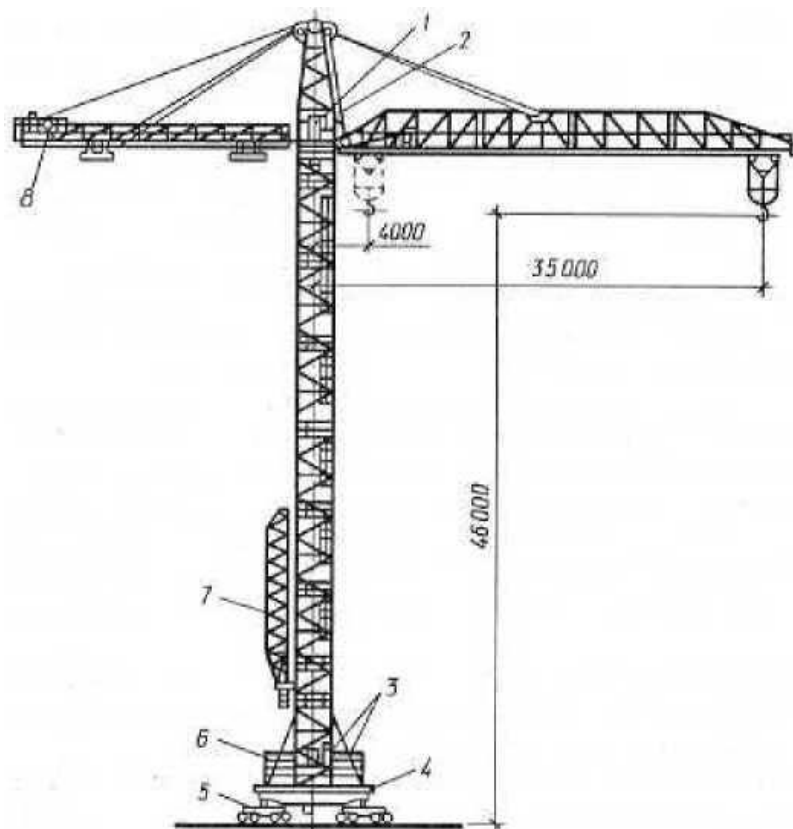
Рисунок 4.23 - Башенный кран КБ-100 с поворотной башней

На ходовой раме 4 кранов с неповоротной башней (рисунок 4.24) уложены плиты балласта 6, а с боковой стороны башни расположены монтажная стойка 7 с лебедкой 8 и полиспастом, предназначенные для поднятия и опускания верхней части крана при его монтаже и демонтаже. Ходовая рама 4 опирается на четыре ходовые тележки 5, которые обеспечивают передвижение крана по подкрановым рельсовым путям.

На рисунке 4.25 показан самоподъемный башенный кран четвертой размерной группы с балочной стрелой и грузовой моментом 160 т·м. Кран оборудован гидравлическим механизмом выдвижения и применяется при строительстве монолитных зданий.

Самоподъемные башенные краны опираются на элементы возводимых зданий, что позволяет значительно повысить эффективность строительного-

монтажных работ, снизить стоимость строительства. При возведении монолитных зданий самоподъемные краны опираются на специально предусмотренные окна в стенах лифтовой шахты и по мере роста здания самоподнимаются по ней. В сборных зданиях с металлическим или железобетонным каркасами для опирания самоподъемного крана используют ячейки каркаса.



1 - кабина управления; 2 - поворотный оголовок; 3 - основание башни; 4 - рама ходовая; 5 - тележка ходовая; 6 - балласт; 7 - монтажная мачта; 8 - лебёдка грузовая

Рисунок 4.24 - Башенный кран КБ-647 с поворотным оголовком

Применение самоподъемных кранов позволяет возводить здания в стесненных условиях и на косогорах, обеспечивать одним краном строительство зданий со сложной конфигурацией в плане, повысить безопасность эксплуатации кранов, снизить эксплуатационные расходы, улучшить условия труда строителей-монтажников. Самоподъемные краны изготавливают с широким использованием унифицированных узлов, серийно выпускаемых башенных кранов.

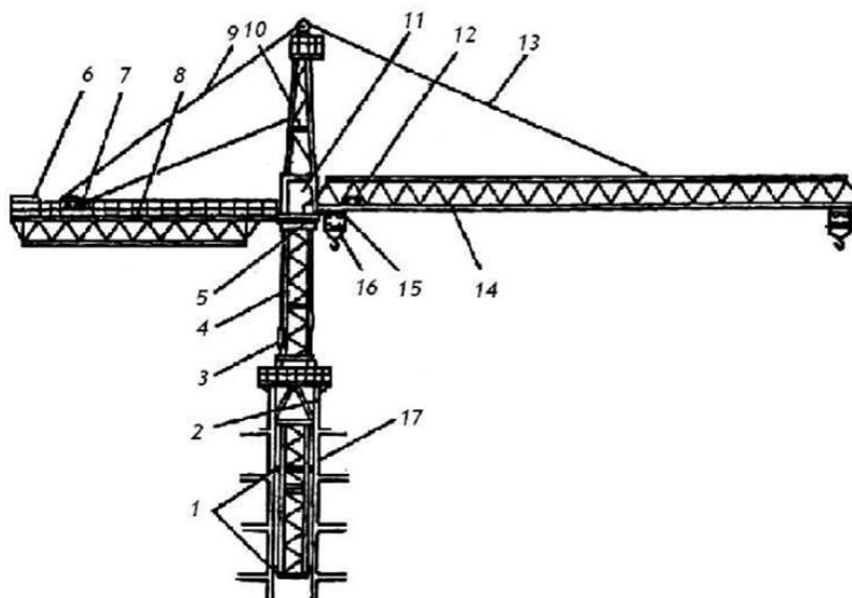


Рисунок 4.25 - Самоподъемный башенный кран

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

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

Поршень фиксируется в направляющей трубе башни специальным стержнем.

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

Гидрооборудование крана обеспечивает вертикальное перемещение башни (подъем и опускание) внутри лифтовой шахты. Гидросистема включает насосную станцию. Монтаж самоподъемного крана осуществляется стреловым самоходным краном грузоподъемностью не менее 25 т. Затем самоподъемный кран монтирует вокруг себя полутюбинги лифтовой шахты или сооружает монолитную лифтовую шахту, после чего возводит первый этаж. Далее самоподъемный кран возводит второй, третий и четвертый этажи с расклиниванием зазоров между лифтовой шахтой и перекрытиями.

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

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

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

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

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

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

Перевозка башенных кранов в зависимости от их конструкций и параметров осуществляется автотягачами на подкатных пневмоосях в

сложенном виде (мобильные краны), без промежуточных секций башни (перевозятся отдельно), с разборкой на отдельные узлы (под регламентированные габариты автотранспорта).

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

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

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

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

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

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

Плавающие краны - полноповоротные, грузоподъемностью от 20 до 1200 тонн, смонтированы на специальных самоходных понтонах, используются для строительства мостов.

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

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

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

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

Продолжительность цикла в каждом из технологических процессов различна и зависит от объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, определяющих виды грузов, от удобства их зацепления грузозахватными устройствами, высоты подъема или расстояния горизонтального перемещения грузов, необходимости поддержки груза (сборного элемента) в ходе выполнения технологических операций по его

выверке и закреплению в проектном положении и меньше всего от скоростных характеристик крана (скорость подъема и опускания крюка, поворота, перемещения крана или грузовой тележки и пр.).

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

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

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

Эксплуатационная производительность стреловых самоходных кранов измеряется в т/ч и определяется по формуле:

$$P_0 = Q \cdot n \cdot K_r \cdot K_B,$$

где Q - номинальная грузоподъемность крана на данном вылете стрелы, т; K_r - коэффициент использования крана по грузоподъемности ($K_r = 0,5 \dots 0,9$);

K_B - коэффициент использования крана по времени ($K_B =$

0,70...0,85);

$n = 3600/T_{\text{ц}}$ - число циклов совершаемых краном за один час работы
(где $T_{\text{ц}}$ - продолжительность цикла, с).

Общее время цикла $T_{\text{ц}}$ складывается из машинного времени $t_{\text{м}}$ и времени, расходуемого на выполнение ручных операций $t_{\text{р}}$.

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

Козловые краны

Козловые краны по существу являются разновидностью мостовых кранов, отличающихся тем, что их мост опирается не на концевые балки, передвигающиеся по крановым путям, а на специальные опоры. Это дает возможность с успехом применять данный тип грузоподъемного устройства на больших открытых площадках, проложив крановые пути по земле на строительной площадке (рисунок 4.26).



Рисунок 4.26 – Козловой кран

Главной частью козлового крана является мост, по которому движется грузовая тележка. Мост установлен на опоры с колесами, благодаря чему кран может передвигаться по подкрановым путям. Мост козлового крана может быть полностью размещен между опорами, или иметь выступающие за их пределы

фрагменты – консоли; и состоять из одной или двух балок. На грузовой тележке могут быть установлены подъемные механизмы различного типа и мощности с различными грузозахватами – крюковым, контейнерным, грейферным, магнитным и т.д.

4.2 Машины землеройные и оборудование

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

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

В настоящее время большинство (около 95%) земляных работ в строительстве осуществляется механическим способом.

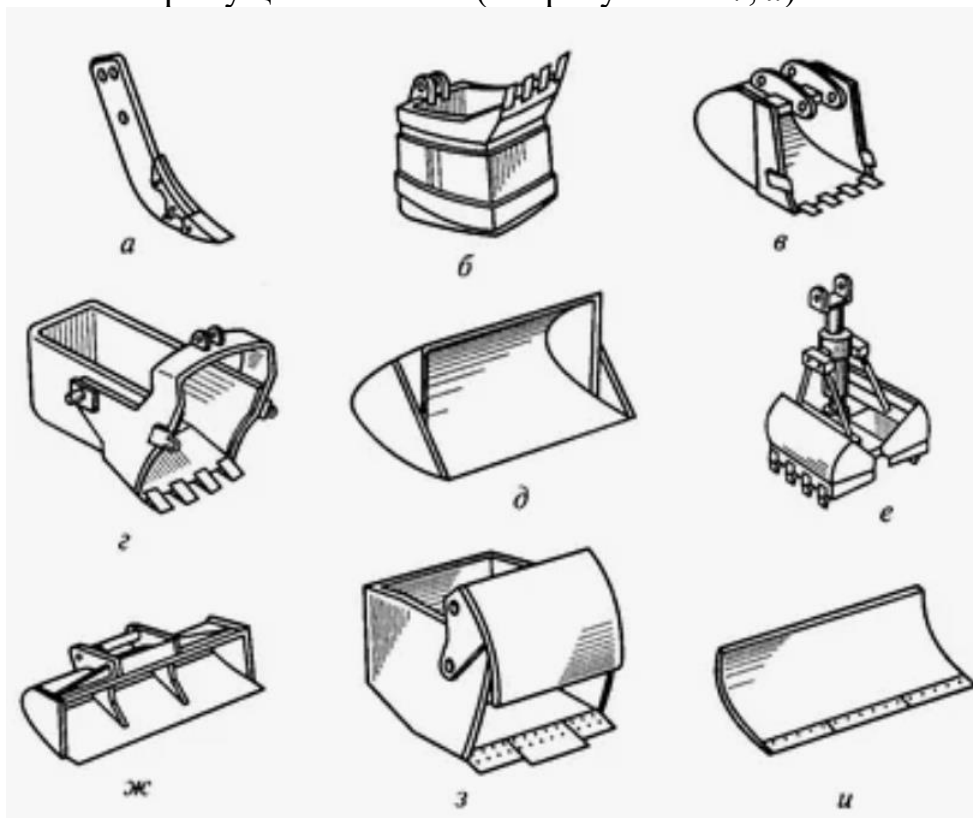
При выполнении земляных работ используется широкая номенклатура различных по назначению, конструкции и принципу действия машин, которые разделяются на машины: землеройно-транспортные (бульдозеры, погрузчики, скреперы, грейдеры), экскаваторы, бурильные, для горизонтального направленного бурения по бестраншейной технологии, для гидромеханической разработки грунта; для уплотнения грунтов.

Взаимодействие рабочих органов машин с грунтом

На процесс взаимодействия рабочего органа землеройной машины с грунтом существенное влияние оказывают физико-механические свойства

грунта, конструкция, геометрические параметры и режимы работы рабочего органа.

Рабочие органы землеройных машин (рисунок 4.27), отделяющие грунт от массива механическим способом, могут быть выполнены в виде: зуба на стойке для рыхления разрабатываемой среды (см. рисунок 4.27, *а*), ковша определенной вместимости со сплошной режущей кромкой (см. рисунок 4.27, *д, ж*), или оснащенным зубьями (см. рисунок 4.27, *б, в, з*), отвала, снабженного в нижней части режущими ножами (см. рисунок 4.27, *и*).



а - зуб рыхлителя; *б, в* - экскаваторные ковши прямой и обратной лопат соответственно, *г* - ковш драглайна, *д* - погрузчика, *е* – грейферный ковш, *ж* – планировочный ковш; *з* - ковш скрепера; *и* - отвал бульдозера

Рисунок 4.27 - Рабочие органы землеройных машин

Рабочие органы в виде ковшей называют ковшовыми, в виде отвала с ножами - отвальными или ножевými.

Рабочий процесс землеройных машин с ковшовыми и ножевými рабочими органами состоит из последовательно выполняемых операций отделения грунта от массива, его перемещения (транспортирования) и отсыпки. Рабочие органы отделяют грунт от массива резанием и копанием.

Резание – это процесс отделения грунта от массива режущей частью рабочего органа.

Копание - это сложный процесс (состоящий из нескольких процессов), включающий резание грунта и перемещение срезанного грунта по рабочему

органу и впереди него в виде призмы волочения, а у некоторых машин и перемещение грунта внутри рабочего органа.

Сопротивление грунта копанию в 1,5...2,8 раза больше, чем сопротивление грунта резанию.

Землеройно-транспортные машины

Землеройно-транспортными называют машины с ножевым рабочим органом, выполняющие одновременно послойное отделение от массива и перемещение грунта к месту укладки при своем поступательном движении.

К группе землеройно-транспортных машин относятся: бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдеры.

Бульдозеры и автогрейдеры особенно широко используются в промышленном и гражданском строительстве.

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

Бульдозер - землеройно-транспортная машина на базе гусеничного трактора или колесного тягача со сменным навесным оборудованием для послойной разработки и перемещения грунта

Бульдозер (рисунок 4.28) состоит из базового трактора 1 (гусеничного или на пневмоколесном ходу), рабочего оборудования, включающего два парных толкающих бруса 3, рабочий орган (бульдозерный отвал) 4, гидроцилиндры 5 для подъема и опускания отвала в процессе работы, гидрораскосы 6 и дополнительное рабочее оборудование – рыхлитель 2.

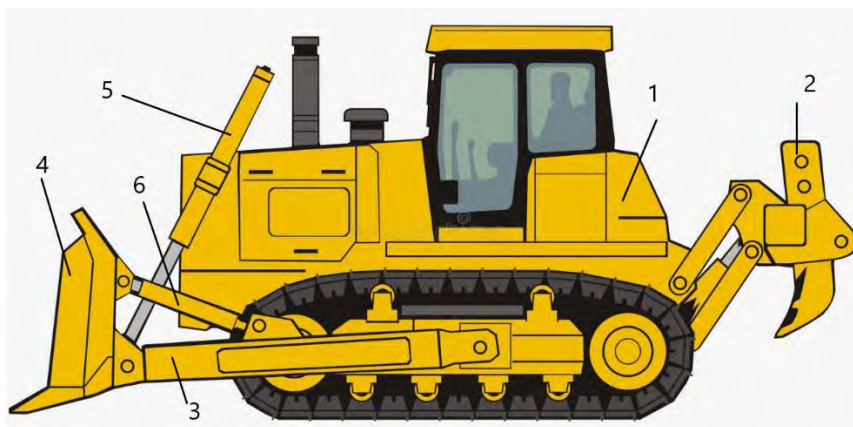
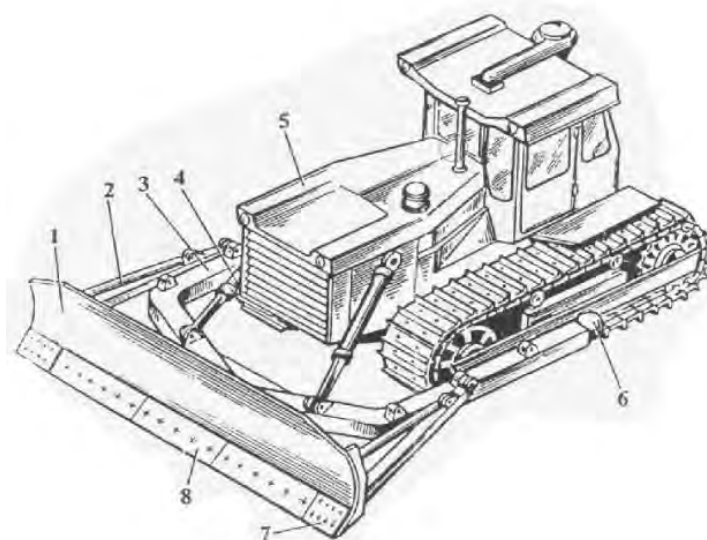


Рисунок 4.28 – Бульдозер с неповоротным отвалом

Рабочий орган бульдозера – отвал представляет собой лобовой щит с боковыми открылками для ограничения грунта от рассыпания в процессе транспортирования призмы волочения.

Применяются бульдозеры с неповоротным и поворотным отвалом. Неповоротный отвал (см. рисунок 4.28) установлен постоянно перпендикулярно продольной оси трактора, и бульдозер может перемещать грунт только впереди отвала. У бульдозеров второго типа отвал можно повернуть в любую сторону и установить под углом 60 градусов по отношению к продольной оси машины и наклонить на 6...10 градусов в вертикальной плоскости (рисунок 4.29). Такой бульдозер может перемещать грунт в сторону и выполнять предварительные планировочные работы, т. е. имеет большие технологические возможности.



1 – отвал, 2 – раскос, 3 – П-образная рама, 4 – гидроцилиндр, 5 – базовый трактор, 6 – шарнир для крепления П-образной рамы, 7 – боковой нож, 8 – центральный нож

Рисунок 4.29 – Бульдозер с поворотным отвалом

В транспортном положении отвал поднят, в рабочем - опущен на основание грунта и при движении бульдозера врезается в грунт.

По типу привода бульдозеры бывают: с механическим, гидравлическим и дизель-электрическим приводом. В бульдозерах применяются преимущественно гидравлические насосные и электрические системы управления.

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

Область применения бульдозеров: разработка и перемещение грунта на расстояние до 100 м при устройстве автодорожных и железнодорожных насыпей из резервов, сооружение плотин, устройство котлованов и каналов, планировка площадок и отделка земляных сооружений. Кроме этих основных работ бульдозер может выполнять многочисленные подготовительные, вспомогательные и хозяйственные работы. Это расчистка строительных площадок, очистка дорог и аэродромов от снега, уборка мусора и др. Бульдозеры работают и в комплекте с другими землеройными машинами, выполняя, например, послойное разравнивание грунта для уплотнения при отсыпке насыпей автосамосвалами. Их используют также в качестве толкачей скреперов при наборе грунта. Для этой цели бульдозерный отвал оборудуют дополнительным навесным устройством - толкающей рамой. Мощные бульдозеры имеют в качестве навесного оборудования рыхлители, что существенно расширяет область их применения, позволяя использовать в плотных и мерзлых грунтах. Столь обширная область применения бульдозеров позволила сделать эти машины наиболее распространенными (наряду с экскаваторами) в строительстве. Ими выполняются около 40% общего объема земляных работ.

Главным параметром бульдозера является тяговый класс или тяговое усилие базового трактора (тягача). Наибольшее распространение в строительстве получили три группы бульдозеров: 1) легкие, с тяговым усилием до 60 кН; 2) средние, с тяговым усилием 100...150 кН; 3) тяжелые, с тяговым усилием 250 кН и выше. Машины первой группы применяют в основном как комплектующие на вспомогательных и хозяйственных работах, а в малогабаритном исполнении - в стесненных условиях. Машины второй группы используют на основных работах при разработке грунтов первой - третьей групп (с рыхлителями и более плотных), а тяжелые бульдозеры выполняют основные работы на крупных объектах и в районах с экстремальными природными условиями. Например, в группе тяжелых бульдозеров на тракторах тягового класса 25 распространен бульдозер ДЗ-118

с электромеханической трансмиссией и гидравлическим приводом, который обеспечивает подъем и опускание отвала на необходимую высоту или глубину и изменение угла резания. Бульдозер оборудован на базе промышленного трактора ДЭТ-250М мощностью 243 кВт. Такая мощность позволяет разрабатывать грунты любой категории, включая мерзлые и взорванные скальные породы.

Эксплуатационная среднечасовая производительность бульдозера при резании и перемещении грунта, м³/ч:

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

где $V_{\text{гр}}$ - геометрический объем грунта в призме, перемещаемой бульдозерным отвалом, м³;

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

здесь B, H - соответственно длина и высота отвала, м;

φ - угол естественного откоса грунта в движении ($\varphi = 35 \dots 45$ град.);

$K_{\text{н}}$ - коэффициент наполнения геометрического объема призмы волочения грунтом ($K_{\text{н}} = 0,85 \dots 1,05$);

$K_{\text{р}}$ - коэффициент разрыхления грунта ($K_{\text{р}} = 1,1 \dots 1,3$);

$K_{\text{п}}$ - коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировке ($K_{\text{п}} = 1 - 0,005 L_{\text{п}}$);

$K_{\text{у}}$ - коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность (при работе на подъемах от 5 до 15° $K_{\text{у}}$ уменьшается от 0,67 до 0,4, при работе на уклонах от 5 до 15° $K_{\text{у}}$ увеличивается с 1,35 до 2,25);

$K_{\text{в}}$ - коэффициент использования бульдозера по времени ($K_{\text{в}} = 0,8 \dots 0,9$);

$T_{\text{ц}}$ - продолжительность цикла, с;

$$T_{\text{ц}} = L_{\text{р}} / V_{\text{р}} + L_{\text{п}} / V_{\text{п}} + L_{\text{о}} / V_{\text{о}} + t_{\text{п}},$$

где $L_{\text{р}}, L_{\text{п}}, L_{\text{о}} = L_{\text{р}} + L_{\text{п}}$ - длина соответственно участков резания, перемещения грунта и обратного хода бульдозера, м;

$V_{\text{р}}, V_{\text{п}}, V_{\text{о}}$ - скорости трактора при резании, перемещении грунта и обратном ходе, м/с;

$t_{\text{п}}$ - время на переключение передач в течение цикла ($t_{\text{п}} = 15 \dots 20$ с).

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

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

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

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

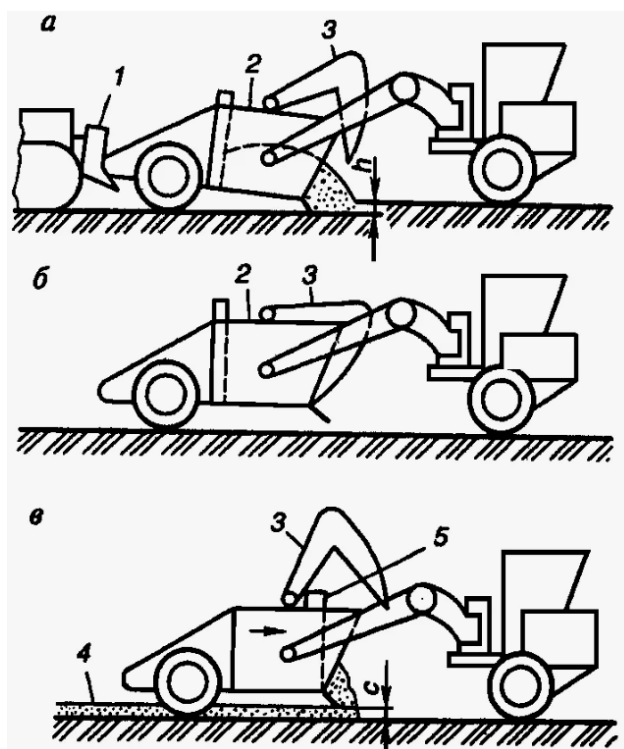
Второй путь повышения производительности бульдозера состоит в сокращении времени цикла $T_{ц}$. Он основан на тщательном анализе и сокращении продолжительности рабочих операций бульдозера.

Значительно возрастают скорости перемещения бульдозеров на колесном ходу, их производительность при работе в легких грунтах выше на 25...30%. Однако тяговое усилие колесных тягачей по сцеплению с грунтом недостаточно для разработки, колеса пробуксовывают, изнашиваются, что приводит уже к необходимости оценивать не эффективность, а техническую возможность применения колесных бульдозеров в плотных и тем более скальных грунтах. По этой причине они получили небольшое распространение в строительстве, в основном как бульдозеры-погрузчики.

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

Скреперы

Скрепер - землеройно-транспортная машина циклического действия, выполняющая послойную разработку грунта и набор ковша, транспортирование грунта в ковше к месту укладки, выгрузку с разравниванием и частичным уплотнением грунтов 1...4 категорий при инженерной подготовке территории под застройку, планировке кварталов, возведении насыпей, разработке широких траншей и выемок под различные сооружения и искусственные водоемы и др. В этой машине объединены землеройное и транспортное оборудование, что позволяет одному машинисту управлять процессами разработки и перемещения грунта. В результате снижаются трудоемкость и себестоимость возведения земляных сооружений. Основные агрегаты и узлы скрепера имеют по своему назначению такой же конструктивный замысел, как и у других машин для земляных работ (рисунок 4.30). Рабочим оборудованием скрепера является ковш 2, в передней части которого ножи и заслонка 3, открывающая проем для наполнения ковша грунтом и закрывающая переднюю часть ковша в транспортном положении для предотвращения высыпания грунта из ковша во время транспортирования к месту разгрузки.



- а – послойное срезание грунта с наполнением ковша,
б – транспортирование грунта к месту разгрузки,
в – послойная выгрузка грунта из ковша с частичной утрамбовкой задними колесами;
1 – отвал толкающего вспомогательного бульдозера, 2 – ковш скрепера, 3 –

передняя заслонка, 4 – частично утрамбованный слой грунта в результате выгрузки из ковша скрепера, 5 – подвижная задняя стенка, перемещающаяся для принудительной выгрузки грунта из ковша скрепера

Рисунок 4.30 – Схема операций рабочего цикла скрепера

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

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

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

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

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

Скреперы широко используются в автодорожном и железнодорожном строительстве для возведения насыпей и разработки выемок, при строительстве гидротехнических сооружений, на вскрышных и многих других работах. Скреперы выполняют около 10% земляных работ. Их классифицируют: по способу соединения с тягачом - прицепные и самоходные (в том числе полуприцепные и седельные); по загрузке ковша - загружаемые тяговым усилием трактора-тягача (и толкача) и с механизированной элеваторной загрузкой; по способу разгрузки ковша со свободной (самосвальной), полупринудительной и принудительной разгрузкой; по системе управления рабочим органом - с канатным и гидравлическим управлением.

Преимущественно распространены скреперы, загружаемые тяговым

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

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

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

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

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

Чтобы ускорить процесс загрузки ковша и повысить коэффициент его наполнения, применяют скреперы с элеваторной загрузкой. Элеваторы скребкового типа имеют реверс, что позволяет не только загружать, но и разгружать ковш. Такие скреперы с дополнительным механизмом загрузки естественно дороже на 15...20%, их масса больше на 10...20%. Однако потребность в тракторах-толкачах для набора грунта отпадает, повышается производительность. В связи с этим скреперы с элеваторной загрузкой эффективны при значительных объемах работ. Основные тенденции развития конструкции и расширения области применения скреперов состоят в следующем: повышение единичной мощности, увеличение выпуска машин с ковшом 15 и 25 м³. Такие скреперы позволяют снизить себестоимость работ на 20...25%, однако для их работы необходимо более прочное основание землевозных дорог; повышение транспортных скоростей за счет производства дизель-электрических самоходных скреперов с установкой дополнительных электродвигателей в ходовом оборудовании (мотор - колеса); переход на гидравлическое управление рабочими операциями и принудительную

загрузку ковша; совершенствование конструкции ковша, применение шин низкого давления, повышение мощности двигателей.

Эксплуатационная среднечасовая производительность скрепера, м³/ч:

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

где n - число циклов в час ($n = 3600 / T_{\text{ц}}$, где $T_{\text{ц}}$ - продолжительность одного рабочего цикла скрепера, с);

Q - вместимость ковша скрепера, м³;

$K_{\text{н}}$, $K_{\text{р}}$ - соответственно коэффициенты наполнения ковша ($K_{\text{н}} = 0,6 \dots 1,2$) и разрыхления грунта ($K_{\text{р}} = 1,1 \dots 1,3$);

$K_{\text{в}}$ - коэффициент использования скрепера в течение рабочей смены ($K_{\text{в}} = 0,8 \dots 0,9$).

Составляющими цикла являются продолжительности набора ковша подъема полного ковша $t_{\text{н}}$, подъема полного ковша в транспортное положение $t_{\text{пк}}$, разгрузки в насыпь $t_{\text{р}}$, порожнего (обратного) хода в выемку $t_{\text{ПХ}}$, поворотов $t_{\text{п}}$, груженого хода $t_{\text{гр}}$. С увеличением дальности перемещения грунта производительность скреперов падает.

В строительстве используют самоходные скреперы с ковшами вместимостью 4, 5, 8, 3, 15, 16 и 25 м³.

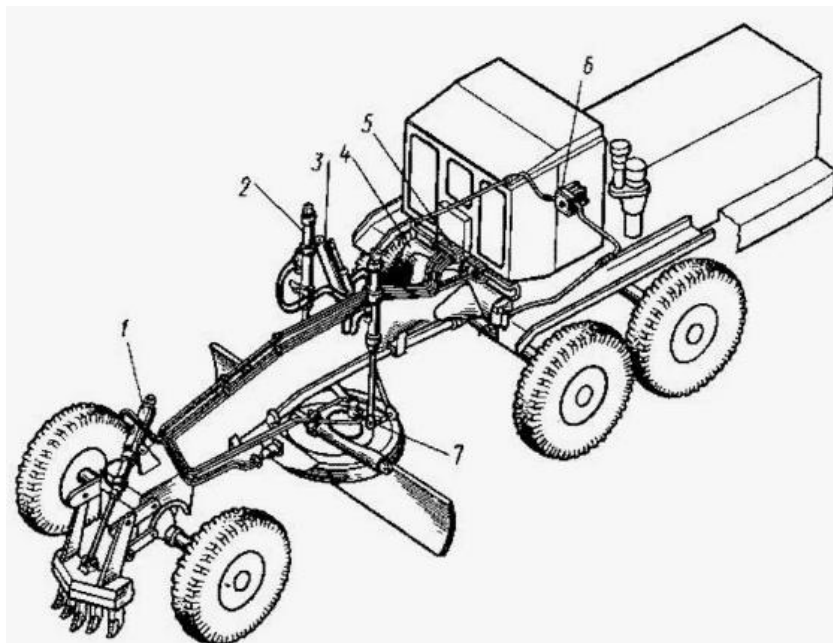
Коэффициент наполнения ковша зависит от грунтов и составляет 0,7 для сухих песков и 1,2 для влажных суглинков. В мокрых грунтах скрепер применять нецелесообразно из-за налипания грунта в ковше.

Пути повышения производительности скреперов определяются рациональными технологическими схемами и правильным составом скреперного комплекта. Уменьшение времени набора ковша, и увеличение $K_{\text{н}}$ обеспечивает применение тракторов-толкачей, сдвоенных скреперов и предварительное рыхление грунта.

Самоходные грейдеры (автогрейдеры)

Автогрейдеры представляют собой самоходные планировочно-профилировочные машины, основным рабочим органом которых служит полноповоротный грейдерный отвал с ножами, установленный под углом к продольной оси автогрейдера и размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования (рисунок 4.31).

При движении автогрейдера ножи срезают грунт, и отвал сдвигает его в сторону. Кроме основного оборудования - отвала на автогрейдер устанавливаются сменные рабочие органы: небольшой бульдозерный отвал, кирковщик для предварительного рыхления плотных и тяжелых грунтов, снегоочиститель, дорожную фрезу и др. Автогрейдер имеет гидравлическую систему управления основным отвалом, которая обеспечивает его поворот в плане на 360 градусов и наклон вместе с тяговой рамой в пределах до 90 градусов.



1, 2, 3 – гидроцилиндры управления кирковщиком-рыхлителем, подъемом-опусканием отвала и выносом тяговой рамы в сторону соответственно;
 4 - базовый тягач; 5 – распределители управления рабочим оборудованием; 6 - насос; 7 – поворотный круг для вращения грейдерного отвала

Рисунок 4.31 – Конструктивная схема автогрейдера

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

Конструкция большинства автогрейдеров унифицирована, она включает основную раму, тяговую раму, поворотный круг с отвалом, двигатель, трансмиссию, ходовое оборудование и систему управления. Тяговое усилие, маневренность и устойчивость автогрейдера характеризуются схемой ходовой части. В зависимости от производственно-технологических требований и условий работы применяют (и для этой цели выпускаются промышленностью) автогрейдеры с различным количеством колес и ведущих осей, а также

системой управления осями и наклоном колес. Колесная схема автогрейдера обозначается формулой А х Б х В, в которой, А- число осей с управляемыми колесами, Б - число ведущих осей, В - общее число осей. Наибольшее распространение получили автогрейдеры, колесная схема которых 1 х 2 х 3.

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

Эксплуатационная производительность автогрейдера (м³/ч) при резании и перемещении грунта

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

где В - ширина полосы профилирования или планирования отвалом, м;

Л - длина участка, м;

h - толщина срезаемой стружки;

K_в - коэффициент использования автогрейдера в течение рабочего дня, равен 0,8...0,95 в зависимости от квалификации обслуживающего персонала, технического состояния машины и организации работ;

t_р - время, затрачиваемое на один проход, с;

t_п - время, затрачиваемое на один поворот, с;

n - необходимое число проходов автогрейдера по одному участку.

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

Экскаваторы

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

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

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

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

Одноковшовые строительные экскаваторы

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

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

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

Действующая система индексации предусматривает следующую структуру индекса (рисунок 4.32), дающего более полную характеристику эксплуатационных возможностей машины.

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

Вместимость основных ковшей экскаваторов составляет: для 2-й размерной группы - 0,25...0,28 м³, 3-й - 0,4...0,65 м³, 4-й - 0,65... 1,0 м³, 5 - 1...1,6 м³, 6-й - 1,6...2,5 м³, 7 - й - 2,5...4,0 м³.

Тип ходового устройства указывается цифрами с 1 по 9. Цифра 1 означает гусеничное ходовое устройство (Г), 2 - гусеничное уширенное (ГУ), 3 - пневмоколесное (П), 4 - специальное шасси автомобильного типа (СШ), 5 - шасси грузового автомобиля (А), 6 - шасси серийного трактора (Тр), 7 - прицепное ходовое устройство (Пр.), 8, 9 - резерв. Конструктивное исполнение рабочего оборудования указывается цифрами 1 (с гибкой подвеской), 2 (с жесткой подвеской), 3 (телескопическое). Последняя цифра индекса означает порядковый номер модели экскаватора. Первая из дополнительных букв после цифрового индекса (А, Б, В и т.д.) означает порядковую модернизацию данной машины, последующие - вид климатического исполнения (С или ХЛ - северное, Т - тропическое, ТВ - для работы на влажных тропиках). Например, индекс ЭО-5123ХЛ расшифровывается так: экскаватор одноковшовый универсальный, 5-ой размерной группы, на гусеничном ходовом устройстве, с жесткой подвеской рабочего оборудования, третья модель в северном исполнении. Экскаватор оборудуется основным ковшом вместимостью 1 м³, соответствующим 5-й размерной группе, и сменными вместимостью 1,25 и 1,6 м³.

Самый легкий экскаватор с ковшом 0,25 м³ представляет собой навесное оборудование на базовом колесном тракторе мощностью 44 кВт. С увеличением вместимости ковша расширяются эксплуатационные возможности машин: увеличиваются радиус их действия, глубина разработки, усилие копания.

Экскаваторы выпускаются с набором сменного оборудования. Наибольшее распространение получили обратная и прямая лопата, погрузчик и грейфер. Для повышения универсальности применения в разных группах каждый экскаватор имеет несколько сменных ковшей обратной лопаты, погрузчика и грейфера разной вместимости. Это позволяет более полно использовать силовую установку машины.

Между требуемой мощностью силовой установки N (кВт) экскаватора на гусеничном ходу и его главным параметром - вместимостью ковша q имеет место зависимость $N = 89q$.

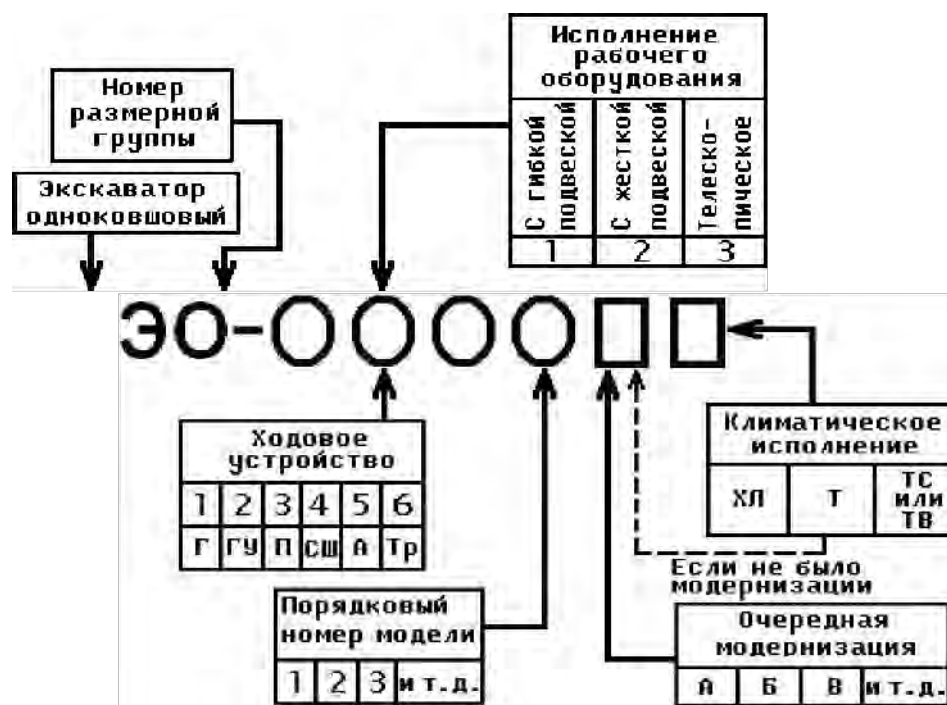


Рисунок 4.32 - Структура индексов одноковшовых универсальных экскаваторов

Мощность силовой установки пневмоколесных экскаваторов должна быть еще выше на 25...30% для обеспечения необходимых скоростей передвижения и повышения мобильности машины.

Рабочее оборудование гидравлического экскаватора с наиболее распространенным ковшом обратная лопата (рисунок 4.33) состоит из стрелы, которая включает верхнюю и нижнюю шарнирно соединенные части, рукояти и ковша.



Рисунок 4.33 – Одноковшовый строительный экскаватор, оборудованный обратной лопатой

Такой механизм позволяет совершать отдельные рабочие операции стрелой, рукоятью и ковшом, а также сочетать их в технологически требуемой последовательности. При этом реализуются значительные усилия копания, так как отбор грунта воспринимается не только массой рабочего оборудования, но и массой всей машины; улучшается управление ковшом. Рабочее оборудование шарнирно крепится к поворотной платформе.

На поворотной платформе расположены также дизельный двигатель, гидронасосы для привода рабочего и ходового оборудования, кабина. Принцип действия механизма поворота платформы состоит в передаче вращения от вала гидромотора к планетарному редуктору, который увеличивает крутящий момент и уменьшает частоту вращения платформы. Поворотная платформа опирается на поворотный круг с внутренним зубчатым венцом. Поворотный круг, в свою очередь монтируется на раме, опирающейся на ходовое оборудование.

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

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

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

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

назначению, и как опора и противовес.

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

В наборе оборудования механических экскаваторов следует выделить драглайн (рисунок 4.34). Это рабочее оборудование отличается большим радиусом действия и глубиной копания. Оно состоит из стрелы (удлиненной решетчатой конструкции), тягового, подъемного и стрелового канатов, ковша с подвеской. Такая канатная система позволяет реализовать основное преимущество драглайна даже перед гидравлическими экскаваторами - возможность работать в глубоких выемках и планировать откосы с большими рабочими отметками.

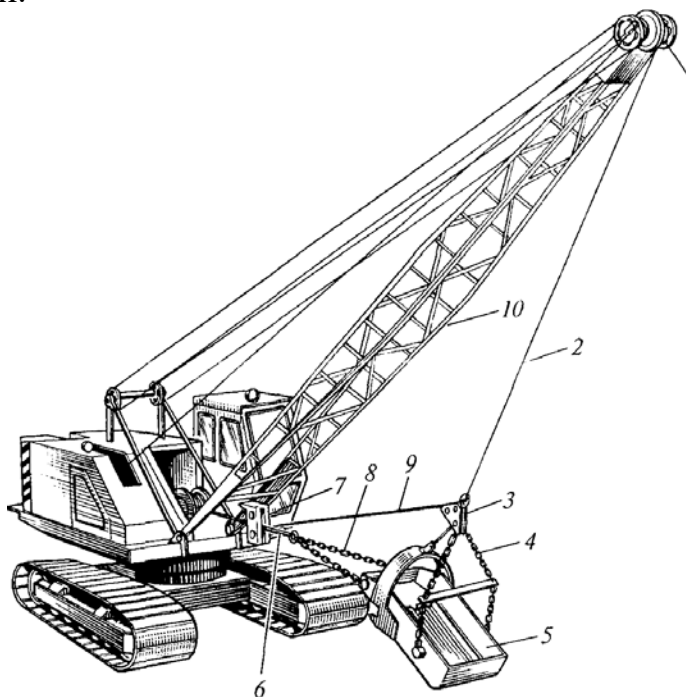


Рисунок 4.34 – Экскаватор с канатно-блочным приводом, оборудованный драглайном

Эксплуатационная производительность одноковшового экскаватора, м³/ч:

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

где q - вместимость ковша, м³;

$K_{\text{н}}$ - коэффициент наполнения ковша ($K_{\text{н}} = 1 \dots 1,3$);

$K_{\text{р}}$ - коэффициент разрыхления грунта ($K_{\text{р}} = 1,15 \dots 1,4$);

$K_{\text{в}}$ - коэффициент использования экскаватора по времени в течение рабочей смены; n - число циклов за час работы;

$n = 3600 / T_{\text{ц}}$ (где $T_{\text{ц}}$ - продолжительность цикла работы экскаватора,

с).

Как и у других машин цикличного действия, производительность пропорциональна главному параметру q и обратно пропорциональна продолжительности

Время рабочего цикла $T_{ц}$:

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

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

Коэффициент наполнения ковша зависит от вида оборудования и плотности и влажности грунта. Наибольшее наполнение ковша у прямой и обратной лопаты. В песках $KН = 1,02$, а в глинах - 1,18. Во влажных грунтах его значение равно соответственно 1,15...1,35. Вместе с тем в мокрых глинистых грунтах коэффициент наполнения снижается на 10... 15%. Для драглайна величина $Kр$ меньше на 10... 15%, чем для прямой и обратной лопаты. Продолжительность рабочего цикла у экскаваторов с жесткой подвеской рабочего оборудования меньше на 5...15% в связи с меньшим временем выполнения рабочих операций (особенно набора ковша) гидроприводом по сравнению с механическим приводом. Однако реализация данного преимущества возможна лишь при повышении качества изготовления элементов гидросистемы. Время цикла обратной лопаты больше, чем прямой, до 20...25%, а у драглайна еще больше примерно на 25...30%, чем у прямой лопаты, соответственно меньше производительность. Вместе с тем делать вывод о том, какое сменное оборудование эффективнее, необходимо с тщательным учетом особенности объекта. Каждое оборудование имеет свою область рационального применения. Например, прямая лопата в принципе непригодна для разработки мокрых выемок и котлованов.

Пути повышения производительности одноковшовых экскаваторов состоят в сокращении за счет рациональных технологических схем продолжительности цикла, правильном выборе и при необходимости своевременной замены рабочего оборудования.

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

Совершенствование технологических возможностей гидравлических экскаваторов направлено на увеличение углов поворота стрелы, рукоятки и ковша, внедрение приборов и систем контроля за его положением, а также к снижению времени на замену рабочих органов. Емкости сменных ковшей выбирают исходя из объемной массы разрабатываемого грунта и грузовой характеристики экскаватора.

Для повышения надежности и долговечности рабочего оборудования используют стали повышенной прочности для изготовления стрелы и рукояти,

износостойкие стали для ковша. Установка литых элементов, сваренных в металлоконструкции в местах наибольших нагрузок, применение закаленных хромированных деталей в кинематических парах в сочетании с их уплотнением позволяют значительно повысить срок службы рабочего оборудования и упростить его техническое обслуживание.

Траншейные экскаваторы

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

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

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

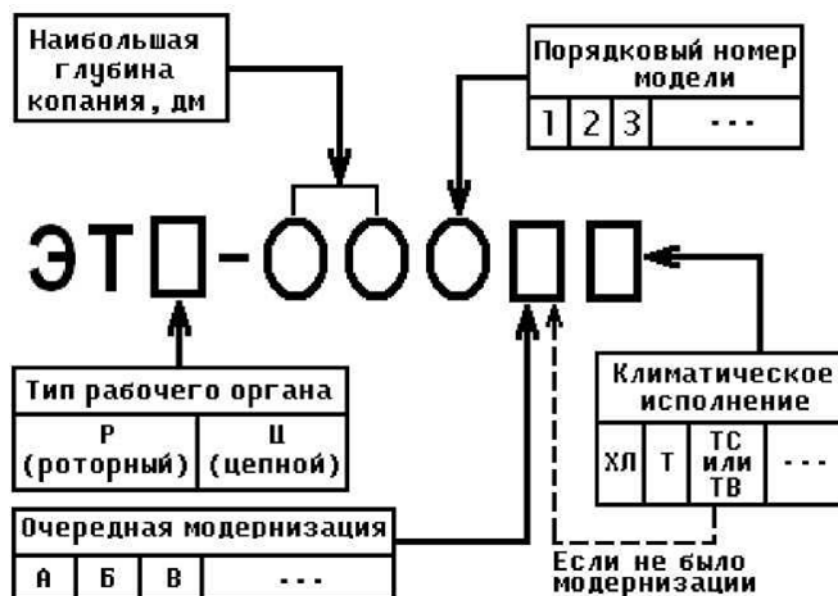


Рисунок 4.35 - Структура индексации траншейных экскаваторов

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

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

Рабочим органом роторных экскаваторов (рисунок 4.37) является жесткий ротор (колесо) 7 с ковшами или скребками 8, вращающимися на роликах рамы.

У траншейных роторных экскаваторов ковши укреплены на роторе.

Ширина отрываемых рабочими органами ЭТЦ и ЭТР траншей прямоугольного профиля зависит от ширины ковша или скребка и расположения на них режущих элементов. На один и тот же базовый тягач могут быть навешены сменные рабочие органы с различной шириной и количеством ковшей (скребков) для рытья траншей с различными параметрами профиля. Для получения траншей трапецеидального профиля рабочие органы ЭТЦ и ЭТР оборудуют активными и пассивными откосообразователями.

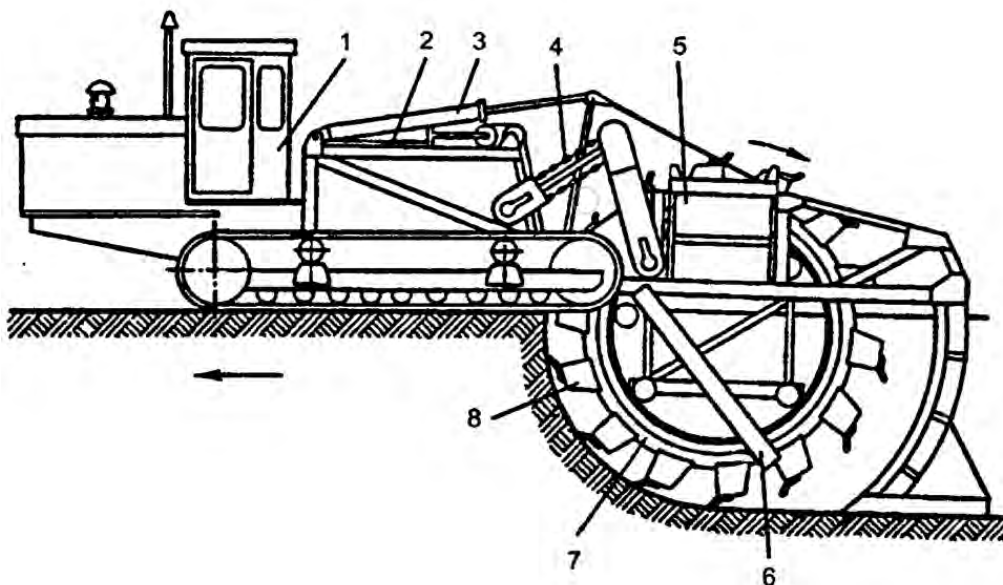


Рисунок 4.37 – Конструктивная схема роторного траншейного экскаватора

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

Рабочее оборудование траншейного цепного экскаватора - цепь 5 с ковшами или скребками 6 (рисунок 4.38) приводится в действие ведущей звездочкой 4. Экскаватор имеет механический или гидравлический привод, а базовой машиной служит трактор, тягач или железнодорожная дрезина.

При прохождении ковшей через верхнюю часть цепи или ротора грунт разгружается на конвейер 3 или другие отвальные устройства и поступает в отвал или на транспортные средства. Рабочий орган траншейного экскаватора - ковш имеет форму, соответствующую прямоугольному или трапецеидальному сечению траншеи, что позволяет ликвидировать финишные операции и снизить затраты труда на отделочных работах.

При малой ширине траншеи, а также для траншейной укладки кабеля вместо ковшей применяют скребки. Они выносят грунт из траншеи или щели на поверхность. В сторону от траншеи грунт сдвигается шнековым устройством 9.

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

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

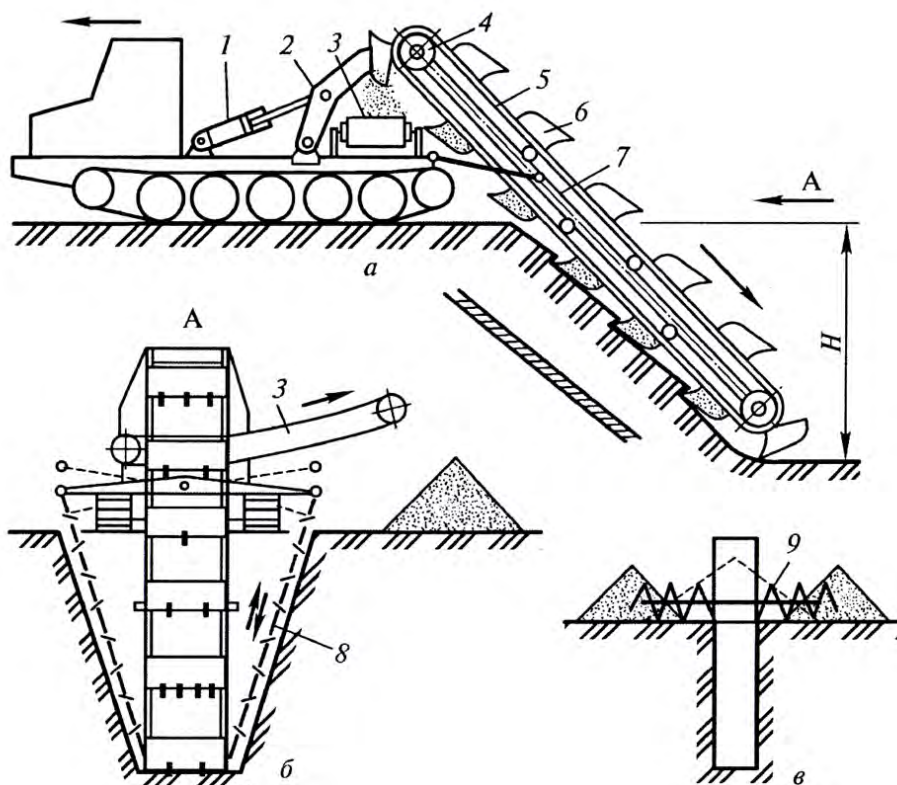


Рисунок 4.38 – Схема работы экскаватора цепного траншейного

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

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

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

Роторная конструкция рабочего оборудования, обеспечивающая высокую производительность, используется в экскаваторах радиального копания, предназначенных для производства вскрышных и добычных работ в

карьерах строительных материалов, в мелиоративном строительстве и других особо крупных объектах. Экскаватор имеет шарнирно-подвижную стрелу с ротором, которая может подниматься, опускаться и поворачиваться вместе с поворотной платформой машины.

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

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

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

Эксплуатационная производительность экскаваторов непрерывного действия, м³/ч:

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

где $V_{\text{ц}}$ – скорость движения ковшовой цепи или ротора, м/с; q – вместимость ковша;

$T_{\text{к}}$ - расстояние между ковшами (шаг ковшей), м;

$K_{\text{н}}$, $K_{\text{р}}$ - соответственно коэффициенты наполнения ковшей и разрыхления грунта;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент использования многоковшового экскаватора по времени в течение рабочего дня.

Производительность определяется в основном техническими характеристиками экскаватора: скоростью движения и параметрами рабочего оборудования. Например, вместимость ковшей роторного экскаватора ЭТР-100, применяемого в строительстве - 100 л, высота разрабатываемого забоя до 7,5 м, наибольший радиус копания 1,5 м. Ротор диаметром 3,9 м имеет девять ковшей, частота его вращения до 10 1/мин. Коэффициент наполнения ковшей 0,8...1,1. Производительность - до 500 м³ /ч.

Однако способы повышения производительности связаны в первую очередь с улучшением использования высокопроизводительной машины. Относительно низкий $K_{\text{в}} = 0,6$ связан со значительными потерями рабочего

времени, которые объясняются особенностями конструкции машин и технологии непрерывной разработки грунтов.

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

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

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

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

Технология закрытого способа разработки грунта позволяет работать с оборудованием без необходимости вскрытия грунта и вскапывания траншеи, что влечет сокращение площади, времени и затрат на производство работ. Выбор технологии зависит от множества оказывающих влияние на эффективность проводимого комплекса работ факторов, включающих физико-химический состав грунта, уровень прохождения грунтовых вод, диаметр и материал прокладываемой трубы, а также характеристики окружающей среды (населенный пункт, автомобильная дорога, водоем и т.д.)

Наиболее распространенной и актуальной в применении на сегодняшний день является технология горизонтально-направленного бурения (ГНБ).

ГНБ – это управляемый бестраншейный метод прокладывания подземных коммуникаций, основанный на использовании специальных буровых комплексов (установок).

Международное обозначение — (англ.) *HDD* или *horizontal directional drilling*.

Длина прокладки путей может быть от нескольких метров до нескольких километров, а диаметр более 1200 мм.

Из труб применяются трубы из полиэтилена (ПНД), стали и др. видов материалов.

Перед началом работ тщательно изучаются свойства и состав грунта, дислокация существующих подземных коммуникаций, оформляются соответствующие разрешения и согласования на производство подземных

работ. Осуществляется выборочное зондирование грунтов и, при необходимости, шурфление особо сложных пересечений трассы бурения с существующими коммуникациями. Результаты этих работ имеют определяющее значение для выбора траектории и тактики строительства скважины. Особое внимание следует уделить оптимальному расположению бурового оборудования на строительной площадке и обеспечению безопасных условий труда буровой бригады и окружающих людей. Строительство подземных коммуникаций по технологии горизонтального направленного бурения осуществляется в четыре этапа: бурение пилотной скважины, последовательное расширение скважины, протягивание трубопровода и заключительный этап.

Бурение пилотной скважины — особо ответственный этап работы, от которого во многом зависит конечный результат. Оно осуществляется при помощи породоразрушающего инструмента — буровой головки со скосом в передней части и встроенным излучателем. Буровая головка соединена посредством полого корпуса с гибкой приводной штангой, что позволяет управлять процессом строительства пилотной скважины и обходить выявленные на этапе подготовки к бурению подземные препятствия в любом направлении в пределах естественного изгиба протягиваемой рабочей нити. Буровая головка имеет отверстия для подачи специального бурового раствора, который закачивается в скважину и образует суспензию с размельченной породой. Буровой раствор уменьшает трение на буровой головке и штанге, предохраняет скважину от обвалов, охлаждает породоразрушающий инструмент, разрушает породу и очищает скважину от её обломков, вынося их на поверхность. Контроль за местоположением буровой головки осуществляется с помощью приемного устройства локатора, который принимает и обрабатывает сигналы встроенного в корпус буровой головки передатчика.



Рисунок 4.39 – Бурение пилотной скважины

На мониторе локатора отображается визуальная информация о местоположении, уклоне азимуте буровой головки. Также эта информация отображается на дисплее оператора буровой установки. Эти данные являются определяющими для контроля соответствия траектории строящегося

трубопровода проектной и минимизирует риски излома рабочей нити. При отклонении буровой головки от проектной траектории оператор останавливает вращение буровых штанг и устанавливает скос буровой головки в нужном положении. Затем осуществляется задавливание буровых штанг без вращения с целью коррекции траектории бурения. Строительство пилотной скважины завершается выходом буровой головки в заданной проектной точке.

Буровая штанга представляет собой трубу диаметром приблизительно 50-80 мм и длиной 2,5-3 метра. На концах буровой штанги нарезаны конические резьбовые соединения с наружной, и на противоположном конце — с внутренней резьбами. Буровая штанга имеет сильфонную вставку (соединение). На каждой буровой штанге есть два таких соединения. В буровой машине буровые штанги вкручиваются последовательно, одна в другую, по мере продвижения буровой головки. Таким образом, соединённые между собой буровые штанги образуют единую буровую колонну.

Движение буровой головки в горизонтальной и вертикальной плоскостях происходит по принципу гибкого троса: если его свободный конец не закреплён (если закреплён, то это уже «гибкий вал»), то он всегда будет немного изогнут. Оператор на дисплее переносного приёмника видит угол поворота буровой головки (то есть свободного конца «троса») и её направление, и, если необходимо изменить направление скважины, выдаёт команду оператору бурильной машины: «стоп», а затем «повернуть» на определенное количество градусов (но с вращением только в одном направлении — по направлению закручивания резьбы буровых штанг в колонне) так, чтобы буровая головка легла в нужном направлении. Далее, по команде оператора выносного пульта, происходит «вдавливание» буровой головки в грунт под углом нужной траектории, затем оператор бурильной машины включает подачу воды (промывочной жидкости) и продольную подачу с вращением. Буровая головка забуривается в грунт на необходимую траекторию. Подача воды (или другой промывочной жидкости) производится под регулируемым давлением через шпиндель бурильной машины в буровых штангах колонны и далее к буровой головке.

Расширение скважины осуществляется после завершения пилотного бурения (рисунок 4.40). При этом буровая головка отсоединяется от буровых штанг и вместо неё присоединяется риммер — расширитель обратного действия. Приложением тягового усилия с одновременным вращением риммер протягивается через скважину в направлении буровой установки, расширяя пилотную скважину до необходимого для протаскивания трубопровода диаметра. Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину её диаметр должен на 50-100 % превышать диаметр трубопровода.

На противоположной от буровой установки стороне скважины располагается готовая к протягиванию плеть трубопровода. К переднему концу плети крепится оголовок с воспринимающим тяговое усилие вертлюгом

и риммеру, и в то же время не передает вращательное движение на трубопровод.



Рисунок 4.40 – Расширение скважины

Таким образом, буровая установка затягивает в скважину плетть протягиваемого трубопровода по проектной траектории.



Рисунок 4.41 – Протягивание трубопровода

После окончания основных технологических этапов, инженерно-технический персонал сдает заказчику исполнительную документацию, на которой указано фактическое положение уложенного трубопровода в различных плоскостях, с обязательным указанием «привязок» к ориентирам на местности.

Установки (машины) ГНБ представляют собой комплексную строительную технику (рисунок 4.42). Типичная машина включает в себя (рисунок 4.43) — раму, кузов, ходовую часть (гусеничную или колесную) энергетическую установку (дизельный двигатель), гидростанцию, устройство подачи штанг, буровой лафет, панель управления (рабочее место оператора).

Установки классифицируются согласно максимальному усилию протяжки, измеряемому в тоннах. Другой важной характеристикой, которая косвенно связана с ней является максимальный диаметр расширения и максимальная длина бурения. Второстепенные показатели, которые могут характеризовать потребительские качества установки ГНБ — радиус изгиба колонны штанг (показывает, насколько сильно можно изменять траекторию пилотного бурения), а также расход бентонитового раствора (л./мин., показывает, насколько часто необходимо будет пополнять резервуар смесительного устройства для приготовления бурового раствора).



Рисунок 4.42 – Установка горизонтально-направленного бурения

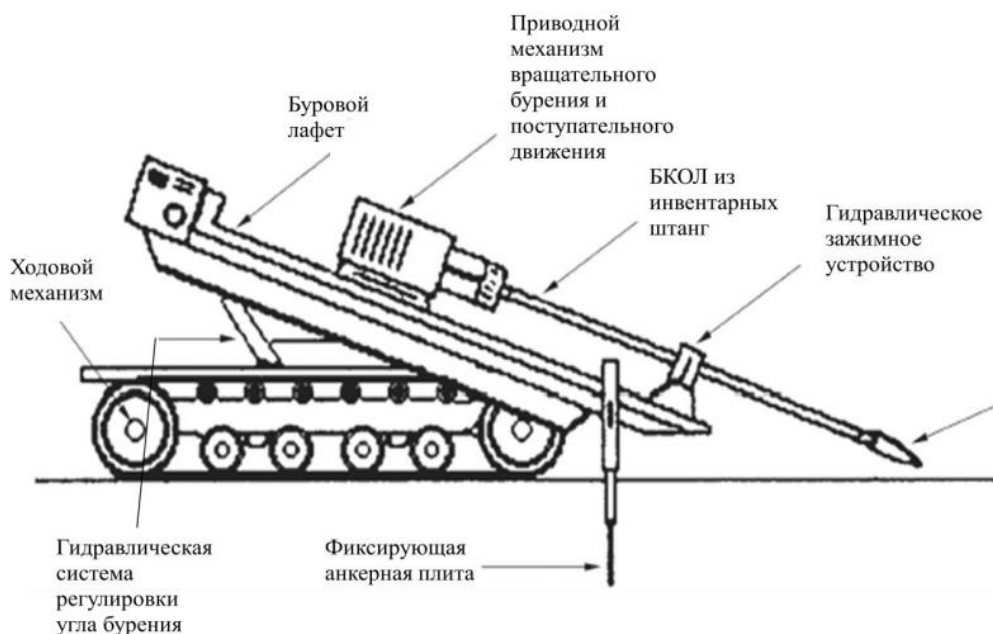


Рисунок 4.43 – Принципиальная схема устройства установки ГНБ

Бур в процессе работы находится вне зоны видимости и досягаемости, и неконтролируемое бурение может привести к непредсказуемым последствиям. Поэтому в производстве работ ГНБ для контроля процесса бурения применяются системы локации. Система локации представляет собой

зонд, который расположен на буровой головке, и специальный прибор синхронизации с этим зондом, который находится в руках у оператора системы локации (локаторщика) на земной поверхности. Зонд регистрирует всю информацию об угле и направлении бурения, числе оборотов и температуре буровой головки. Эта информация передается в процессе бурения локаторщику и предотвращает нежелательные последствия.

4.3 Фундаментное и буровое оборудование

В данном разделе рассматриваются средства механизации, применяемые для сооружения свайных фундаментов по трем наиболее распространенным технологиям: ударной, вибрационной и технологии устройства буронабивных свай. При первых двух способах в грунт погружают готовые свайные элементы. По третьему способу железобетонную сваю формируют непосредственно в грунте, в предварительно устроенной для этого скважине.

Установки для ударного погружения свай

При ударном способе погружения свай в нескальные грунты в качестве основных рабочих органов используют свайные молоты. Независимо от конструктивного вида, чтобы придать свае поступательное движение в грунте, в молоте используется энергия падающей ударной части. Для этого ее предварительно поднимают на некоторую высоту. Поэтому все свайные молоты работают циклично: подъем (холостой ход) - падение, т.е. ускоренное движение ударной части вниз, удар по свае (рабочий ход) и т.д.

По роду привода молоты разделяются на механические, паровоздушные, дизельные и гидромолоты. В состав установки кроме молота входит поддерживающий его механизм - копер (копровое оборудование) с направляющими для движения молота и свай.

По характеру работы различают молоты простого (одиночного) и двойного действия. В *молотах простого* действия рабочий ход (удар по голове свай) происходит за счет кинетической энергии, набранной ударной частью в процессе падения. Для каждого подъема ударной части на определенную высоту используют определенный источник энергии. У молотов *двойного действия* его используют не только для подъема ударной части, но и для усиления рабочего хода, т.е. падения.

Основными параметрами свайных молотов являются: энергия удара, частота ударов, масса ударной части, мощность и полный вес молота.

Энергию удара молота в общем случае можно определить по формуле

$$E = QH\eta + pFH - E_{\text{пот.}}$$

где Q - вес ударной части, кН;

H - высота падения ударной части или ход поршня молота, м;
 η - к. п. д, учитывающий механические, тепловые и другие потери;
 p - давление газа в цилиндре молота, кН/м²;
 F - рабочая площадь поршня, м²;
 $E_{\text{пот}}$ - сумма потерь энергии, кДж.

Механические молоты. Механический молот состоит из стальной литой ударной части (бабы), подвешенной на канате, который перекинут через блок в верхней части копра. Другой конец каната при подъеме ударной части наматывается на барабан фрикционной лебедки. По достижении заданной высоты подъема H тормоз лебедки отпускают, ударная часть падает под действием силы тяжести и наносит удар по голове сваи.

Механические молоты достаточно легки в изготовлении и применении. Но из-за малой мощности и низкой производительности их используют, в основном, как подручное средство для погружения небольших свай, например, деревянных.

Паровоздушные молоты. Свайные молоты этого типа приводятся в действие энергией или сжатым до 0,5-0,7 МПа воздухом. Паровоздушный молот простого действия представляет собой чугунный корпус, одновременно являющийся паровым цилиндром и ударной частью. Внутри цилиндра находится поршень со штоком. При впуске пара или сжатого воздуха в подпоршневое пространство цилиндр поднимается. Переключением крана пар или воздух выпускается в атмосферу, и цилиндр падает, нанося удар по голове сваи (рисунок 4.44).

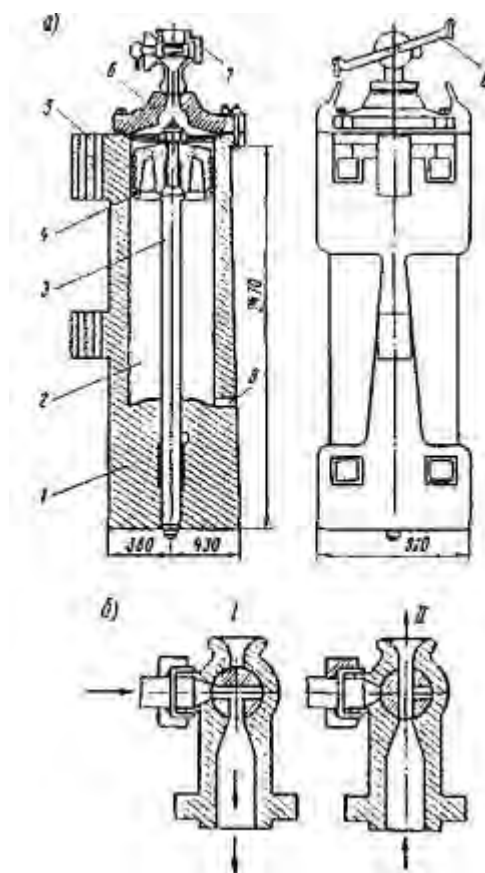
Управление работой паровоздушных молотов простого действия полуавтоматическое. Высоту подъема цилиндра можно регулировать, переводя рычаг газораспределения в необходимое положение. В молотах простого действия около 70% массы составляет ударная часть, что является единственным их достоинством. Существенные недостатки - малая производительность и зависимость от внешнего источника энергии (потребность в котельном или компрессорном оборудовании).

Паровоздушные молоты одиночного действия применяют для забивки свай массой до 12-15 т в нескальные грунты любой плотности.

В молотах двойного действия сжатый газ или пар подается попеременно в пространство над и под поршнем с помощью автоматически переключающегося золотника.

Молоты двойного действия используют для забивки свай и шпунта массой до 6 - 7 т в нескальные грунты любой плотности.

Частота ударов молота имеет большое значение. Если они быстро следуют один за другим, изменения в сопротивлении грунта погружению не успевают закончиться между двумя последовательными ударами. Окружающий сваю грунт будет постоянно разрыхленным, и, следовательно, его сопротивление погружению свай будет пониженным.



a - конструкция молота; *б* - схема переключения (подачи) пара (воздуха); 1 - корпус; 2 - цилиндр; 3 - шток; 4 - поршень; 5 - фиксаторы молота на копровой стреле; 6 - крышка цилиндра; 7 - трехходовой кран; 8 - рычаг пробки крана; 9 - отверстие для сообщения полости цилиндра с атмосферой (I - в цилиндр молота; II - из цилиндра в атмосферу)

Рисунок 4.44 - Паровоздушный молот

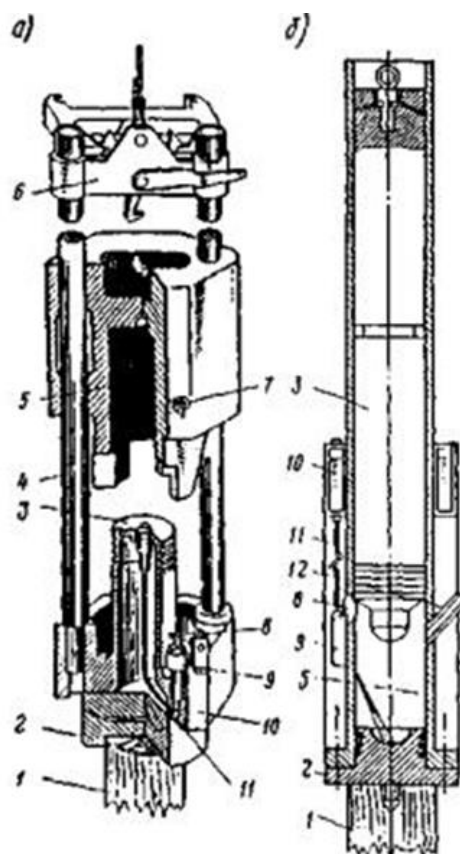
Благодаря автоматическому парораспределению, частота ударов молотов двойного действия доходит до 130-140 в минуту, что делает их существенно более эффективными и производительными. Кроме того, у молотов двойного действия удобно регулировать силу удара. Молоты имеют закрытый корпус, что обеспечивает возможность их использования для забивки свай, в том числе наклонных, под водой на глубине до 20 м.

Паровоздушные молоты уступили первенство дизель-молотам, которые работают автономно, имея более высокие частоту ударов и к.п.д. Но за рубежом паровоздушные молоты продолжают использовать. Там считаются эффективными молоты одиночного действия с массой ударной части до 27 т и энергией удара до 249 кДж, а также молоты двойного действия с соответствующими значениями параметров 18 т и 157 кДж. Их применяют для подводной забивки свай.

Дизель-молоты

Дизель-молот представляет собой прямодействующий двигатель внутреннего сгорания, работающий по принципу двухтактного дизельного двигателя. Ударная часть молота при совершении рабочего хода сжимает заключенный в цилиндре воздух, значительно повышая его температуру. Подаваемое в это время в цилиндр дизельное топливо смешивается с набранным объемом воздуха, образуя горючую смесь, которая воспламеняется в процессе повышения температуры при сжатии внутреннего объема рабочей камеры. В процессе горения смеси топлива с воздухом образуются горючие газы, которые отбрасывают ударную часть молота вверх, совершая холостой ход. При падении ударной части рабочий цикл повторяется.

По типу направляющих для ударной части дизель-молоты делятся на штанговые и трубчатые (рисунок 4.45).



а - штанговый; *б* - трубчатый; 1 - свая; 2 - шабот; 3 - поршень; 4 - направляющие штанги; 5 - цилиндр; 6 - устройство для подъема цилиндра; 7 - штырь; 8 - рычаг подачи топлива; 9 - топливный насос; 10 - топливный бак; 11 - трубка для подачи топлива; 12 - выхлопное отверстие

Рисунок 4.45 - Дизельные молоты

В *штанговых молотах* ударной частью является цилиндр, перемещающийся по двум направляющим штангам (рисунок 4.40, а). Молоты такого типа имеют небольшие габариты и массу ударной части 600-2500 кг, а также низкий к.п.д. и энергию удара до 20 кДж. Поэтому их в основном используют для забивки легких деревянных свай.

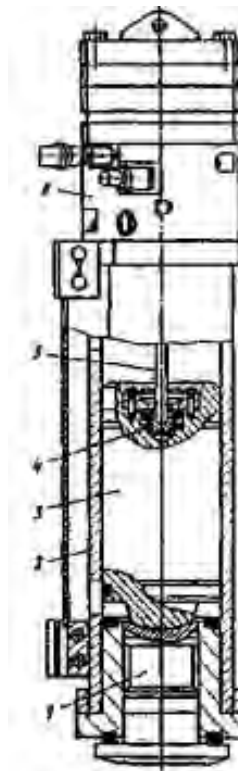
В *трубчатых молотах* одиночного действия ударная часть представляет собой поршень, который перемещается внутри цилиндра и направляющей трубы и создает давление (компрессию) в цилиндре (рисунок 4.40, б). Молот подвешивают на направляющей стреле копра. Его запуск производится специальным механизмом - «кошкой», которая входит в зацепление с кольцевой выточкой поршня. «Кошка», перемещаемая лебедкой вверх по направляющей копра, поднимает ударную часть и автоматически сбрасывает ее на заданной высоте. Падающий поршень надавливает на рычаг топливного (плунжерного) насоса, который впрыскивает топливо в камеру сгорания. В камере под действием удара поршня о шабот топливо разбрызгивается, образуя с объемом воздуха горючую смесь, которая воспламеняется. От давления образовавшихся газов поршень подбрасывается вверх, а выхлоп выходит в атмосферу через отверстия в цилиндре.

Промышленностью выпускается параметрический ряд дизель-молотов с воздушным и водяным охлаждением. При этом масса ударной части отдельных образцов в средних условиях может достигать до 10-15 т, а энергия удара - до 400 кДж. Используются и трубчатые дизель-молоты двойного действия (по принципу, аналогичному паровоздушным молотам), имеющие в 1,5-2 раза большую частоту ударов.

Гидромолоты

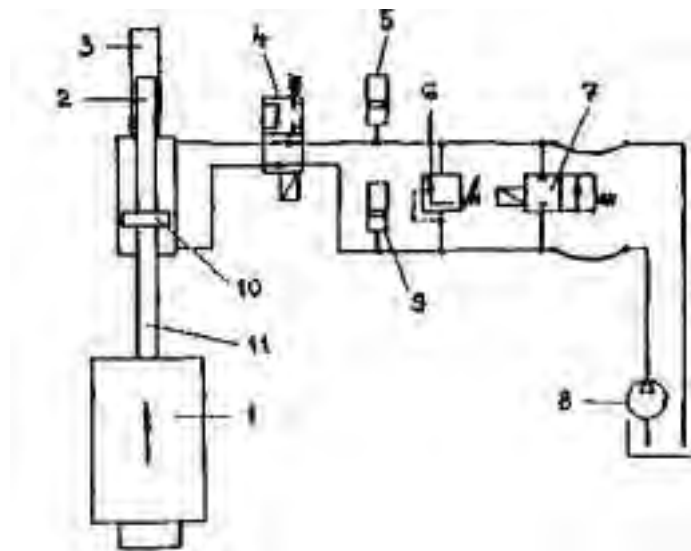
В гидромолотах подъем ударной части производится регулируемым давлением жидкости, которая подается гидронасосом в пространство под поршнем основного гидроцилиндра, соединенного штоком с ударной частью (рисунки 4.46 и 4.47). При рабочем ходе ударной части жидкость перетекает через перепускной клапан из полости гидроцилиндра под поршнем в полость над ним, перемещая рабочую часть гидромолота в двух направлениях последовательно. Рабочая жидкость (минеральное масло) подается гидронасосом производительностью в примерном диапазоне 400 - 700 л/мин под давлением до 30 - 40 МПа.

Характерными особенностями гидромолотов являются: возможность регулирования силы и частоты ударов; более длительное действие ударного импульса; возможность синхронной работы нескольких молотов; возможность использования молотов для забивки свай в воде; экологичность. Наряду с этим отметим, что гидромолоты обладают меньшей энергией удара в сравнении с дизель-молотами той же массы.



1 - шабот; 2 - направляющая труба; 3 - ударная часть; 4 - упругий шарнир (тарельчатые пружины); 5 - шток гидроцилиндра; 6 - рабочий (главный) цилиндр

Рисунок 4.46 - Гидромолот двойного действия



1 - ударная часть; 2, 3 - направляющие; 4 - главный клапан; 5 - гидроаккумулятор низкого давления; 6 - клапан избыточного давления; 7 - перепускной клапан; 8 - гидронасос; 9 - гидроаккумулятор высокого давления; 10 - главный цилиндр; 11 - шток гидроцилиндра

Рисунок 4.47 - Принципиальная схема управления гидромолотом

Энергия удара молота E_h , кДж, необходимая для достижения расчетной вертикальной нагрузки на сваю N , кН, должна быть не менее

$$E_h \geq 0,045N.$$

При погружении наклонных свай E_h определяют с учетом повышающего коэффициента, значения которого принимают равными 1,1; 1,15 и 1,25 для свай с наклонами к вертикали соответственно 5:1; 4:1 и 3:1.

Выбираемый тип молота должен удовлетворять условию

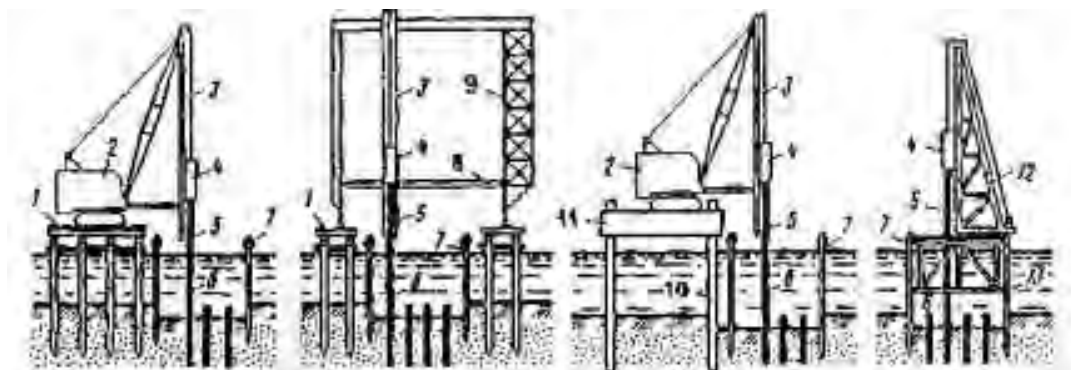
$$K \geq \sum q/E_d,$$

где K - коэффициент применимости молота, зависящий от типа молота и материала забиваемой сваи ($K= 0,2-0,6$);

$\sum q$ - суммарная масса молота q_1 сваи с наголовником q_2 и подбабка q_3 , т;
 E_d - расчетная (паспортная) энергия удара молота, кДж.

Копры и копровые установки

Процесс погружения свай включает в себя подъем и установку свай в направляющие, подъем, установку на сваю и запуск молота, обеспечение совместного поступательного движения сваи и молота. Все эти функции выполняются сваебойными агрегатами - *копрами*.

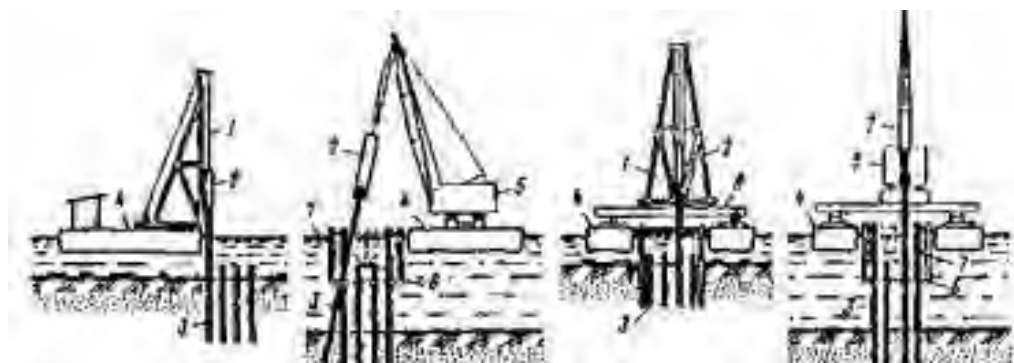


1 - подмости; 2 - стреловой кран; 3 - копровая стрела; 4 - молот; 5 - подбабок; 6 - свая; 7 - шпунт; 8 - распорка; 9 - порталный кран; 10 - стойки; 11 - самоподъемная платформа; 12 - копер; 13 - направляющий каркас

Рисунок 4.48 - Использование временных подмостей для производства свайных работ

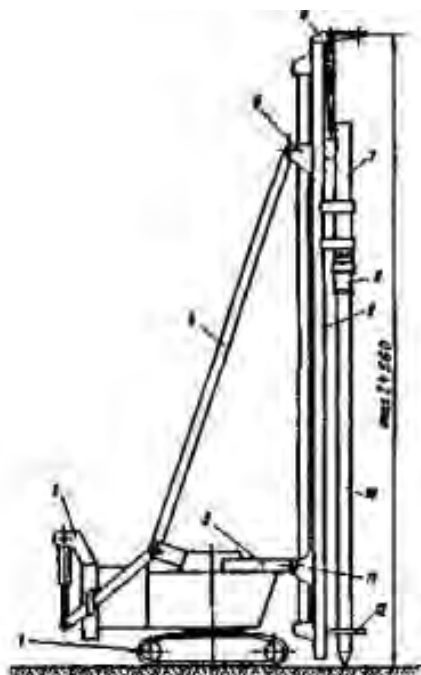
В качестве копров могут использоваться специально созданные для этого самоходные машины или установки в виде навесного копрового оборудования на базовые машины - тракторы, экскаваторы, подъемные краны. Для перемещения копров по свайному полю при возведении речных опор

устанавливают подкопные мосты, эстакады, подмости. Копры устанавливают и на плавучие средства (рисунки 4.48 и 4.49).



1 - копер; 2 - молот; 3 - свая; 4 - плашкоут; 5 - кран; 6 - ограждение котлована;
7 - направляющий каркас; 8 - подкопной мост

Рисунок 4.49 - Использование плавучих средств для производства свайных работ

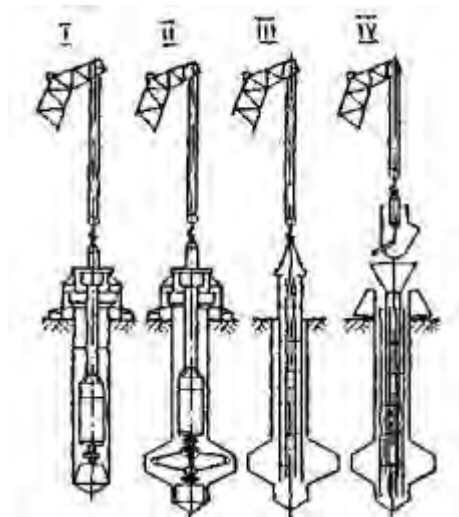


1 - базовая машина - экскаватор ЭО-5122А; 2 - кронштейн поворотный; 3 - механизм наведения; 4 - раскосы; 5 - верхняя каретка; 6 - оголовок; 7 - дизель-молот (гидромолот); 8 - наголовник; 9 - мачта телескопическая; 10 - свая; 11 - нижняя каретка; 12 - сваерез

Рисунок 4.50 – Копер на базе гусеничного экскаватора

Оборудование для возведения фундаментов из буронабивных свай

Особенностью технологии работ по сооружению свай этого типа является монолитное подводное бетонирование свай непосредственно в грунте в проектном положении. Сначала в грунте тем или иным способом делают скважину (при необходимости с уширением), затем устанавливают в нее арматурный каркас и укладывают бетонную смесь (рисунок 4.51).



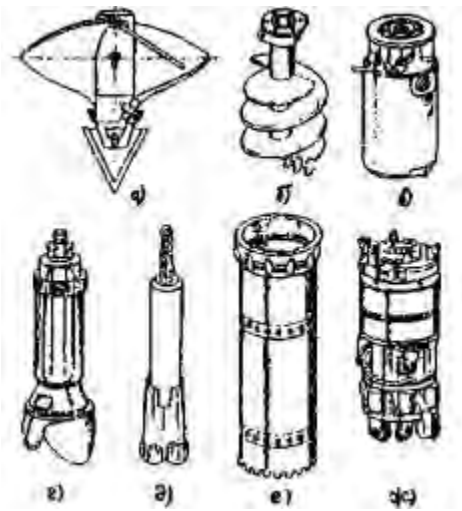
I - бурение скважины; II - разбуривание уширения; III - установка арматурного каркаса; IV - заполнение скважины бетонной смесью

Рисунок 4.51 - Технологическая схема устройства буронабивных свай

Скважины для свай в нескальных грунтах устраивают забивкой, вибропогружением, задавливанием инвентарных или оставляемых в грунте стальных обсадных труб с закрытым или открытым нижним концом. В связных грунтах бурить можно без обсадных труб, используя гидростатическое давление глинистого раствора или воды для предотвращения обрушения грунта в скважине. При этом применяют разное механическое бурильное оборудование, которое выбирается в зависимости от вида грунта (рисунок 4.52, а-з).

При устройстве обычных в мостостроении скважин диаметром 0,8 - 1,7 м и глубиной до 50 м используют открытые снизу инвентарные трубы, погружаемые задавливанием гидродомкратами (рисунок 4.52, е). Для разбуривания при уширении применяют вращающиеся уширители с раскрывающимися лопастями, режущими грунт, и с ковшовым буром.

Разработку скальных грунтов в скважинах производят ударным способом при помощи долота (рисунок 4.52, д) или вращательным бурением шарошечным инструментом (рисунок 4.52, ж). Долото подвешивают на канате к мачте агрегата ударно-канатного бурения и сбрасывают с высоты. Буровой шлам удаляют из скважины, промывая ее специальным устройством.

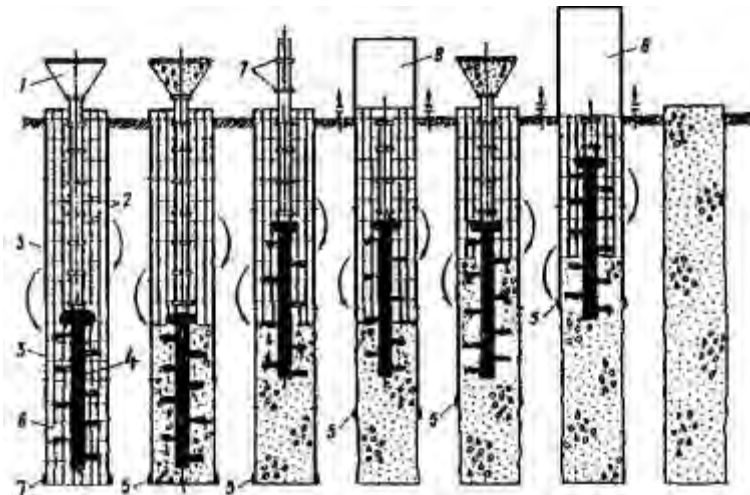


a - лопастной бур; *б* - шнековый бур; *в* - ковшовый бур; *г* - грейфер; *д* - ударное долото; *е* - обсадная труба; *ж* - шарошечное долото

Рисунок 4.52 - Виды бурильного инструмента и оборудования

Бурение скважин шарошечным инструментом производят при помощи агрегатов с погружными забойными двигателями, оснащенных турбобурами или электробурами.

Мощность турбобуров больше, чем мощность станков ударно-канатного бурения. Вместе с тем, бурильные агрегаты с турбобурами обладают низким к.п.д., требуют большого расхода чистой воды, имеют низкий крутящий момент на буровом инструменте. Агрегаты с погружным электрическим двигателем более эффективны, чем турбобуры.



1 - накопительный бункер; 2 и 3 - секции бетонолитной и инвентарной обсадной труб; 4 - виброштамп; 5 - режущая коронка обсадной трубы; 6 - арматурный каркас; 7 и 8 - демонтируемые звенья бетонолитной и обсадной труб

Рисунок 4.53 - Схема бетонирования скважин при помощи виброштампа

Из-за этого возникает необходимость применения особых технологий. Неоднократно предпринимались попытки подводной укладки бетонной смеси с вибрированием. В мостостроении применяется комплект бетонолитного оборудования с использованием виброштампа (рисунок 4.53).

При этом способе подача бетонной смеси по вертикальной бетонолитной трубе может производиться как из бункера, так и бетононасосом. По мере подачи бетонной смеси и проработки ее виброштампом обсадную трубу постепенно извлекают из скважины. Применение установки для укладки с вибрированием позволяет повысить прочность бетона свай в 1,2-1,5 раза, а также несущую способность свай по грунту на 20-30%.

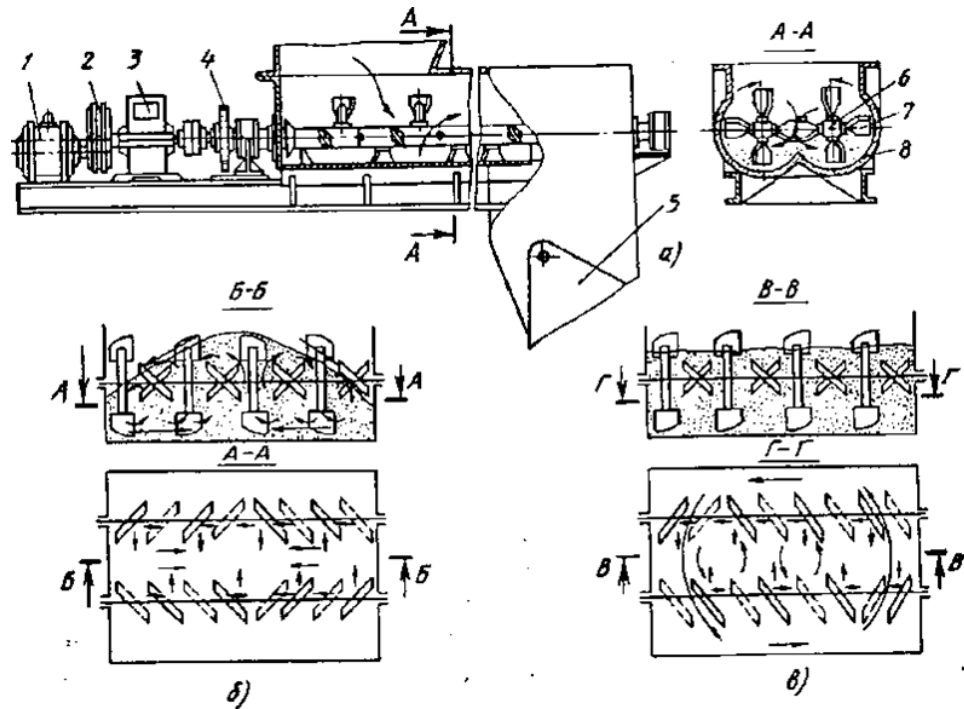
4.4 Машины и оборудование для производства, транспортирования и уплотнения строительных смесей

Цементобетонные смеси и строительные растворы представляют собой смеси, состоящие из вяжущих веществ (цемента, извести) и заполнителей (щебня, гравия и песка, а также легких материалов: шлака, пемзы, керамзита). В результате химической реакции между вяжущими веществами и водой образуется цементный (известковый) камень, заполняющий пространство между щебнем и песком. Для экономии вяжущего материала и получения более прочного бетона так подбирают компоненты смеси, чтобы между ними было наименьшее количество пустот. На технологию приготовления цементобетонных смесей большое влияние оказывает количество вяжущего вещества и воды, которые в основном определяют подвижность и укладываемость смеси и прочность затвердевшего бетона. Затвердевший бетон характеризуется «маркой», т. е. пределом прочности образцов на сжатие в 28-дневном «возрасте». На прочность бетона влияет однородность смеси, зависящая от качества перемешивания.

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

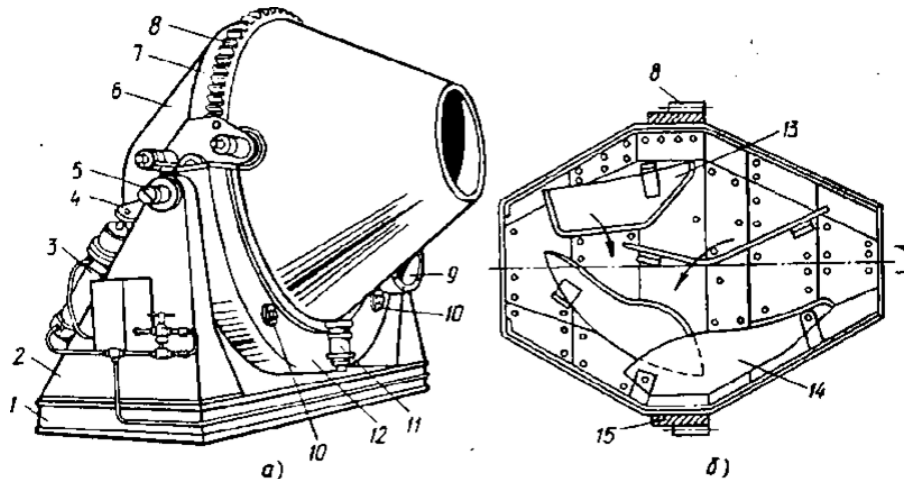
Смесители классифицируют по ряду признаков. Смесители бывают стационарными и передвижными. Передвижные смесители применяют на объектах с небольшими объемами работ, стационарные - на заводах. По способу смешивания различают смесители принудительного действия и гравитационные. Принудительное смешивание осуществляется при вращении лопастей или других элементов в неподвижной емкости-барабане (рисунок 4.54), а в гравитационных смесителях - в результате подъема и сбрасывания смеси внутри вращающегося барабана (рисунок 4.55). Гравитационные

смесители проще по конструкции и способны перемешивать бетоны с более крупным заполнителем.



а – конструктивная схема смесителя; б – противоточная схема движения смеси в корпусе; в - поточно-контурная;
 1 - двигатель; 2 - клиноременная передача; 3 - редуктор; 4 - зубчатая передача; 5 - разгрузочный затвор; 6 - лопастные валы; 7 - лопасть; 8 - корыто смесителя

Рисунок 4.54 - Смеситель непрерывного действия



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

Рисунок 4.55 - Бетоносмеситель гравитационный

По режиму работы смесители бывают циклического и непрерывного действия. Смесители циклического действия работают последовательными циклами. Каждый цикл состоит из операций загрузки, перемешивания и выгрузки готовой смеси.

В смесителях непрерывного действия поступление компонентов и выход готовой смеси происходят непрерывно. Эти машины отличаются большой производительностью. Главным параметром смесителей непрерывного действия является их производительность.

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

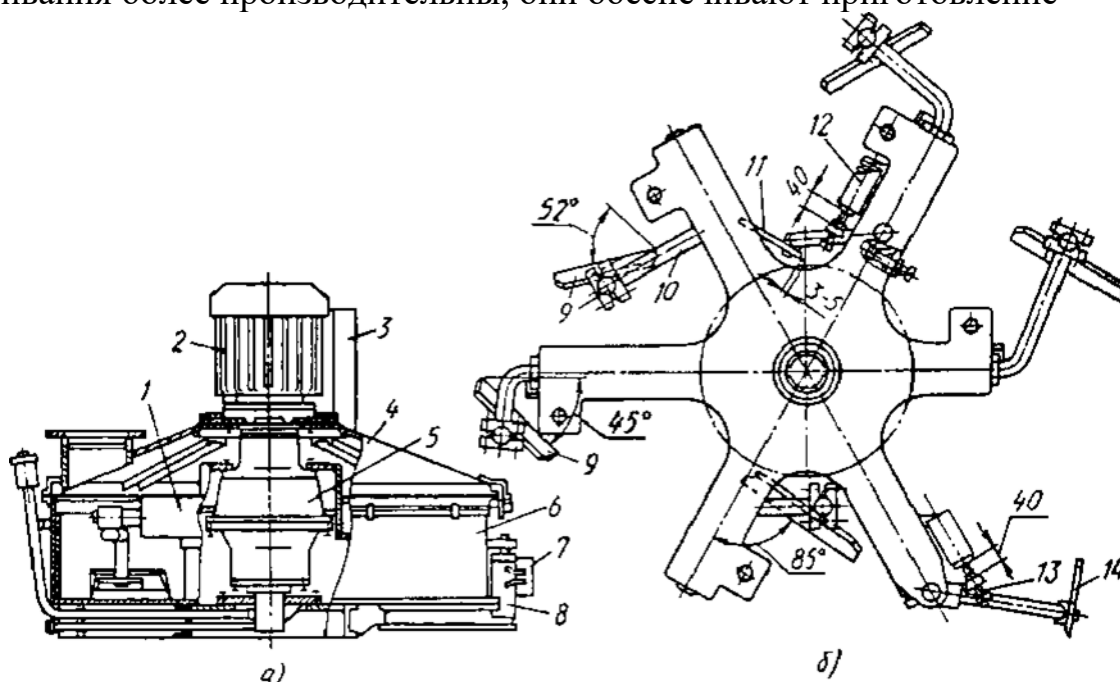
Гравитационные бетоносмесители непрерывного действия обычно имеют цилиндрический барабан с горизонтальной осью. Такие смесители непрерывно загружают сверху через загрузочную воронку, готовая смесь также непрерывно выгружается с противоположного конца. Производительность регулируют, меняя производительность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

По способу выгрузки гравитационные смесители бывают: опрокидными, в которых выгрузка замеса осуществляется наклоном барабана в сторону выгрузочного отверстия; реверсивными, выгружаемыми в результате обратного вращения, что обеспечивает движение материала в сторону выгрузочного отверстия; с вводным лотком, по которому смесь выгружается из барабана.

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

Циклические бетоносмесители с принудительным смешиванием материалов разделяют на чаше- и корытообразные (лотковые). В чашеобразных корпус выполнен в виде чаши цилиндрической формы с одним

или несколькими перемешивающими валами (рисунок 4.56). В корытообразных бетоносмесителях корпус оснащен одним или двумя перемешивающими лопастными валами. Бетоносмесители принудительного смешивания более производительны, они обеспечивают приготовление



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

Рисунок 4.56 - Роторный смеситель с вертикальным валом

смесей высокой жесткости, чего нельзя достичь в гравитационных бетоносмесителях.

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

Смешивающие аппараты чашеобразных бетоносмесителей выполняют планетарно-роторными и роторными. Роторные чашеобразные бетоносмесители более просты по конструкции, чем планетарно-роторные, так как не имеют вращающихся лопастных валов. Смешивающие лопасти расположены на разных расстояниях от оси чаши так, чтобы при вращении ротора они перекрывали всю площадь смесительного пространства. Такие бетоносмесители хорошо работают при приготовлении подвижных бетонных

смесей и строительных растворов. Смеситель представляет собой корпус с вертикальной осью, внутри которого со скоростью 6...8 м/с вращается ротор (см. рисунок 4.56). Исходные материалы после дозирования загружают сверху через отверстие в крышке корпуса, выгрузка готовой смеси производится через дно корпуса.

Техническая производительность циклических бетоносмесителей определяется по формуле:

$$П = \frac{3600V}{1000T_{ц}},$$

где V – объем готового замеса в л;

$$V = V_{заг} k_{вых};$$

$V_{заг}$ – вместимость барабана по загрузке сухих компонентов, л;

$k_{вых}$ – коэффициент выхода бетонной смеси ($k_{вых} = 0,65...0,70$);

$T_{ц}$ – продолжительность одного рабочего цикла, с.

$$T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \text{ с}$$

где t_1 – продолжительность загрузки барабана, принимается при ручной загрузке $t_1 = 40...50$ с, при загрузке скиповым подъемником $t_1 = 15...25$ с, при загрузке из грузоподъемных ковшей дозатора $t_1 = 10...15$ с;

t_2 – продолжительность перемешивания (табл. 8.1);

t_3 – продолжительность выгрузки готовой бетонной смеси, для бетоносмесителей с опрокидным и грушевидным барабаном и с двухконусным наклоняющимся барабаном $t_3 = 10...20$ с причем большие значения принимаются для бетоносмесителей с большей вместимостью барабана;

t_4 – продолжительность поворота барабана в положение загрузки составляющих смеси, принимается $t_4 = 3...5$ с.

Мощность привода смесительного барабана рассчитывают по формуле

$$N = \frac{M_{\phi} n_{\phi}}{\eta_m \eta_{zn}},$$

где M_{ϕ} – момент на валу смесительного барабана, соответствующий режиму загрузки и перемешивания, определяется экспериментально (для автобетоносмесителей с объемом перевозимой смеси 5 м^3 $M_{\phi} = 1500 \text{ Н} \cdot \text{м}$);

n_{ϕ} – частота вращения смесительного барабана в режиме загрузки и перемешивания;

η_m – КПД механической передачи;

$\eta_{гн}$ – КПД гидравлической передачи.

Машины и оборудование для транспортирования бетонных смесей

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

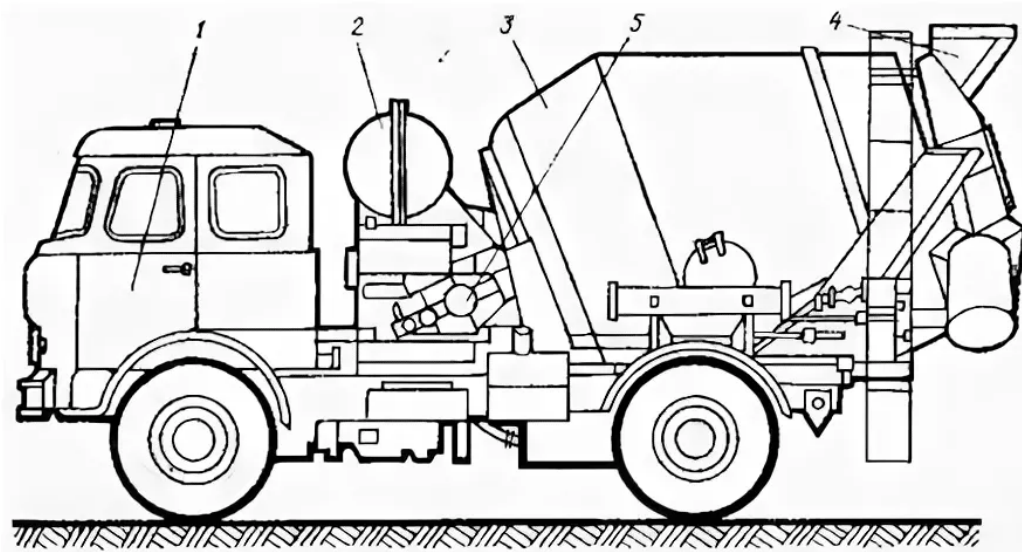
Автобетоновозы без побудителя отличаются простотой конструкции. Кузов автобетоновоза поворачивается гидроцилиндрами под любым углом (в диапазоне 180 град.) на любую сторону и назад. В качестве дополнительного оборудования автобетоновоз имеет съемный желоб, используемый при укладке смеси в узкую опалубку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

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

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

Автобетоносмесители применяют как для транспортирования готовой бетонной смеси, получаемой на заводах и установках товарного бетона, так и для приготовления бетонной смеси из сухих компонентов, загружаемых в его барабан. Применение автобетоносмесителей значительно увеличивает расстояния транспортирования бетонной смеси. Автобетоносмесители выпускают на шасси грузовых автомобилей типа КамАЗ, КрАЗ и др., на которых монтируют смесительный барабан с его приводом, систему подачи

воды, загрузочное и разгрузочное устройства и рычаги управления смесительным барабаном (рисунок 4.57).



1 - шасси, 2 – бак для воды, 3 – смесительный барабан, 4 – загрузочно-разгрузочное устройство, 5 – привод смесительного барабана

Рисунок 4.57 – Автобетоносмеситель СБ-69

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

Система подачи воды состоит из бака, насоса, дозатора и насадка, направляющего струю воды внутрь барабана. Вода в смесительный барабан подается в момент приготовления смеси; после выгрузки барабан промывается. Экономически выгодными являются автобетоносмесители объемом готового замеса 3 . . . 10 м³. Мощность двигателя привода барабана 6...7 кВт на 1 м³ готового замеса, частота вращения барабана 3...18 1/мин. Барабаны автобетоносмесителей имеют меньший диаметр, большую длину, чем барабаны стационарных смесителей, и характеризуются большим коэффициентом загрузки, принимаемым равным 0,8...0,9.

Бетононасосы предназначены для передачи по трубам (бетоноводам) бетонных смесей, принимаемых из автотранспортных средств, и подачи смесей к месту укладки. Их применяют во всех областях гражданского, промышленного и сельского строительства. Дополнительные возможности

создает использование бетононасосов в комплекте с автономными бетонораспределительными стрелами-манипуляторами.

Использование бетононасосов требует высокой степени организации работ на строительной площадке; экономическая эффективность применения бетононасосов резко возрастает с увеличением объемов сменной выработки. Это определяется как факторами, общими для всех строительных машин, так и необходимостью выполнения специфических трудоемких вспомогательных работ – подачи пускового раствора для смазывания бетонопроводов, промывки и очистки рабочих органов и бетонопроводов при перерывах в работе, а также переключивания и фиксации стационарных бетонопроводов.

Бетононасосы классифицируются по принципу действия, способу передвижения и установки, типу приводного двигателя.

По принципу действия конструкции серийно выпускаемых бетононасосов разделяются на поршневые и роторно-шланговые (перистальтические).

По способу передвижения и установки различают автобетононасосы на базе автомобильных шасси, прицепные на колесном ходу и стационарные на рамах.

Источником энергии в автобетононасосах является дизельный двигатель на шасси или автономный дизельный двигатель. Прицепные и стационарные бетононасосы могут быть оборудованы как дизельными, так и электродвигателями.

В бетононасосах всех типов можно выделить следующие основные сборочные единицы, смонтированные на общей раме (рисунок 4.58): привод бетононасоса, сам бетононасос, нагнетательный бетонопровод, вспомогательные механизмы.



Рисунок 4.58 - Автобетононасос

Автобетононасосы, как правило, снабжены также бетонораспределительной стрелой-манипулятором. Привод всех современных бетононасосов является гидравлическим с большим разнообразием принципиальных схем.

Машины для уплотнения бетонных смесей

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

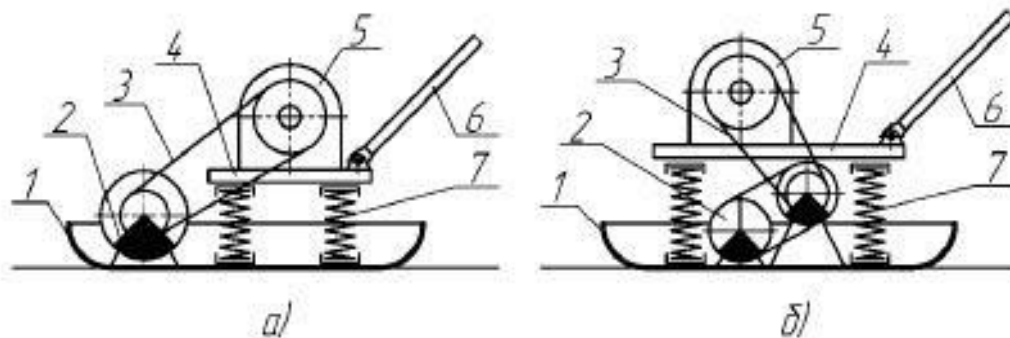
Колебания в вибраторах создаются двумя способами: вращением закрепленной на валу неуравновешенной массы (дебаланса) и возвратно-поступательным направленным перемещением массы. Вращение неуравновешенной массе может сообщаться от различного рода двигателей: электрического (электромеханические вибраторы),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

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

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

- прекращение оседания смеси, появление цементного молока на ее поверхности и прекращение выделения воздушных пузырьков.

По способу воздействия на уплотняемую бетонную смесь различают поверхностные (рисунки 4.59, 4.60) и глубинные (рисунки 4.61 и 4.62) вибраторы.



а) с одновальным вибратором ненаправленного действия,

б) с двухвальным вибратором направленного действия.

1 – рабочая плита, 2 – вибратор, 3 – ременная передача привода вибратора, 4 – подмоторная рама, 5 – электродвигатель, 6 – рукоятка для управления, 7 – подвеска

Рисунок 4.59 - Конструктивные схемы виброплит



Рисунок 4.60 - Поверхностный вибратор



Рисунок 4.61 - Глубинный вибратор с гибким валом



Рисунок 4.62 - Глубинный вибратор со встроенным электродвигателем

4.5 Машины и оборудование для обслуживания мостов

Первая машина для ремонта мостов в Беларуси была собрана организацией ПВООО «ТРАНСМОСТ» в 2001 году. Белорусская компания занимается производством специальных машин для обслуживания и ремонта различного типа мостов.

Мостовые платформы выпускаются двух видов:
- гидравлическая передвижная – на базе МАЗ;

- мобильная-передвижная – самостоятельная платформа с ручным приводом.

Мостовые платформы на базе грузового автомобиля МАЗ (ПГММ 7-АП) обладают мобильностью и просты в управлении, обеспечивают выполнение работ по строительству, ремонту или обслуживанию мостов (рисунок 4.63).

В состав мобильной гидравлической передвижной мостовой платформы ПГММ 7-АП входит: опорная базовая горизонтальная секция, монтируемая на базовом автомобиле МАЗ; и съемная подвижная составная рабочая секция решетчатого типа, состоящая из вертикальной и горизонтальной составных частей, управляемых элементами гидропривода, с помощью которой и осуществляется подход обслуживающего персонала и подача строительных материалов к ремонтируемым зонам моста.

Мобильная гидравлическая передвижная платформа способна передвигаться по дорогам как обычный автомобиль, при ремонте моста платформа заметно превосходит по удобству систему лесов или автовышку.

Мостовая платформа ПГММ 7-П (рисунок 4.64) не способна самостоятельно передвигаться, оснащена ручным приводом и перевозится к месту работы автомашиной грузоподъемностью не менее 3-х тонн.

С помощью мостовых платформ возможно выполнение следующих видов работ по обслуживанию и ремонту мостов:

- обслуживания нижних и фасадных поверхностей пролетных строений мостов;
- выполнение работ по обследованию мостов;
- проведение специальных работ в процессе строительства.

Грузоподъемность платформы ПГММ 7-АП составляет 300 кг, грузоподъемность съемной секции - 100 кг, высота зоны обслуживания от поверхности проезжей части до пола площадки - 5,1 м, ширина рабочей площадки - 0,9 м, ширина зоны обслуживания от края моста - 8 м, ширина тротуара - не более 2,2 метра. Для системы ПГММ 7-П, ПУ, ПВ эти параметры составляют соответственно 300 и 100 кг, 5,8 и 0,9 метра. Вес 2800 кг. Ширина тротуара не имеет значения, поскольку передняя зона платформы опирается на тротуар.



Рисунок 4.63 - Мостовая платформа на базе грузового автомобиля МАЗ (ПГММ 7-АП)



Рисунок 4.64 - Мостовая платформа ПГММ 7-П с ручным приводом

II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Рекомендации к выполнению лабораторных работ

Выполнению лабораторной работы должна предшествовать самостоятельная подготовка студентов, при которой каждый студент по методическим указаниям знакомится с заданием на конкретную работу, методикой ее выполнения и описанием устройства и работы гидропривода машины по схеме.

Перед началом лабораторных занятий со студентами проводится инструктаж по технике безопасности.

На лабораторном занятии студенты непосредственно на натурном образце или модели изучают устройство сборочных единиц конструкций строительных машин, особенности конструкции отдельных механизмов, их взаимное расположение и выполняемые функции.

Каждый студент должен к началу очередного занятия оформить индивидуальный отчет о выполненной лабораторной работе. Отчет должен быть составлен так, чтобы для понимания содержания и результатов выполненной работы не требовалось дополнительных устных пояснений. К отчету предъявляется ряд общих требований: полнота информации, четкость

построения, краткость и точность формулировок, обоснованность выводов, аккуратность оформления.

Отчеты оформляются рукописно на листах формата А4 (с одной стороны листа, размер листа 210x297 мм). Все записи, формулы и графики выполняются с помощью ручек с пастой синего, фиолетового или черного цвета. Не допускается выполнять записи в отчете с помощью карандаша. Исправления в отчете допускается выполнять с помощью корректора, зачеркивания в отчете не допускаются. Небрежно оформленные отчеты (с большим количеством исправлений, на помятых или испачканных листах, трудночитаемым почерком, с нарушением требований к оформлению и содержанию) к защите не принимаются.

Каждый отчет должен содержать титульный лист (пример оформления титульного листа приведен в приложении) и основную часть.

На каждом листе отчета выполняется рамка с размером 185 x 287 (мм), расположенная всегда вертикально: с отступом от левого края листа 20 мм и с отступами по 5 мм относительно верхнего, нижнего и левого краев листа. При оформлении отчета необходимо соблюдать следующие размеры полей: левое - не менее 30мм, правое - не менее 10мм, верхнее и нижнее - не менее 15 мм (размеры полей вести от краев листа, а не относительно рамки на листе).

Страницы отчета нумеруются. При этом, на титульном листе номер не ставится, но его следует учитывать при общей нумерации листов.

Основную часть отчета делят на разделы, нумеруемые арабскими цифрами с точкой. При необходимости разделы делят на подразделы, наименования которых записывают с абзаца строчными буквами (кроме первой прописной).

Обязательные структурные части отчета о лабораторной работе:

- Цель лабораторной работы
- Оборудование
- Задание
- Теоретические сведения
- Схема лабораторной установки
- Ход работы
- Выводы

При необходимости в отчет могут быть включены и другие разделы и подразделы.

Раздел «Ход работы» включает: таблицу с экспериментальными и расчетными данными, формулы с расшифровкой буквенных обозначений, подстановку данных в структуру формул и результаты расчетов с обязательным указанием единиц измерения физических величин, построение графиков зависимостей физических величин по экспериментальным данным.

В конце отчета необходимо записать выводы, которые являются обобщенным результатом наблюдений за экспериментом и результатом анализа графических зависимостей, построенных по экспериментальным данным.

При оформлении расчетов перед каждым новым параметром необходимо привести наименование этого определяемого параметра и расшифровать все физические величины, которые входят в состав уравнения. Для этого в конце формулы ставится запятая и с красной строки после слова «где» приводятся все буквенные обозначения формулы с указанием единиц их измерения. Пример оформления формулы в отчете:

Определяем рабочий объем роторной гидромашины:

$$V_0 = \frac{Q}{n},$$

где Q – расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$,

n – частота вращения вала роторной гидромашины, $\text{об}/\text{с}$.

При оформлении отчета подлежат обязательному применению единицы физических величин, установленные Международной системой единиц СИ.

Между последней цифрой и обозначением единицы измерения физической величины следует оставлять пробел, например, 10 МПа, 100 кВт, 80 %, 20° С. Исключением являются только единицы, указываемые в виде верхних индексов, например, 35°15'.

Обозначения единиц измерения, входящих в произведение, следует разделять знаками умножения в виде точки. Для указания знака деления в структуре единицы измерения предпочтительно применение косой черты. При этом произведение единиц в знаменателе следует заключать в круглые скобки, например, 85 кг/(кВт·ч).

При оформлении экспериментальных и расчетных данных следует придерживаться следующих правил записи чисел:

- точность обработки результатов измерений должна согласовываться с точностью самих измерений;
- следует различать записи приближенных чисел по количеству значащих цифр. Например, запись 2,4 означает, что верны только числа в разряде целых и десятых, а запись 2,40 означает, что верны и сотые доли числа; запись числа 127 означает, что все цифры верны. Если последняя значащая цифра – под сомнением с учетом погрешности эксперимента, тогда должно быть записано число $1,3 \cdot 10^2$;
- число, для которого указывается допускаемое отклонение, должно иметь последнюю значащую цифру того же разряда, что и последняя

цифра отклонения. Например, правильная запись - $17,0 \pm 0,2$ или $6,40 \pm 0,15$; неправильная запись - $17 \pm 0,2$ или $6,40 \pm 0,2$;

- обозначение единиц измерения величины, для которой указано допускаемое отклонение, необходимо писать как после численного значения величины, так и после численного значения допускаемого отклонения, либо выносить его за скобки.

Например, правильно - $50 \text{ В} \pm 1\text{В}$ или $(123,2 \pm 0,3) \text{ Н}$; неправильно - $50 \pm 1\text{В}$ или $123,2 \text{ Н} \pm 0,3$.

При выполнении схем в отчетах соблюдают следующие правила:

- схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей объекта учитывают приближенно;
- при выполнении схем применяют условные графические обозначения, установленные стандартами ЕСКД, внешние очертания элементов конструкций выполняют упрощенно;
- при необходимости применяют нестандартные графические обозначения, сопровождая их пояснениями.

Цифровой материал, как правило, должен оформляться в виде таблиц. Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте. Каждая таблица должна иметь заголовок. Заголовок не подчеркивают. Заголовки граф таблиц должны начинаться с прописных букв, подзаголовки - со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком графы, и - с прописных, если они самостоятельные. Таблицы нумеруют последовательно арабскими цифрами. В правом верхнем углу таблицы под соответствующим заголовком помещают надпись "Таблица" с указанием номера таблицы. Если в отчете одна таблица, ее не нумеруют и слово "Таблица" не пишут. Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия и величины заменяют их буквенными обозначениями, если они пояснены в тексте отчета. Единицы величин указывают в заголовках или подзаголовках после запятой. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм. Цифры в графах должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены одни под другими. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Включать в таблицах отдельную графу или строку с наименованием «Единицы физических величин» или помещать графу "№ п.п." не допускается. Заголовки таблиц указывают в единственном числе. Диагональное деление головки таблицы не допускается. Заголовки таблиц должны быть краткими и полностью отражать содержание таблицы.

При построении графиков в отчетах необходимо соблюдать следующие правила:

- значения величин, связанных изображаемой функциональной зависимостью, следует откладывать на осях координат в линейном (рис или нелинейном (например, логарифмическом) масштабах изображения.
- перед построением графика нужно определить, какая из двух величин является независимой переменной, т.е. величиной, значение которой задает сам экспериментатор, и ту величину, которая является функцией - зависит от первой. Соответственно этой логике выбрать систему координат.
- в прямоугольной системе координат независимую переменную (аргумент) следует откладывать на горизонтальной оси X (оси абсцисс), а зависимую от первой величину, которую экспериментатор устанавливает, как функцию - по вертикальной оси Y (оси ординат). Другими словами, по горизонтали откладывается причина (аргумент), а по вертикали - следствие (значение функции).
- при линейном масштабе графика координатные оси должны быть разделены делительными штрихами на равные промежутки, соответствующие выбранному масштабу, и подписаны цифрами с внешней стороны поля графика.
- оси графика должны быть подписаны буквенными обозначениями откладываемых величин и через запятую единицами измерения откладываемых величин. Например: Q, м³/с.
- кривую на графике проводят, не просто соединяя точки, а выбирая преимущественное направление. Кривая должна быть плавной и проходить так, чтобы одинаковое количество точек находилось над кривой и под ней.
- масштаб графика должен выбираться таким образом, чтобы кривая, построенная по точкам, распределилась по всей площади, отведенной для графика.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ


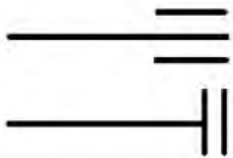
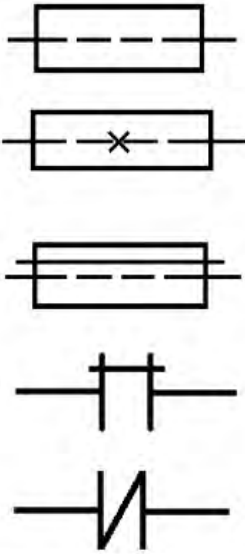
Задание:

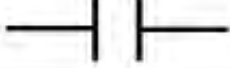
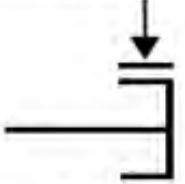
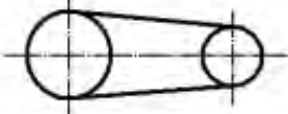
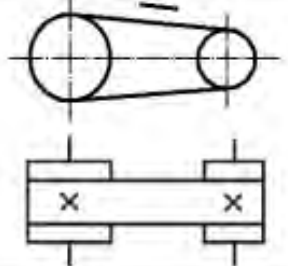
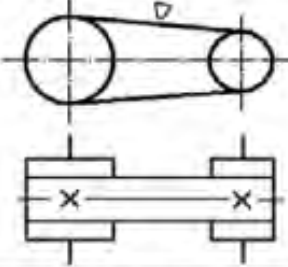
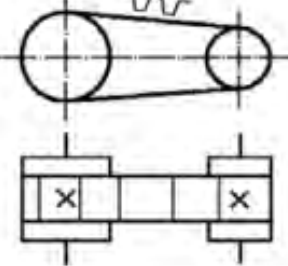
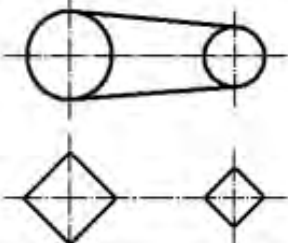
1. Изучить конструкцию типовых деталей машин, устройство передач и их условные обозначения на схемах.
2. Вычертить условные графические обозначения типовых деталей передач в схемах, табл. 1.1.

Теоретические сведения

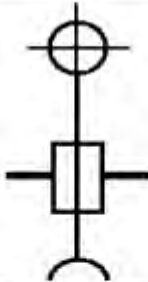
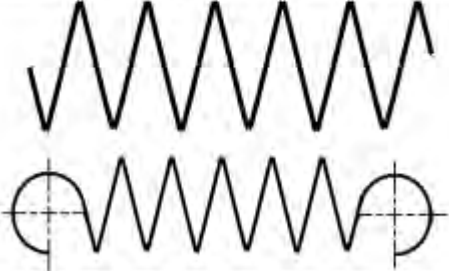
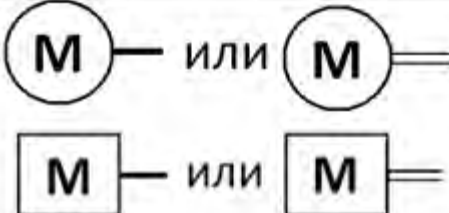
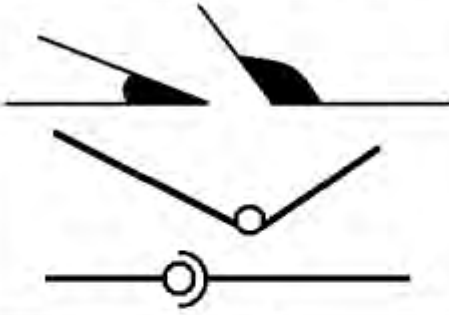
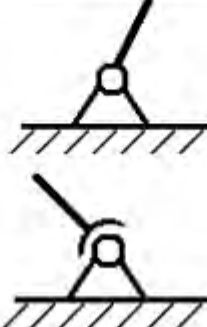
Таблица 1.1

Условные обозначения типовых деталей
и элементов механизмов в кинематических схемах

Наименование	Обозначение
1	2
1. Вал, ось	
2. Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа): а) радиальные б) упорные	
3. Соединения деталей: а) деталь, свободно сидящая на валу б) деталь, сидящая неподвижно на валу на шпонке в) деталь, скользящая на валу по направляющей шпонке (шлицам) г) соединение двух валов глухое д) соединение двух валов эластичное	

1	2
4. Муфта. Общее обозначение без уточнения типа	
5. Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа	
6. Передача ремнем без уточнения типа ремня	
7. Передача плоским ремнем	
8. Передача клиновидным ремнем	
9. Передача зубчатым ремнем	
10. Передача цепью: общее обозначение без уточнения типа цепи	

1	2
<p>11. Передачи зубчатые (цилиндрические)</p> <p>а) внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)</p> <p>б) то же с прямыми и косыми зубьями</p> <p>в) внутреннее зацепление</p>	<p>The drawings in this section show: 1) Front and side views of two meshing gears with an 'x' in the side view. 2) Front and side views of two meshing gears with straight teeth (indicated by horizontal lines) and helical teeth (indicated by diagonal lines), with 'x' in the side view. 3) Front and side views of an internal gear meshing with a smaller gear, with 'x' in the side view.</p>
<p>12. Передачи зубчатые с пересекающимися валами и конические: общее обозначение без уточнения типа зубьев</p>	<p>The drawings in this section show: 1) Front and side views of two meshing gears with intersecting shafts, with 'x' in the side view. 2) Front and side views of two meshing bevel gears, with 'x' in the side view.</p>

1	2
<p>13. Передачи зубчатые со скрещивающимися валами: червячные с цилиндрическим червяком</p>	
<p>14. Пружины: а) цилиндрические сжатия б) цилиндрические растяжения</p>	
<p>15. Двигатель: а) электродвигатель б) тепловой</p>	
<p>16. Соединение стержней: а) жесткое б) шарнирное в) шаровым шарниром</p>	
<p>17. Соединение стержня с неподвижной опорой а) шарнирное с движением в плоскости чертежа б) шаровым шарниром</p>	

3. Вычертить кинематическую схему механизма заданного варианта (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Наименование механизма и его тип	Вариант				
	Мощность двигателя, кВт, и его частота вращения, мин ⁻¹				
	1	2	3	4	5
Мешалка двухвалковая	1,7; 1440	2,2; 960	3,0; 1440	5,0; 960	3,0; 2880
Редуктор зубчатый	1,5; 1440	1,0; 960	0,8; 1440	3,0; 960	1,5; 2880
Редуктор червячный с цепной передачей	1,0; 960	1,1; 1440	2,2; 2880	1,5; 1440	5,5; 2880
Мельница лабораторная	1,0; 960	2,2; 2880	1,7; 1440	0,8; 1440	1,5; 2880
Модель редуктора	0,8; 1440	1,0; 960	0,2; 2880	1,1; 1440	1,5; 960
Двухступенчатая коробка скоростей	2,0; 960	2,8; 1400	1,7; 960	4,5; 1440	3,2; 2880

4. Определить основные параметры элементов передач, их геометрические размеры, основные характеристики механизма, моменты на валах.

Общие сведения о механизмах приводов

Привод к рабочему оборудованию часто представляет собой отдельные устройства, содержащие различные группы механических передач, назначение которых состоит в преобразовании параметров движения двигателя и передаче их рабочему органу машины.

Таким образом, введение механической передачи (как промежуточного звена между двигателем и рабочим органом машины) связано с необходимостью:

а) получить значительный вращающий момент (силу) на рабочем органе машины;

б) иметь оптимальную частоту вращения (скорость движения) рабочего органа.

Для привода рабочего органа машины в основном используются понижающие передачи.

В каждой передаче различают два вала: входной (ведущий) и выходной (ведомый) с частотами вращения соответственно n_1 , мин^{-1} , и n_2 , мин^{-1} .

Основные параметры передач

Мощность на входе $P_1 = P_{\text{дв}}$, на выходе $P_{\text{вых}}$, кВт.

Частота вращения на входе $n_1 = n_{\text{дв}}$ и на выходе – n_2 , мин^{-1} .

Вращающий момент на входе $T_1 = T_{\text{дв}}$ и на выходе – $T_{\text{вых}}$, Н·м.

Передаточное число передачи u .

Общий коэффициент полезного действия (КПД) привода $\eta_{\text{общ}}$.

Методические указания к выполнению работы

На первом этапе работы на натуральных образцах изучаются типовые детали машин, основные типы механических передач и устройства и вычерчиваются их условные обозначения. В последующем необходимо знакомиться с конструкцией, принципом работы заданного механизма, составляют кинематическую схему, снабдив ее обозначениями и характеристиками.

1. Определение конструктивных параметров передач:

а) для зубчатой и цепной передач производится подсчет чисел зубьев $z_{1(2)}^I$; $z_{1(2)}^{II}$; $z_{1(2)}^{III}$ и т. д.;

б) для червячной пары подсчитывается число зубьев червячного колеса и устанавливается заходность червяка $z_{\text{ч}}$. Обычно $z_{\text{ч}} = 1-4$.

При наличии в приводе ременной передачи производят замеры наружных диаметров шкивов.

2. Определение передаточных чисел:

а) для зубчатых и цепных передач

$$u^I = \frac{z_2^I}{z_1^I}; \quad u^{II} = \frac{z_2^{II}}{z_1^{II}} \quad \text{и т. д.};$$

б) для червячной пары

$$u_{\text{ч}} = \frac{z_{\text{к}}}{z_{\text{ч}}};$$

в) для ременной передачи

$$u_{\text{р}} = \frac{D_2}{D_1}.$$

3. Определение общего передаточного числа механизма (привода), так, например, для трехступенчатого зубчатого механизма

$$u_{\text{общ}} = u^I u^{\text{II}} u^{\text{III}}.$$

Здесь и везде далее индекс 1 присваивается всем параметрам ведущего звена передачи, индекс 2 – параметрам ведомого звена передачи. Индексы I, II, III и т. д. указывают на соответствующие ступени привода.

Для привода, включающего червячную, ременную и цепную передачи:

$$u_{\text{общ}} = u_{\text{р}} u_{\text{ч}} u_{\text{ц}}.$$

4. Установление числа оборотов валов механизма (привода). Используя данные о частоте вращения двигателя и полученные значения передаточных чисел отдельных передач, входящих в механизм, определяют частоту вращения валов, следующих после двигателя.

Частота вращения второго вала

$$n_2 = \frac{n_{\text{дв}}}{u^I};$$

частота вращения третьего вала

$$n_3 = \frac{n_2}{u^{\text{II}}} \quad \text{или} \quad n_3 = \frac{n_{\text{дв}}}{u^I u^{\text{II}}} \quad \text{и т. д.}$$

Частота вращения выходного вала

$$n_{\text{вых}} = \frac{n_{\text{дв}}}{u_{\text{общ}}}$$

5. Определение общего КПД привода с учетом КПД отдельных механических передач, входящих в привод, а также КПД опорных устройств:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{зуб}}^i \eta_{\text{п}}^j \eta_{\text{р}} \eta_{\text{ц}} \eta_{\text{ч}},$$

где i, j – количество зубчатых пар и пар подшипников.

Значения КПД для передач и опорных устройств:

зубчатые передачи $\eta_{\text{зуб}} = 0,97-0,98$;

подшипники качения – одна пара $\eta_{\text{п}} = 0,99$;

подшипники скольжения $\eta_{\text{пск}} = 0,92-0,94$;

ременная передача $\eta_{\text{р}} = 0,95-0,96$;

цепная передача $\eta_{\text{ц}} = 0,95-0,96$;

червячная передача $\eta_{\text{ч}} = 0,72-0,92$.

6. Определение мощности на валах привода.

На выходном валу

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{дв}} \eta_{\text{общ}}, \text{ кВт.}$$

На промежуточных валах потери мощности устанавливаются с учетом потерь в кинематической цепи от двигателя до рассматриваемого вала привода.

7. Нахождение значений вращающих моментов на валах $T_{\text{дв}}$, T_2 и т. д. На валу двигателя

$$T_{\text{дв}} = 9,55 \frac{P_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}}, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

На n -м валу T_n устанавливается с учетом вращающего момента на предыдущем валу T_{n-1} с учетом передаточного числа ступени u_{n-1} и потерь на ступенях до рассматриваемого вала:

$$T_n = T_{n-1} u_{n-1} \eta_n, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

8. Заполнение сводной таблицы (табл. 1.3) основных параметров механизма.

Таблица 1.3

Основные параметры привода

Номер вала	n , мин ⁻¹	P , кВт	T , Н·м	u	η

Лабораторная работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Задание к лабораторной работе

1. Изучить назначение, устройство и принцип работы основных элементов объемного гидропривода.
2. Изучить условные обозначения основных элементов объемного гидропривода.
3. Вычертить принципиальную гидравлическую схему объемного гидропривода (рис. 1.1.).
4. Произвести расчет производительности и мощности насоса в соответствии с вариантом задания (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Параметры		Варианты задания

	Обозначение	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рабочий объем насоса, см ³	$V_{но}$	10	25	20	25	40	63	50	63	80	100
Частота вращения вала насоса, с-1	n_n	25	30	25	25	17	18	30	27	17	35
Давление рабочей жидкости, МПа:	P_n	6,3	10	16	6,3	10	12,5	20	16	6,3	20
КПД гидромеханический насоса	$\eta_{н мех}$	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,89
КПД объемный насоса	$\eta_{но}$	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,83	0,84

Объемным гидроприводом называется совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством рабочей жидкости, находящейся под давлением. Гидропривод состоит из насоса (одного или нескольких насосов), гидродвигателей (возвратно-поступательного или вращательного действия), контрольно-регулирующей и распределительной гидроаппаратуры, гидробака, фильтров и охладителей (средств, сохраняющих качество рабочей жидкости), трубопроводов.

На рисунке 1.1 изображена принципиальная гидравлическая схема изучаемого объемного гидропривода, состоящего из двигателя 1 для привода вала насоса 2, предохранительного гидроклапана 3 для контроля давления в трубопроводе на выходе из насоса, гидрораспределителей 4,5, предохранительных гидроклапанов 6,7 для предохранения от гидроударов гидромотора 8, дросселя 9, обратного гидроклапана 10, гидроцилиндра 11, фильтра 12 для очистки рабочей жидкости, предохранительного гидроклапана 13 для контроля давления в сливной магистрали (в случае засорения фильтра), гидробака 14.

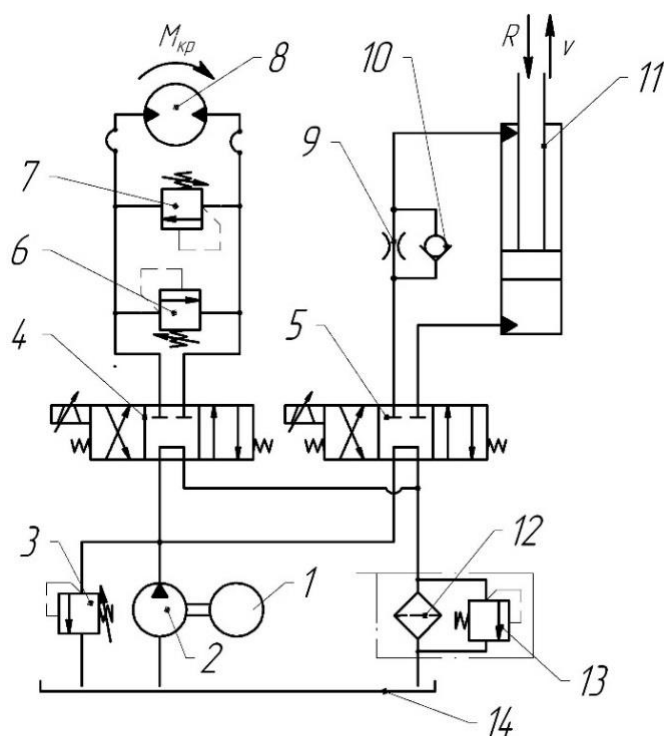


Рисунок 1.1. Принципиальная гидравлическая схема объемного гидропривода

Насос 2 предназначен для преобразования механической энергии входного вала, приводимого от двигателя 1 (электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания), в гидравлическую энергию потока рабочей жидкости. При этом величина давления на выходе из насоса зависит от совокупности сопротивлений, встречаемых потоком рабочей жидкости на пути от насоса до гидробака. В случае, когда оба гидрораспределителя 4 и 5 находятся в нейтральной позиции (на рисунке 1 гидрораспределители подключены в нейтральной позиции), поток рабочей жидкости от насоса 2 проходит в гидробак через фильтр (холостой режим работы).

В случаях, когда один или оба гидрораспределителя 4,5 переводятся из нейтрального в любое рабочее положение (необходимо мысленно перенести крайний правый или левый квадрат позиции гидрораспределителя на место нейтральной позиции и совместить стрелки, указывающие направление потоков, с подводщими гидролиниями) – в работу включатся соответственно один или оба гидродвигателя (гидромотор 8 и гидроцилиндр 11). Направление движения гидродвигателей (вращение вала гидромотора в сторону по часовой стрелке или против часовой стрелке, выдвижение или втягивание штока гидроцилиндра) зависят от включения рабочих позиций гидрораспределителей 4, 5.

В случае, когда в рабочие позиции включены два гидрораспределителя, одновременная работа гидродвигателей возможна только при одинаковых потребных давлениях. При неравных потребных давлениях на входах в гидромотор и гидроцилиндр их совместная работа невозможна, так как весь

поток рабочей жидкости будет уходить в сторону меньшего сопротивления. Это означает, что выходное звено более нагруженного гидродвигателя (шток гидроцилиндра или вал гидромотора) не будет перемещаться, а весь поток жидкости будет совершать работу по перемещению менее нагруженного выходного звена второго гидродвигателя.

Если в гидроприводе давление превышает допустимое значение, срабатывает предохранительный гидроклапан 3, отводящий часть потока рабочей жидкости от насоса в гидробак (режим перегрузки, обеспечивающий ограничение давления в гидроприводе и защиту его элементов от разрушения).

Для обеспечения плавности перемещения штока гидроцилиндра (при передвижении грузов) в гидроприводах используются замедлительные устройства, обычно состоящие из дросселя 9 и обратного клапана 10. При выдвигании штока гидроцилиндра 11 вверх жидкость из штоковой полости будет вытесняться через дроссель 9, который представляет собой гидравлическое сопротивление и обеспечивает плавность хода. Движение штока в противоположном направлении осуществляется при подаче жидкости в штоковую полость гидроцилиндра через дроссель 9 и обратный клапан 10, что обеспечивает увеличение скорости перемещения штока.

Два предохранительных гидроклапана 6 и 7 обеспечивают защиту гидромотора 8 от гидроударов при внезапном торможении привода (резком перемещении золотника гидрораспределителя из рабочей позиции в нейтральную).

Очистку рабочей жидкости от загрязнений (абразивов, продуктов изнашивания) в гидроприводах обеспечивают фильтры различного конструктивного исполнения.

Гидродвигателями называются устройства, предназначенные для преобразования гидравлической энергии потока рабочей жидкости в механическую энергию их выходного звена.

Гидродвигатели, выходные звенья которых совершают линейные возвратно-поступательные движения, называются гидравлическими цилиндрами (гидроцилиндрами). Выходными звеньями гидроцилиндров являются штоки.

Гидродвигатели, выходные звенья которых совершают вращательные движения, называются гидравлическими моторами (гидромоторами). Выходными звеньями гидромоторов являются валы.

В зависимости от угла поворота выходного звена гидромоторы подразделяются на полно- ($\alpha > 360^\circ$) и неполноповоротные ($\alpha < 360^\circ$).

Гидромашины, в которых рабочий процесс основан на использовании кинетической энергии жидкости, называют динамическими, а машины, в которых процесс основан на использовании потенциальной энергии жидкости - объемными.

Основной особенностью объемных гидромашин является то, что они содержат, по крайней мере, одну рабочую камеру, объем которой изменяется в течение рабочего цикла. При этом каждая рабочая камера содержит

подвижный элемент - вытеснитель, предназначенный для изменения ее объема. В качестве вытеснителей могут служить поршни, плунжеры, зубья шестерен, ролики, пластины, мембраны и т.д.

В процессе работы объемной гидромашины каждая ее рабочая камера поочередно сообщается с линией низкого и высокого давления, т.е. со всасывающей и нагнетательной линиями, а у двигателей – с линией высокого давления и с линией слива.

Величина развиваемого насосом давления зависит от сопротивления потребителя (гидродвигателя) и соединительных трубопроводов.

Величина потребляемого гидродвигателем давления рабочей жидкости зависит от величины реализуемой им нагрузки на выходном звене.

В гидроприводах мобильных машин применяют роторно-вращательные и роторно-поступательные насосы и гидромоторы, которые по виду рабочих органов разделяют на шестеренные, шиберные (пластинчатые) и поршневые. Различают радиальные и аксиальные роторно-поршневые гидромашины. По конструкции механизма передачи движения радиально-поршневые гидромашины классифицируют на кулачковые и кривошипные, а аксиально-поршневые – с наклонным блоком цилиндров и с наклонным диском.

Роторные гидромашины могут быть выполнены с нерегулируемым и регулируемым рабочим объемом и предназначены для работы как в режиме объемного насоса, так и в режиме объемного гидромотора с реверсивным и нереверсивным направлениями вращения вала, и с реверсивным и нереверсивным направлениями движения потока рабочей жидкости.

В объемных гидроприводах мобильных машин широко применяют обратимые аксиально-поршневые гидромашины, предназначенные для использования как в режиме насоса, так в режиме гидромотора.

Рабочим объемом насоса называется разность наибольшего и наименьшего значений его замкнутого объема за оборот вала. Фактически рабочий объем представляет собой объем вытесненной из насоса рабочей жидкости за один оборот его вала, и измеряется в сантиметрах кубических за один оборот – см³/об.

Количество рабочей жидкости, подаваемой насосом в систему за единицу времени, называется его подачей.

Если известен рабочий объем насоса $V_{но}$ и частота вращения его вала n_n , его идеальную подачу можно определить по формуле:

$$Q_{ид} = V_{но} n_n \quad (1.1)$$

В связи с тем, что между подвижными элементами насоса имеют место утечки рабочей жидкости, фактическая подача будет всегда меньше идеальной, т.е

$$Q_{ф} = V_{но} n_n \eta_{но} \quad (1.2)$$

где $\eta_{но} = \frac{Q_{нф}}{Q_{нид}} = \frac{Q_{нид} - Q_{ну}}{Q_{нид}}$ – объемный КПД насоса,

$Q_{ну}$ – величина утечек через зазоры в насосе.

Мощность, необходимую для привода насоса определяют по формуле

$$N_n = \frac{Q_{нф} p_n}{\eta_{но} \eta_{нмех}} \quad (1.3)$$

где p_n – величина давления на выходе из насоса;

$\eta_{нмех}$ – гидромеханический КПД насоса.

В гидроприводах строительных и дорожных машин наиболее широко используются в качестве насосов шестеренные и аксиально-поршневые, а в качестве гидромоторов – аксиально- и радиально-поршневые.

Шестеренные насосы и гидромоторы – это гидромашины с рабочими камерами, образованными поверхностями зубчатых колес, корпуса и боковых крышек.

Шестеренные гидромашины выполняют с шестернями внешнего или внутреннего зацепления.

Конструкция шестеренного насоса с внешним зацеплением шестерен, представленная на рисунке 1.2, включает две крышки 1, 5, корпус 2, ведущую вал-шестерню 3, ведомую шестерню 7, устанавливаемую в корпусе посредством отверстия 8 на неподвижной оси 6, фиксирующий штифт 9, крепежные элементы 10, 11.

Рабочий процесс шестеренного насоса с внешним зацеплением происходит следующим образом (рисунок 1.3).

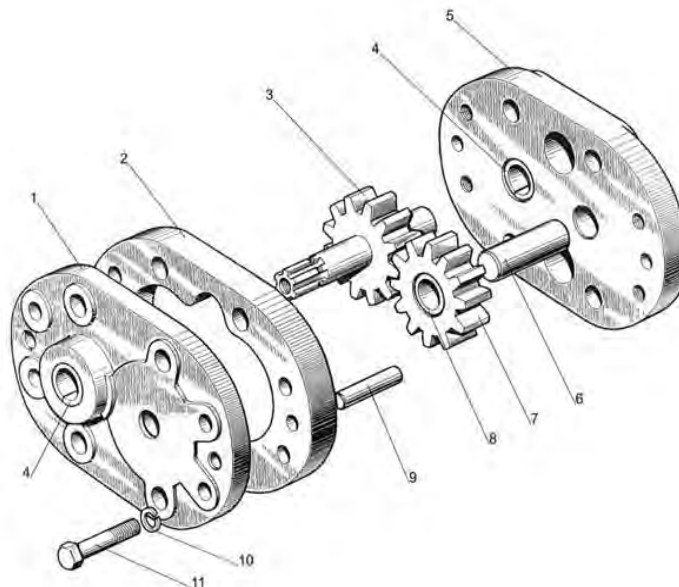


Рисунок 1.2. - Конструкция шестеренного насоса с внешним зацеплением шестерен

Ведущая шестерня 1 приводит во вращательное движение ведомую шестерню 2. При вращении шестерен в противоположные стороны в участке 3, где их зубья выходят из зацепления, увеличивается объем рабочей камеры, что приводит к понижению давления рабочей жидкости до вакуумметрического значения.

За счет образовавшегося перепада давления между гидробаком и всасывающей камерой насоса рабочая жидкость из гидробака будет поступать в межзубьевое пространство шестерен. При дальнейшем движении шестерен рабочая жидкость во впадинах между зубьями переносится из зоны всасывания 3 в зону нагнетания 4, где зубья шестерен, входящие в зацепление, вытесняют жидкость из впадин в нагнетательную гидролинию под давлением, величина которого зависит от сопротивления потребителя и соединительных трубопроводов.

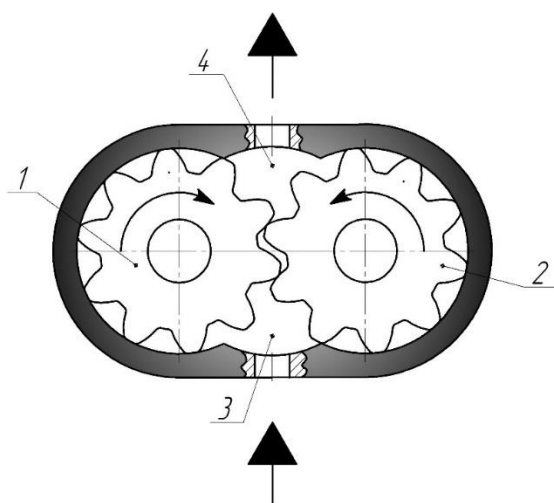


Рисунок 1.3. Насос шестеренный

В радиальной гидромашине однократного действия (рис. 1.4) статор 1 размещен с эксцентриситетом e относительно ротора (блока цилиндров) 2 подвижно. В цилиндрах, радиально выполненных в роторе, установлены плунжеры 3, контактирующие с опорной поверхностью статора. Радиальная гидромашина однократного действия в функции насоса работает следующим образом. При вращении ротора плунжеры совершают сложное движение — вращаются вместе с ротором и за счет центробежных сил прижимаются к направляющей дорожке статора, копируя ее, и совершают возвратно-поступательные движения, обеспечивающие изменение объемов рабочих камер цилиндров. В цилиндрах, проходящих при вращении зону полости (окна) 4, происходит увеличение объемов рабочих камер и заполнение их жидкостью, т.е. процесс всасывания. При переходе цилиндров в зону полости 5 происходит уменьшение объемов их рабочих камер и вытеснение жидкости в нагнетательную линию, т.е. процесс нагнетания.

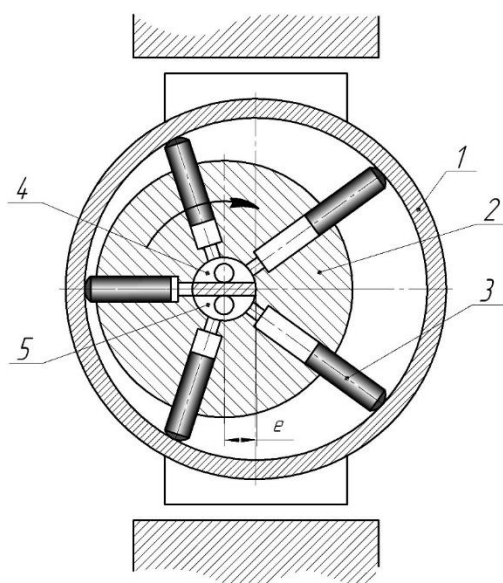


Рисунок 1.4. Радиально-поршневая гидромашина

Регулирование величины рабочего объема радиальных машин однократного действия достигается за счет изменения величины эксцентриситета e .

Работа радиальной гидромашины в функции гидромотора происходит следующим образом. В зависимости от требуемого направления вращения гидромотора рабочая жидкость подается в соответствующую полость (окно) 4 или 5. При этом на каждый из плунжеров, находящихся в зоне окна, через которое подводится рабочая жидкость, действует сила ее давления. В зоне контакта плунжера с наклонной поверхностью направляющей дорожки статора сила давления разлагается на нормальную и тангенциальную составляющие. Под воздействием тангенциальной составляющей происходит вращение ротора и, соответственно, выходного вала гидромашины.

Особенностью устройства радиальных гидромашин многократного действия является то, что их статоры выполнены с профильными направляющими дорожками, а число разделительных поясков на цапфовом распределителе в два раза больше кратности гидромашины.

Для увеличения рабочего объема радиальные гидромашины иногда выполняются многорядными с расположением цилиндров в нескольких параллельных плоскостях.

Аксиальные гидромашины характеризуются тем, что оси их цилиндров параллельны оси вращения блока цилиндров или составляют с ней угол не более 45 градусов.

К положительным качествам аксиальных гидромашин следует отнести:

- высокое рабочее давление (35...70 МПа);
- быстроходность (80...550 с⁻¹);
- малую металлоемкость (0,5...0,6 кг/кВт);

- широкий диапазон регулирования частоты вращения вала гидромотора (1:100 – при переменных и 1:1000 – при постоянных нагрузках);
- возможность работы гидромоторов на низких частотах вращения (до 0,01 с-1);
- большую долговечность (до 12000 ч);
- высокое быстродействие (изменение подачи от нулевой до максимальной и наоборот за 0,04...0,08 с);
- низкие эксплуатационные затраты и быструю окупаемость.

Различают аксиальные гидромашины с наклонным блоком цилиндров и с наклонной шайбой.

На рисунке 1.5 изображены основные элементы конструкции аксиально-поршневой гидромашины с наклонной шайбой.

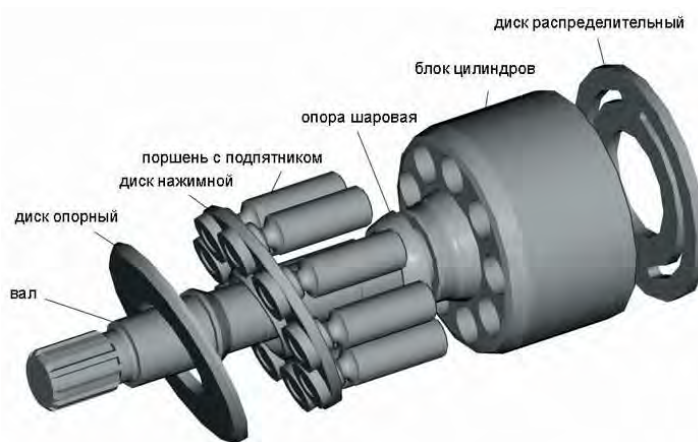


Рисунок 1.5. Элементы конструкции аксиально-поршневой гидромашины с наклонной шайбой

На рисунке 1.6 представлена конструктивная схема аксиально-поршневой гидромашины с наклонной шайбой.

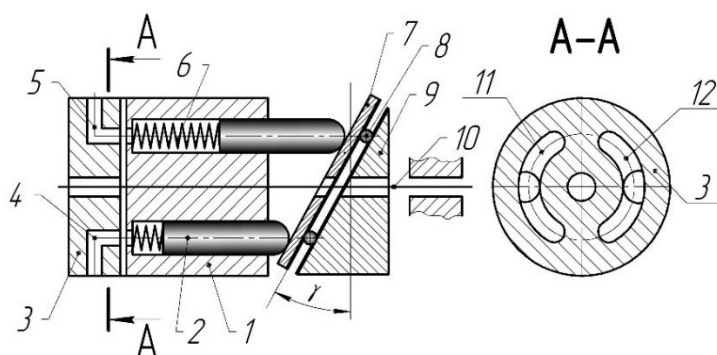


Рис. 1.6. Конструктивная схема аксиально-поршневой гидромашины с наклонной шайбой

Рассматриваемая гидромашина состоит из блока цилиндров 1, плунжеров 2, торцового распределителя 3 с входным и выходным каналами 4, 5, пружин 6, наклонной шайбы 7, установленной на подшипниках 8 опорного диска 9, вала 10.

При работе гидромашин в функции насоса вал 10 приводит во вращение блок цилиндров 1, в котором совершают возвратно-поступательное движение плунжеры 2.

При этом блок цилиндров скользит по неподвижной торцевой поверхности распределителя 3, связывающего аксиальные цилиндрические отверстия блока с входным и выходным отверстиями 4, 5 торцового распределителя 3 посредством серповидных окон 11, 12. Величина хода плунжеров и соответственно – подача насоса – определяются углом наклона γ шайбы 7. Когда плунжеры под воздействием пружин 6 выдвигаются из блока цилиндров и одновременно поворачиваются вместе с блоком, скользя при этом по отверстию 11 торцового распределителя 3, происходит процесс всасывания рабочей жидкости, при их обратном ходе с одновременным скольжением по серповидному отверстию 12 – нагнетания. За один оборот вала каждый плунжер совершает один рабочий цикл.

На рисунке 1.7 представлена конструктивная схема аксиально-поршневой гидромашинны с наклонным блоком цилиндров.

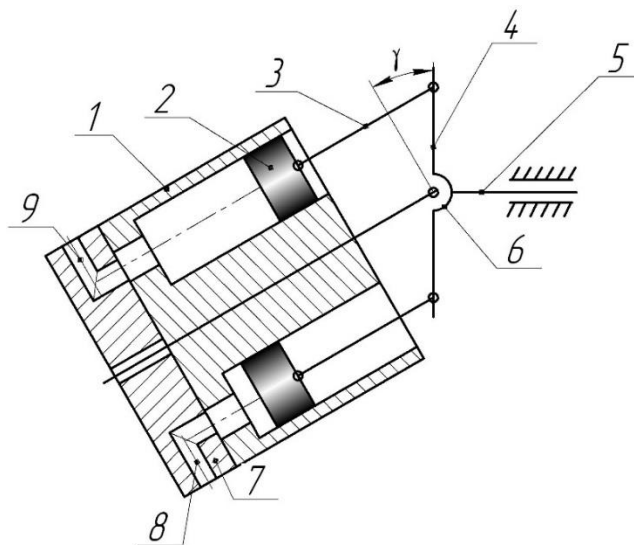


Рисунок 1.7. Аксиально-поршневая гидромашинна с наклонным блоком цилиндров

Гидромашинна состоит из блока цилиндров 1, поршней 2, шатунов 3, фланца 4, связанного с валом 5 посредством карданной передачи 6, торцового распределителя 7 с входным и выходным отверстиями 8, 9.

Благодаря наличию угла наклона γ между блоком цилиндров и фланцем 4 поршни 2 совершают возвратно-поступательное движение при одновременном вращении вокруг оси вала карданной передачи 6. За один

оборот вала каждый поршень совершает один рабочий цикл, состоящий из тактов всасывания и нагнетания рабочей жидкости при работе в режиме насоса, и тактов нагнетания и слива рабочей жидкости при работе в режиме гидромотора.

Гидроцилиндром называется гидродвигатель, выходное звено которого совершает линейные возвратно-поступательные движения. В зависимости от направления реализуемого рабочего (полезного) усилия гидроцилиндры подразделяются на одно- и двухстороннего действия.

На рисунке 1.8 изображена конструкция гидроцилиндра двухстороннего действия.

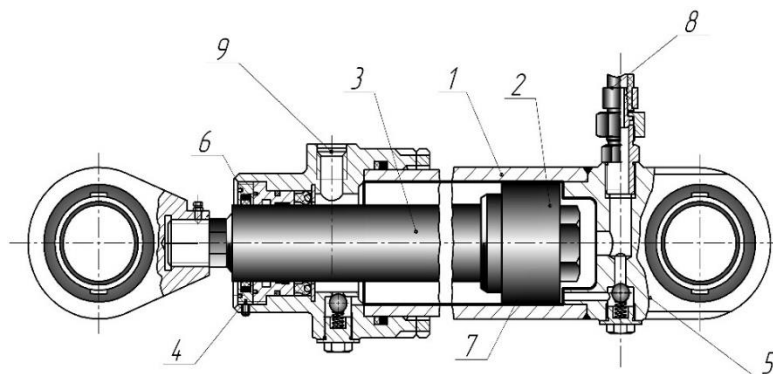


Рисунок 1.8. Гидроцилиндр двухстороннего действия

В гидроцилиндрах двухстороннего действия движение выходного звена (штока) 3 происходит в обе стороны под давлением рабочей жидкости, воздействующей на рабочие поверхности поршня 2,двигающегося в корпусе 1, закрытом с торцевых сторон двумя крышками 4, 5. Уплотнения 6 в крышке 4 предотвращают вытекание рабочей жидкости из штоковой полости корпуса наружу, а уплотнения 7 ограничивают перетекание рабочей жидкости из полости высокого давления в полость низкого давления внутри корпуса гидроцилиндра. К отверстиям 8 и 9, выполненным в крышках, подключаются трубопроводы для сообщения гидроцилиндра с гидролиниями напора и слива.

В гидроцилиндрах одностороннего действия движение выходного звена в одну сторону происходит за счет давления рабочей жидкости, а в противоположную – за счет внешних сил (нагрузки).

Гидравлическими распределителями (гидрораспределителями) называют устройства, предназначенные для изменения направления потока рабочей жидкости в объемных гидроприводах, для пуска и остановки гидродвигателей, обеспечения их реверсивного движения.

В гидроприводах строительных машин наиболее часто используются гидрораспределители золотникового типа. На рисунках 1.9-1.11 представлена конструкция золотникового гидрораспределителя, соответствующая условным обозначениям 4 и 5 на схеме, изображенной на рисунке 1.1.

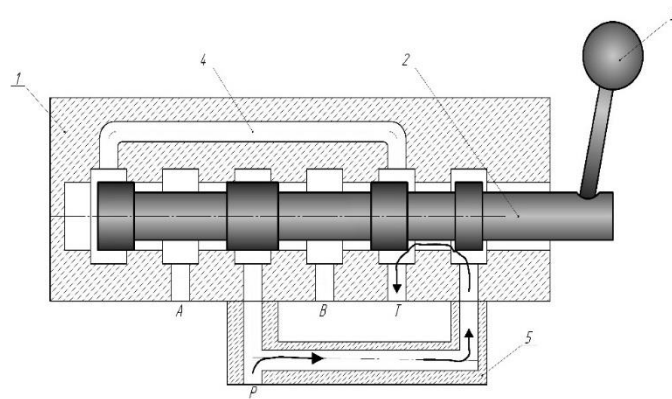


Рисунок 1.9. Гидрораспределитель с золотником, установленным в нейтральную позицию

Гидрораспределитель состоит из корпуса 1, золотника 2 и рычага управления 3. Каналы корпуса, посредством которых гидрораспределитель соединяется с элементами объемного гидропривода, имеют буквенное обозначение. Канал, обозначенный буквой «Р» на рисунках 1.9-1.11 в соответствии со схемой 1.1 подключается к напорной магистрали насоса 2. Каналы А и В – к гидродвигателю (к гидроцилиндру 11 или к гидромотору 8), канал Т – к сливной магистрали, проходящей через фильтр 12.

При установке золотника 2 в нейтральную позицию (см. рис. 1.9) рабочая жидкость проходя в соединение 5 напорного канала Р через зону кольцевых проточек между корпусом и золотником, поступает в канал Т на слив. Гидродвигатель при этом остановлен.

При перемещении золотника в первую рабочую позицию (рис. 1.10) гидродвигатель включается в работу посредством жидкости, поступающей из напорной магистрали через канал Р в канал А, соединенный трубопроводом с рабочей полостью гидродвигателя. Из второй рабочей полости гидродвигателя жидкость через канал В проходит в канал Т на слив в бак.

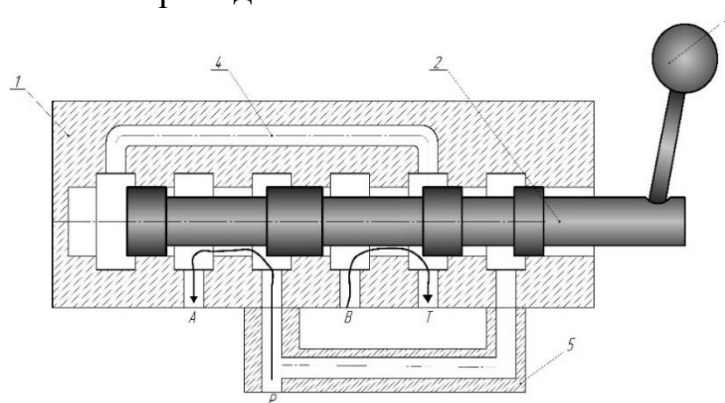


Рисунок 1.10. Гидрораспределитель с золотником, установленным в первую рабочую позицию

При перемещении золотника во вторую рабочую позицию (рис. 1.11) выходное звено гидродвигателя (шток гидроцилиндра или вал гидромотора) совершает реверсивное движение под воздействием жидкости, поступающей из напорного канала Р в канал В. Через канал А жидкость от гидродвигателя сливается по каналу Т в гидробак.

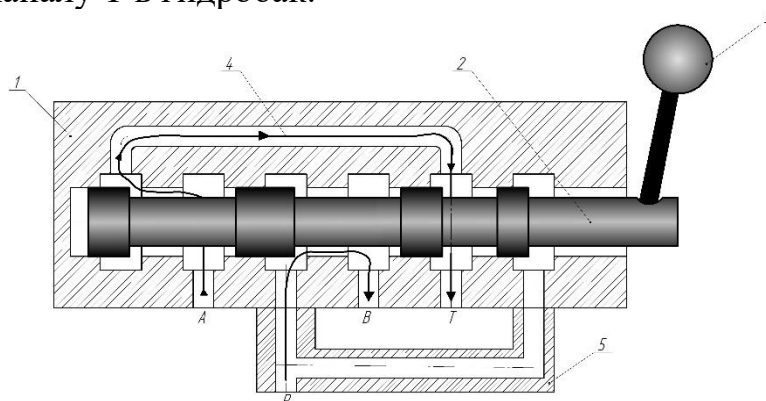


Рисунок 1.11. Гидрораспределитель с золотником, установленным во вторую рабочую позицию

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПРЕССОРНЫХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Цель работы: изучение устройства и технико-эксплуатационных показателей компрессорных и гидравлических станций.

Задание:

1. Изучить устройство, принцип работы компрессорных станций на базе поршневых и винтовых компрессоров, и гидравлических станций.
2. Вычертить принципиальную схему компрессорной станции.
3. Определить производительность и мощность привода компрессорной станции в соответствии с данными по варианту задания.

Таблица 7.1 – Варианты задания

Показатели	Варианты				
	1	2	3	4	5
Марка компрессорной станции	ПКС-5М	ВКС-6	ДК-9М	ЭК-9М	АПКС-6
Степень износа компрессора	новый	старый	старый	новый	старый
Температура окружающего воздуха, t, °С	+20	+10	0	-10	-20
Барометрическое давление, P ₁ , мм рт. ст.	730	770	690	720	650
Рабочее давление, P ₂ , МПа	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8
Частота вращения вала, n, об/мин	730	1200	910	830	870
Число цилиндров	4	4	4	4	4
Число ступеней	2	2	2	2	2
Диаметр цилиндров, D, мм					
1 ступени	200	200	240	240	200
2 ступени	115	115	140	140	115
Ход поршня, S, мм	110	110	130	130	110
Изотермический КПД, $\eta_{из}$	0,75	0,65	0,69	0,74	0,71
Механический КПД, $\eta_{мех}$	0,95	0,81	0,82	0,94	0,85
КПД трансмиссии η_m	0,91	0,84	0,87	0,90	0,88

Общие сведения о конструкции и работе компрессорных и гидравлических передвижных станций

В транспортном строительстве, при ремонтных и отделочных работах дорожного полотна широкое применение получили пневматические и гидравлические инструменты для бурения, резания и разрушения цементобетона, асфальта и прочных грунтов. Появление разнообразного механизированного инструмента с гидро- и пневмоприводом неразрывно связано с развитием конструкций передвижных компрессорных и гидравлических станций в дорожно-строительной области.

Пневматический инструмент более тяжел и шумен, работает только в паре с компрессором, менее подвижен из-за толстого воздухоподводящего трубопровода. Вместе с тем он экологически-, пожаро- и взрывобезопасен, а при работе в стесненном пространстве, лишенном вентиляции, обеспечивает постоянный приток свежего воздуха.

Гидравлический инструмент практически бесшумен (если не считать привода маслонасосной установки), легок, компактен и транспортабелен (благодаря высокому давлению жидкости, гарантирующему малые объем и вес гидростанции). Однако гидроинструмент, соединенный с насосом двумя гибкими трубопроводами, потенциально (в случае аварии) опасен для окружающей среды. Кроме того, эксплуатация гидростанции дороже в сравнении с компрессором по причине использования в качестве рабочего тела дорогих рабочих жидкостей.

Области применения механизированного строительного инструмента:

дрель – разрушение бетона;

перфоратор – сверление бетона;

отбойный молоток – разрушение бетона, асфальта, грунта, уплотнение грунта;

дисковая пила – резка бетона, асфальта, грунта, уплотнение грунта;

строительный пистолет – забивка дюбелей;

насос – откачивание воды.

Компрессорные станции и гидростанции оборудуются автономными двигателями внутреннего сгорания или электродвигателями, главным преимуществом которых является полная независимость инструмента от каких-либо посторонних источников энергии.

Компрессоры предназначены для преобразования механической энергии двигателя в потенциальную энергию сжатого воздуха, применяемого для привода машин и инструментов, оборудованных пневматическим двигателем.

Компрессор вместе с двигателем и обслуживающими их системами образуют компрессорную станцию. Компрессорные станции могут оборудоваться винтовыми и поршневыми компрессорами, которые бывают с одно- и двухступенчатой системой сжатия воздуха.

Принципиальная схема передвижной компрессорной станции на базе поршневого компрессора с двухступенчатой системой сжатия воздуха приведена на рисунке 7.1.

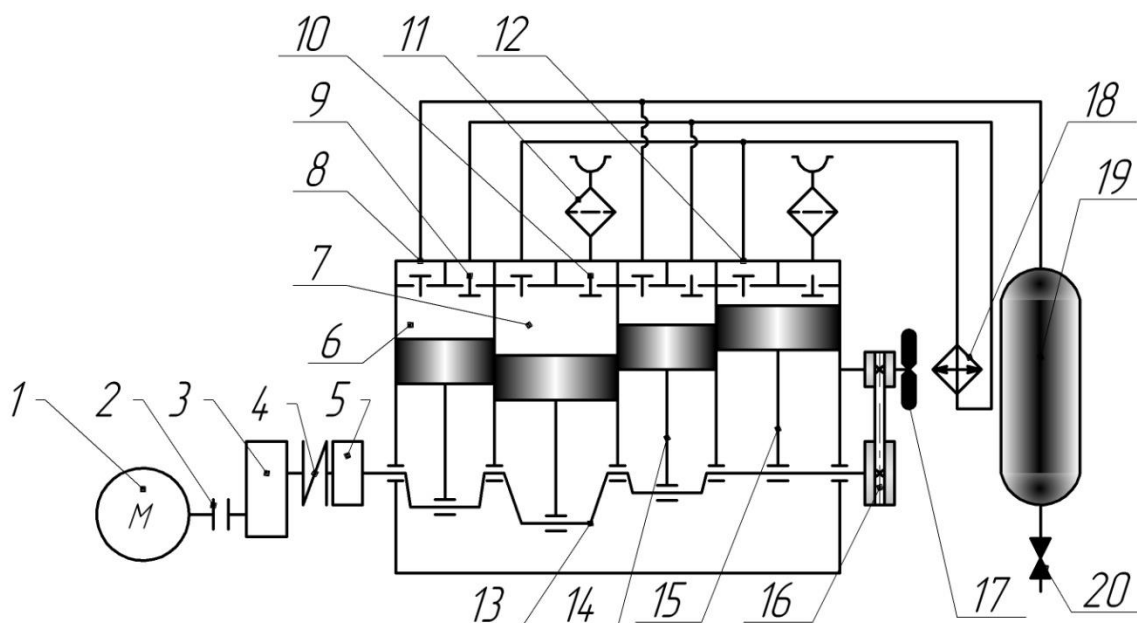


Рисунок 7.1 – Принципиальная схема компрессорной станции на базе поршневого компрессора

Поршни цилиндров 7 первой и 6 второй ступеней сжатия приводятся в возвратно-поступательное движение двигателем 1 посредством коленчатого вала 13 и шатунов 14 и 15. При движении шатуна 15 вниз в верхней части цилиндра первой ступени 7 создается разрежение, в результате которого открывается впускной клапан 10 и атмосферный воздух, пройдя через воздухоочиститель 11 поступает в цилиндр. Когда шатун придет в крайнее положение, увеличение объема надпоршневого пространства прекратится и закроется впускной клапан 10. При дальнейшем вращении коленчатого вала шатун 15 пошлет поршень вверх и начнет сжимать воздух в надпоршневом пространстве.

Когда давление воздуха в надпоршневом пространстве достигнет величины 0,28...0,32 МПа, откроется выпускной клапан 8 и воздух через воздухоохладитель начнет поступать через всасывающий клапан 8 в цилиндр второй ступени 6. Работа цилиндра второй ступени выполняется аналогично, однако воздух в него из воздухоохладителя через всасывающий клапан поступает под давлением 0,28...0,32 МПа, а нагнетается через выпускной клапан в воздухоотборник 19 при достижении давления 0,7...0,72 МПа.

Впускные и выпускные клапаны цилиндров первой и второй ступеней сжатия закрыты сверху головками 12 цилиндров, снабженными перегородками, разделяющими впускное и выпускное пространства.

Для обеспечения более равномерного движения коленчатого вала 13 на нем закреплен маховик 5, выполненный совместно с упругой муфтой 4.

Для обеспечения безопасной работы воздухоохладитель и воздухохоборник оснащены предохранительными клапанами, отрегулированными соответственно на давление 0,32...0,72 МПа.

Воздухохоборник снабжен шестью штуцерами с вентиляторами для подсоединения гибких трубопроводов для подачи сжатого воздуха к пневматическим инструментам. Для контроля работы компрессорной станции на щитке приборов установлены манометры, показывающие давление воздуха в воздухоочистителе и воздухохоборнике.

Общий вид передвижной компрессорной станции на базе винтового компрессора представлен на рисунке 7.2.

Конструкция винтового компрессора представлена на рисунке 7.3.

Винтовой компрессор состоит из следующих основных деталей: корпуса компрессора 1, входного вала с ведущим винтовым ротором 2, ведомого винтового ротора 3, подшипников 4, шестерен 5, уплотнений.



Рисунок 7.2 – Передвижная компрессорная станция на базе винтового компрессора

На средней утолщённой части роторов 2 и 3 нарезаны винты – наиболее сложные и точные детали винтового компрессора. Вращение винтовых роторов 2 и 3 синхронизируется шестернями 5, посаженными на валах роторов.

Винты современных винтовых компрессоров представляют собой цилиндрические косозубые крупные модульные шестерни с зубьями специального профиля.

Профили зубьев парных винтов подбираются таким образом, чтобы они при взаимной обкатке сопрягались с минимальными, но безопасными для движения роторов зазорами.



Рисунок 7.3 – Компрессор винтовой

В свою очередь вершины зубьев, при вращении винтов, описывающие цилиндрические поверхности, образуют с корпусом также сопряжение с минимальными зазорами.

Величина этих зазоров является одним из основных факторов, определяющих экономичность винтовых машин.

В винтовых компрессорах отсутствуют клапаны или какие-либо другие распределительные органы. Они не имеют также деталей и конструкций, совершающих возвратно- поступательное движение.

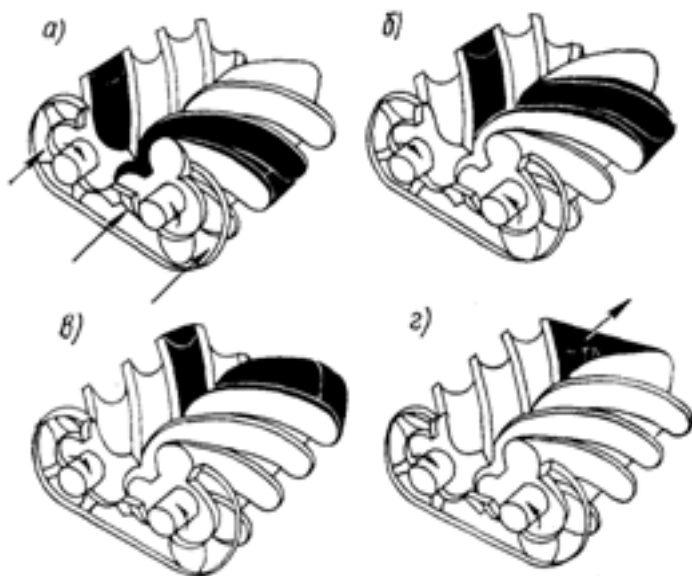
Расточки корпуса в участках, где установлены винты, в поперечном сечении образуют фигуру в виде восьмёрки. Внутреннее пространство корпуса с одного торца сообщается посредством окна всасывания с патрубком всасывания, с другого – посредством окна нагнетания с патрубком нагнетания. Окна всасывания и нагнетания расположены диаметрально противоположно по диагонали корпуса.

Окна всасывания и нагнетания, расположенные с торцов корпуса, имеют в поперечном сечении форму двух соприкасающихся разомкнутых кольцевых секторов.

Последовательность рабочего процесса в винтовом компрессоре представлена на рисунке 7.4. При вращении винтов на стороне выхода зубьев из зацепления постепенно, начиная от торца всасывания, освобождаются впадины между зубьями. Эти впадины, образуя с внутренней поверхностью корпуса рабочие полости с непрерывно изменяющимся объемом, благодаря создаваемому в них разрежению заполняются газом, поступающим через окно из камеры всасывания (см. рисунок 7.4, а). В тот момент, когда объем рабочих полостей в результате вращения винтов достигнет максимальной величины; пройдя окно всасывания, они разъединяются с камерой всасывания. Объёмы газа (воздуха), ограниченные поверхностями винтов и корпусом, разобщенные с камерой всасывания, но ещё не достигшие камеры нагнетания, сжимаются по мере входа зуба ведомого винта во впадину ведущего (см. рисунок 7.4, б). Полости ведущего и ведомого винтов, соединенные между собой, образуют одну общую парную полость. Зуб ведущего винта заполняет полость ведомого, что вызывает интенсивное сжатие газа (воздуха) в парной рабочей полости. Процесс сжатия газа в рабочей полости продолжается до тех пор, пока всё уменьшающийся её объём со сжатым газом не подойдёт к кромке окна нагнетания (см. рисунок 7.4, в). В этот момент процесс внутреннего сжатия газа в компрессоре заканчивается. Величина внутреннего сжатия газа в винтовом компрессоре зависит во многом от параметров окна нагнетания: с уменьшением объема камеры нагнетания внутреннее сжатие газа будет увеличиваться, с увеличением – уменьшаться. При дальнейшем вращении винтов, после соединения парной полости со сжатым газом с камерой нагнетания, происходит процесс выталкивания газа (см. рисунок 7.4, г).

Для охлаждения сжатого газа (воздуха) в маслозаполненных компрессорах используется подача масла в значительном количестве в

полости сжатия. Подача масла осуществляется через масляный штуцер в корпусе со стороны всасывания в момент начала образования парной рабочей полости. Газ (воздух), выходящий из компрессора охлаждается в трубчатом теплообменном аппарате, где охлаждающим веществом является вода.



а – всасывание воздуха, б – сжатие, в – окончание внутреннего сжатия, г – вытеснение воздуха

Рисунок 7.4 – Последовательность рабочего процесса в винтовом компрессоре

Общий вид гидравлической станции со сменным рабочим инструментом представлен на рисунке 7.5.

На раме гидростанции базируется приводной двигатель 1, насосный блок с гидробаком и системой охлаждения 3. Гидроинструмент соединяется с насосной станцией двумя гибкими трубопроводами 4, оборудованными быстроразъемными соединениями (гидромуфтами) 5 для подключения различных видов гидроинструментов 6, что позволяет обеспечить высококачественное и надёжное соединение и смену инструмента практически без утечек рабочей жидкости. Для удобства транспортирования станция оборудована колёсами 2, поэтому способна перемещаться по территории проведения работ одним или двумя рабочими, и транспортироваться на другие объекты в кузове легкового или грузового

автомобиля. Выпускаются модели гидравлических станций с возможностью работы как одним инструментом, так и одновременной работой двух инструментов.

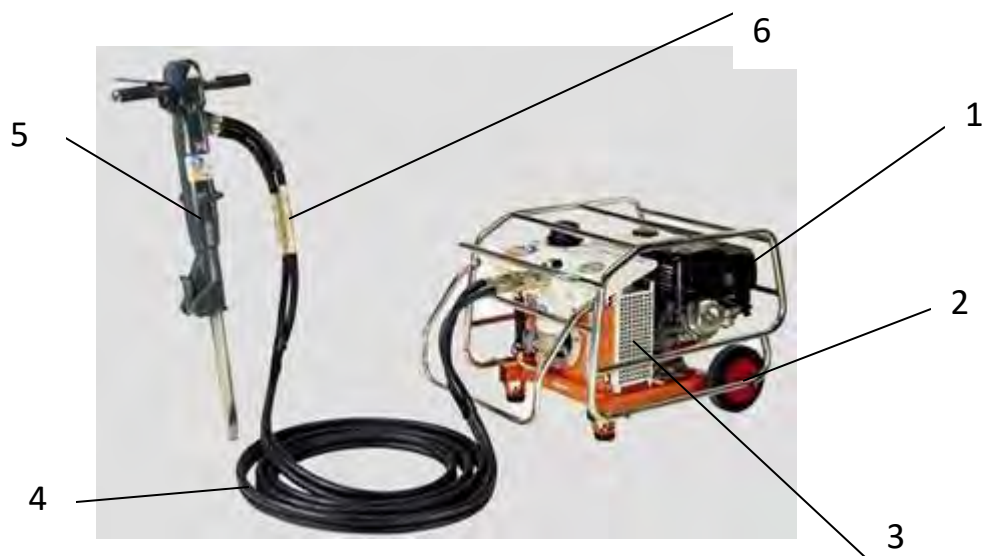


Рисунок 7.5 – Гидравлическая станция со сменным рабочим инструментом

На рисунке 7.6 представлена принципиальная гидравлическая схема передвижной гидростанции.

Насос 1, приводимый в работу двигателем 2, подает рабочую жидкость под давлением, контролируемым манометром 3, через регулируемый гидродроссель 4, установленный в гидроклапанной коробке 5, к гидрораспределителю 6, соединенному двумя трубопроводами с быстроразъемными муфтами 7 для подключения гидроинструмента. Когда гидрораспределитель 6 установлен в нейтральное положение, гидроинструмент находится в состоянии готовности к работе, но не приводится в движение. В крайние рабочие положения гидрораспределитель 6 переключается посредством электромагнитов, оборудованных кнопками, находящимися на панели управления гидростанции. Слив рабочей жидкости осуществляется через маслоохладитель 8 и фильтр 10 в гидробак 12. Гидростанция оборудована системой предохранительных клапанов 5, 9, 11, через которые осуществляется отвод рабочей жидкости в гидробак с целью снижения давления в гидросистеме при повышенных нагрузках и в аварийных ситуациях. Скорость движения (или частота вращения) выходных звеньев гидроинструмента контролируется регулируемым дросселем 4.

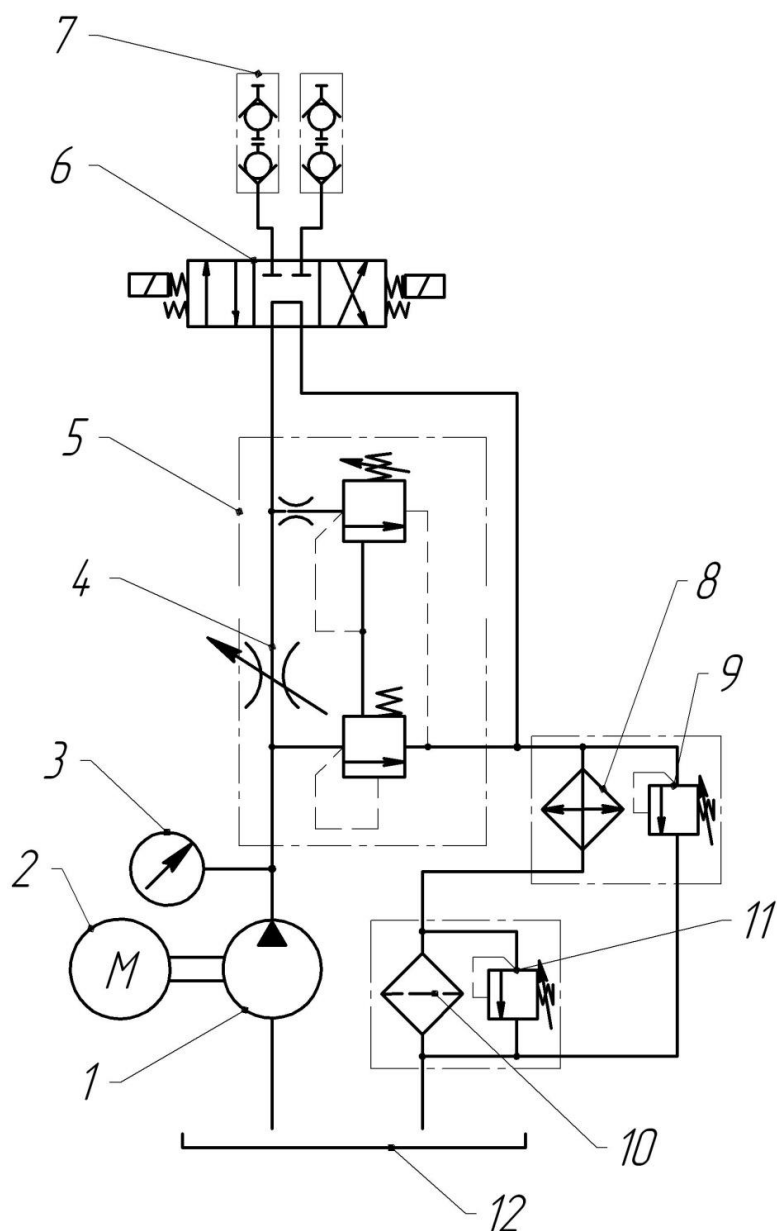


Рисунок 7.6 – Принципиальная гидравлическая схема передвижной гидростанции

Гидравлические станции комплектуются следующим набором гидравлического рабочего инструмента:

- молоток гидравлический отбойный,
- пила дисковая гидравлическая,
- помпа погружная шламовая,
- машинка шлифовальная угловая,
- ручное гидравлическое сверло,
- гайковерт.

Ручные гидравлические отбойные молотки предназначены для разрушения бетона, асфальтобетона, кирпичных и каменных кладок, горных пород, оптимальны при проведении аварийно - спасательных работ.

Современными конструкторами дорожных машин большое внимание уделяется снижению шума и вибрации. Отдельные модели гидравлических станций оборудуются специальными рукоятками, поглощающими вибрацию и снижающими риск повреждения суставов оператора.

Погружные насосы (помпы) являются высокоэффективным оборудованием для откачки жидкости с примесью твердых частиц с крупностью до 10 мм. Насос (помпа) может быть использован для выполнения различных работ, таких, как аварийная откачка жидкостей в туннелях, подвалах, траншеях.

Гидравлические дисковые пилы являются мощным, надёжным, лёгким в использовании инструментом для резки металла, бетона и асфальтобетона, с диаметром алмазного диска от 300 до 400 мм. Пилы могут быть установлены на специальную тележку, которая оснащается комплектом для водяного охлаждения алмазного инструмента.

Методические указания по определению производительности и мощности привода компрессорной станции

Производительность поршневого компрессора определяется по формуле:

$$Q = FS\lambda mni, \quad \text{м}^3/\text{мин} \quad (7.1)$$

где F - площадь поршня первой ступени сжатия, м^2 ($F = \frac{\pi D^2}{4}$, где D – диаметр поршня первой ступени сжатия);

S – ход поршня первой ступени сжатия, м;

λ – коэффициент подачи компрессора;

m – число цилиндров первой ступени сжатия;

n – число оборотов вала, мин;

i – коэффициент, зависящий от способа действия компрессора (для компрессоров простого действия, сжатие воздуха в которых происходит только с одной стороны поршня, $i = 1$, для компрессоров двойного действия, сжатие воздуха в которых происходит с двух сторон поршня $i=2$).

Коэффициент подачи компрессора λ зависит от давления в результате обратного расширения воздуха, сжатого во вредном пространстве, и от сопротивления в воздухопроводах и клапанах. Значения коэффициента подачи λ при значениях вредного пространства, равных 4% от объема цилиндра, приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Значения коэффициента подачи поршневого компрессора

Тип компрессора	Давление воздуха на выходе из компрессора, МПа						
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Одноступенчатый							
новый	0,90	0,88	0,85	0,83	0,81	0,80	0,78
старый	0,80	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,70
Двухступенчатый							
новый	-	-	-	-	0,91	0,91	0,90
старый	-	-	-	-	0,81	0,81	0,80

Производительность компрессора выражается в единицах объема воздуха, приведенного к нормальным условиям, т.е. к давлению 760 мм ртутного столба и к температуре 0° С.

Приведенная к нормальным условиям производительность компрессора:

$$Q_i = Q \frac{133,3H - h}{101333(1 + \alpha t)} \quad (7.2)$$

где Q – действительная производительность компрессора, м³/мин,

H – барометрическое давление, мм. рт. ст.,

h – упругость паров воды при действительной температуре окружающего воздуха, Па,

t – действительная температура окружающего воздуха, °С.

$$\alpha = \frac{1}{273^\circ}.$$

Значения h для различных температур приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 - Значения упругости паров воды

Температура окружающего воздуха, °С	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
Упругость паров воды, Па	122	172	257	384	565	800	1023	1560	2140	2880

Мощность, потребляемая компрессором

$$N = \frac{Q_H L}{60\eta}, \text{ кВт}, \quad (7.3)$$

где Q_H – производительность компрессора, приведенная к нормальным условиям, м³/мин;

η – коэффициент полезного действия компрессора;

L – работа компрессора, затрачиваемая при изотермическом сжатии в цилиндрах до конечного давления 1 м³ воздуха.

$$L = 2303P_1 \lg \frac{P_2}{P_1}, \text{ кДж/м}^3, \quad (7.4)$$

где P_1 и P_2 – соответственно начальное (барометрическое) и конечное (рабочее) давление, МПа.

Коэффициент полезного действия компрессора

$$\eta = \eta_{из} \eta_{мех}, \quad (7.5)$$

где $\eta_{из}$ – изотермический КПД, представляющий собой отношение теоретической работы сжатия при изотермическом процессе к работе сжатия по индикаторной диаграмме;

$\eta_{мех}$ – механический КПД.

Модность приводного двигателя

$$N_{дв} = \frac{N}{\eta_m}, \text{ кВт}, \quad (7.6)$$

где η_m – КПД трансмиссии.

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА БЫСТРОМОНТИРУЕМОГО БАШЕННОГО КРАНА

Задание к лабораторной работе

1. Изучить общее устройство крана.
2. Изучить схему монтажа крана.

3. Изучить схему запасовки грузового каната.
4. Изучить схему запасовки тягового каната.
5. Изучить схему запасовки монтажного каната.
6. Вычертить схему общего вида башенного крана.
7. Вычертить схему запасовки каната (по заданию преподавателя).

Описание устройства башенного крана

Быстромонтируемым башенным краном называют краны с оперативным временем монтажа не более 30 мин. Конструкция таких кранов обеспечивает установку крана в рабочее состояние и перевод крана в транспортное положение с помощью собственных механизмов без разборки его на отдельные узлы и сборочные единицы. Они могут устанавливаться стационарно на фундаменте или специальной крестовине с пригрузами бетонными блоками, выполняться на самоходном шасси, прицепными, на рельсовом ходу.

Монтаж и демонтаж крана заключается в раскладывании башни и стрелы и перевод башни в вертикальное положение – перед началом работ и складывании стрелы и телескопировании башни с переводом в транспортное положение – после окончания работы на строительном объекте.

На рисунке 6.1 приведен общий вид быстромонтируемого башенного крана. Кран может устанавливаться на бетонных блоках стационарно или на рельсовый путь.

Кран состоит из несущей рамы 1 и балок 2, образующих опорную крестовину, опорно-поворотного устройства 3, поворотной платформы 4, на которой смонтированы башня 5 с кабиной управления 6 и стрелой 7, противовеса 8, лебедок механизмов и механизма поворота.

Балки 2 – выдвижные, при монтаже крана они выдвигаются из направляющих несущей рамы, при демонтаже – вдвигаются. На конце балок крепятся опорные башмаки – при стационарном варианте, или ходовые тележки – при установке крана на рельсовый путь.

Башня крана состоит из корневой секции 5а, шарнирно прикрепленной к кронштейну поворотной платформы, и выдвижной секции 5б, телескопируемой канатным полиспастом.

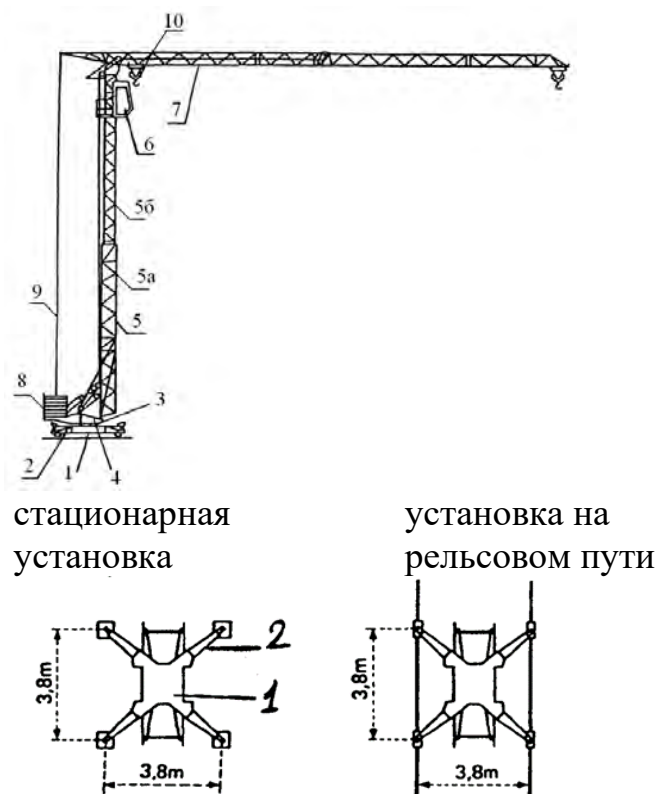


Рисунок 6.1. Общий вид крана башенного

Стрела шарнирно прикреплена к башне. Она состоит из двух шарнирно соединенных между собой секций. В горизонтальном положении стрела удерживается посредством тяги 9. Стрела треугольного сечения, нижние пояса фермы одновременно являются ездовыми балками, по которым перемещается грузовая каретка 10. В смонтированном положении стрела устанавливается горизонтально. При необходимости увеличения высоты подъема груза она может устанавливаться и под углом.

Устойчивость крана обеспечивается плитами противовеса 8.

Кабина закреплена в верхней части выдвижной секции башни. Оператор управляет краном с переносного радиопульта, находясь в кабине, или вне ее.

Показанный на рисунке 6.1 быстромонтируемый кран предназначен для малоэтажного строительства. Основные эксплуатационные показатели крана: грузоподъемность – $3,0 \div 1,0$ т, максимальная высота подъема: при горизонтальной стреле – 20 м, при поднятой стреле – 33,8 м; вылет максимальный – 30 м.

Кран имеет следующие механизмы: механизм подъема груза, механизм передвижения грузовой тележки, механизм поворота.

Особенностью конструкции быстромонтируемых кранов является то, что грузовой барабан и монтажный барабан установлены соосно и приводятся во вращение от одного механизма. Специальное устройство позволяет возможность раздельного вращения барабанов.

Схема запасовки грузового каната показана на рисунке 6.2. Канат закреплен на грузовом барабане 1 и обходя поочередно блоки 3, 4, 5, 6 и 7 закрепляется на стреле.

Грузовая тележка крана передвигается с помощью канатной тяги. Тяговая лебедка 1 (рис. 6.3) установлена вверху в выдвижной секции башни. На барабане лебедки закреплены концы двух канатов – короткий 2 и длинный 8. Короткий канат, обходя блок 3, закрепляется на каретке 4. Длинный канат 8 после закрепления на барабане поочередно огибает блоки 7, 9, 6 и 5 закрепляется со второй стороны каретки.

Блок 10 и барабан 11 посредством блока 9 осуществляют натяжение длинного каната тяговой лебедки при изменении высоты башни.

Установка башни в вертикальное положение и выдвижение башни осуществляется одним канатом, закрепленным на монтажном барабане (рис. 6.4).

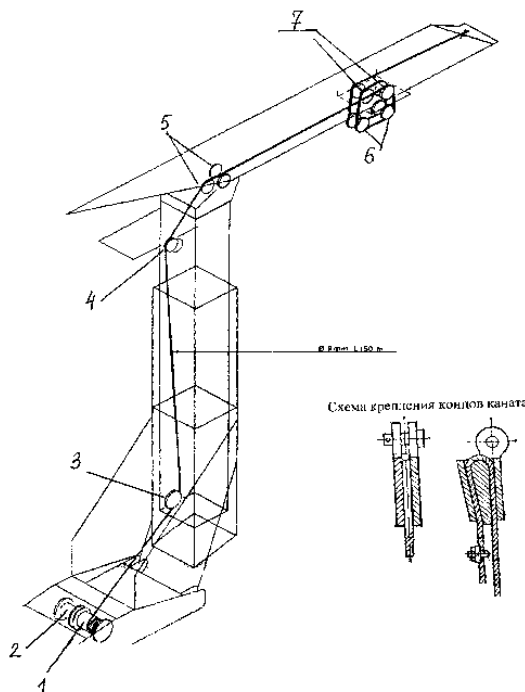


Рисунок 6.2. Схема запасовки каната грузового:

1 – грузовой барабан; 2 – монтажный барабан; 3,4,5 – обводные блоки; 6 – блоки подвижной обоймы полиспаста; 7 – блоки неподвижной обоймы полиспаста

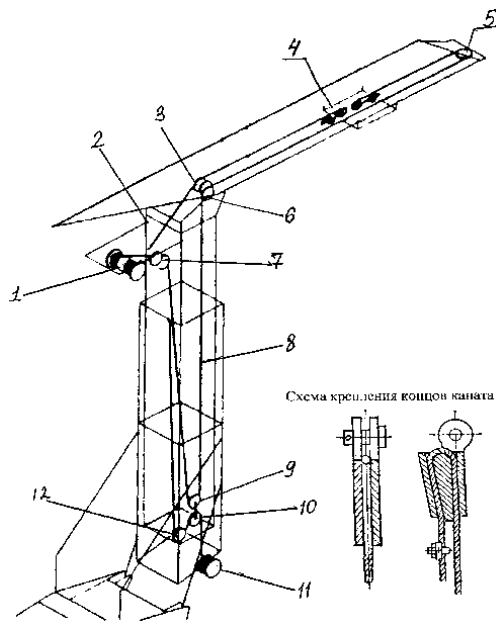


Рисунок 6.3. Схема запасовки каната передвижения грузовой тележки

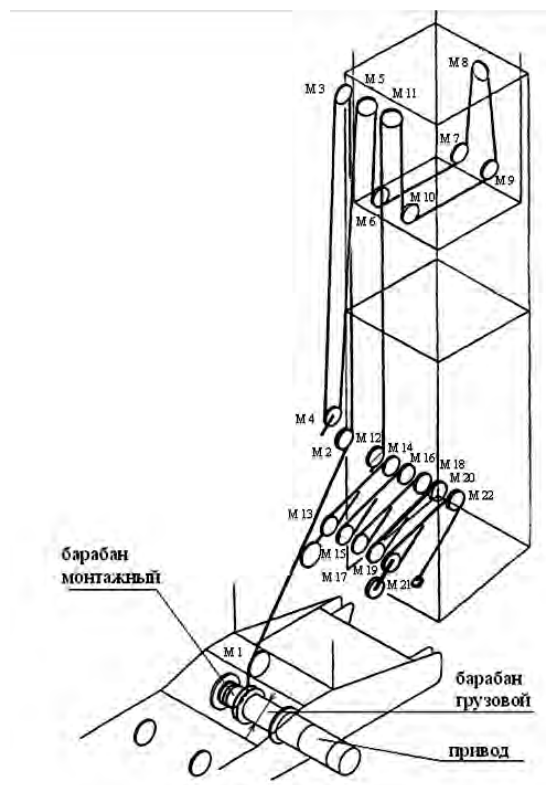


Рисунок 6.4. Схема запасовки каната телескопирования башни и установки башни

М 3, М 5, М 11 и М 8 полиспаста телескопирования закреплены в верхней части корневой секции башни, а блоки М 6, М 7, М 9 и М 10 – в нижней части

выдвижной секции башни. Блоки М 12 - М 22 образуют полиспагат подъема башни.

Схема запасовки каната оттяжки и удержания стрелы показана на рисунке 6.5.

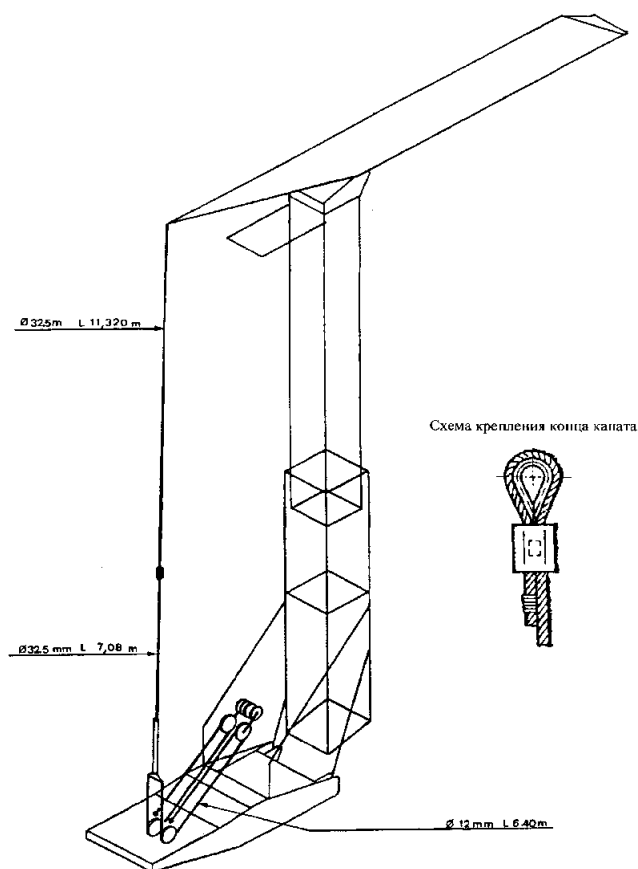


Рисунок 6.5. Схема запасовки каната оттяжки и удержания стрелы

При монтаже крана и переводе его из транспортного положения в рабочее кран подключается к электропитанию, барабан грузового каната фиксируется с помощью специального приспособления и включается вращение монтажного барабана. При этом канатно-блочной системой осуществляется одновременный подъем башни, и телескопирование ее секций и подъем стрелы. По мере выдвижения башни увеличивается длина тяги 9 (рис. 6.1), удерживающий стрелу в горизонтальном положении.

После установки башни в вертикальное положение, и полного выдвижения ее фиксатором стопорится монтажный барабан, а грузовой барабан разблокируется.

Перевод крана из транспортного положения в рабочее заканчивается.

При демонтаже крана все операции осуществляются в обратной последовательности. Опускание верхней секции башни и перевод ее в горизонтальное положение происходит под действием силы тяжести башни и стрелы.

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА БАШЕННОГО КРАНА СЕРИИ КБ

Задание к лабораторной работе

1. Изучить устройство башенного крана серии КБ и принцип работы его механизмов.
2. Вычертить схему запасовки канатов и механизм вращения крана.
3. Изучить рабочий процесс крана и методику определения производительности.
4. Определить производительность крана.

Назначение башенных кранов

Башенные краны широко применяются в жилищном, коммунальном, промышленном и других видах строительства для выполнения монтажных работ, подачи строительных материалов и изделий на сооружаемые объекты.

Таблица 5.1

Исходные данные к заданию

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя масса поднимаемого элемента Q , т	1	1,5	4	5	6	1,8	3	1,4	7	8
Высота подъема H , м	20	30	40	25	35	40	22	32	35	38
Длина пути передвижения грузовой тележки S_T , м	10	14	12	10	8	12	14	20	10	8
Длина пути передвижения крана по рельсам S_K , м	15	10	8	12	15	20	14	10	20	18
Угол поворота платформы α , град	100	90	120	150	180	90	120	135	180	160
Время наводки и установки t_v , мин	0,7	1,0	2,0	1,5	1,2	1,6	2,0	0,9	1,3	1,5
Время зацепки и отцепки монтируемого элемента t_3 , мин	3	5	6	2,5	3,5	5,5	4	7	4,5	5

Кран серии КБ (рис. 5.1) выполнен на рельсовом ходу и состоит из ходовой рамы 1 с флюгерами 2 и ходовыми тележками 3, поворотной платформы 4 с размещенными на ней грузовой 5 и стреловой 6 лебедками, механизмом

поворота 7, противовесом 8, башни с распоркой 9 и навесной кабиной 10, балочной стрелы 11 с грузовой тележкой 12 и механизмом 13 ее передвижения.

Ходовая рама 1 крана представляет собой сварное кольцо коробчатого сечения, которое проушинами шарнирно соединено с четырьмя диагонально расположенная флюгерами 2. Флюгеры через цапфы опираются на ходовые тележки, две из которых ведущие. Шарнирное соединение флюгеров с ходовой рамой и тележками, которые выполнены балансирными, облегчает прохождение крана по закруглениям рельсового пути.

Для предотвращения угона крана в нерабочем состоянии ветром тележки снабжены противоугонными захватами. Поворотная платформа 4 опирается на ходовую раму 1 с возможностью вращения в горизонтальной плоскости. Это соединение осуществлено с помощью роликового опорно-поворотного устройства 14, выполняющего роль подшипника для вращения поворотной платформы.

Составная, телескопическая башня решетчатой сварной конструкции, выполненная из труб, установлена на поворотной платформе шарнирно и удерживается в вертикальном положении посредством подкосов 15. Башня состоит из портала 16, секций 17, оголовка 18, распорки 9 и механизма выдвижения. Удлинение башни осуществляется снизу на необходимую высоту по мере возведения строящегося объекта.

В верхней части башни крепится кабина 10 и стрела 11, выполненная сварной из труб. Стрела имеет направляющие для перемещения грузовой тележки в виде продольных уголков.

Стрела состоит из четырех секций и может иметь длину 20, 25, 30 м.

Для увеличения высоты подъема груза стрела длиной 20 и 25 м может устанавливаться под углом 30° и 50° . Грузовая тележка 12 опирается на направляющие стрелы четырьмя парами роликов 19, которые для равномерного распределения нагрузок соединены с рамой тележки балансирными 20. Для устранения перекосов при движении тележка снабжена четырьмя боковыми роликами 21.

Привод крана выполнен многомоторным индивидуальным с питанием электродвигателей от сети трехфазного переменного тока и содержит пять механизмов: грузовой, стреловой, передвижения тележки (тележечный), поворота платформы и передвижения крана по рельсам.

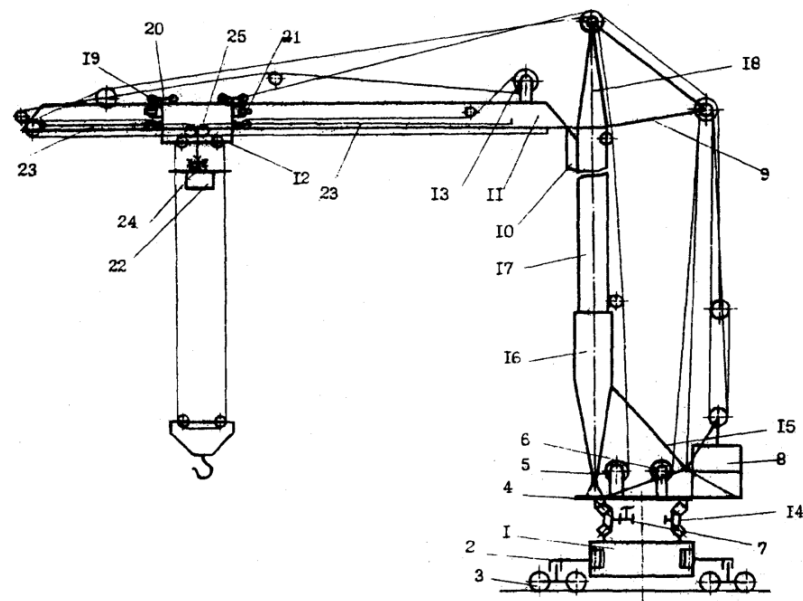


Рис. 5.1. Общий вид башенного крана серии КБ

Каждый механизм снабжен отдельным реверсивным двигателем. На кране установлены три электрические реверсивные лебедки: грузовая, стреловая и тележечная.

Грузовой механизм крана состоит (рис. 5.2) из лебедки 1, каната 2, закрепленного на барабане лебедки и огибающего неподвижный блок 3 на оголовке башни, неподвижные блоки 4 и 5 на головной части стрелы, неподвижные блоки 6 и 7 на раме 8 грузовой тележки, подвижные блоки 9 и 10 крюковой подвески 11, содержащей крюк 12. Грузовой канат образует двухкратный грузовой полиспаст 13. Второй конец грузового каната прикреплен к стреле через ограничитель грузоподъемности 14, который автоматически отключает грузовую лебедку при превышении установленной грузоподъемности.

Грузовая лебедка выполнена двухдвигательной. Электродвигатели соединены последовательно с ведущим валом редуктора и включаются автоматически в зависимости от массы поднимаемого груза. Для подъема груза массой до 2 т со скоростью 58 м/мин включается один из двигателей. Для подъема груза массой более 2 т со скоростью 40 м/мин включается другой двигатель, имеющий меньшую частоту вращения.

Стреловой механизм крана (рис. 5.2) состоит из лебедки 15, каната 16, закрепленного на барабане лебедки, и огибающего неподвижный блок 17 на распорке башни, три блока 18 неподвижной обоймы 22 и два блока 20 подвижной обоймы 24 стрелового полиспаста 19. Второй конец стрелового каната 16 закреплен на поворотной платформе. Неподвижная обойма 22 стрелового полиспаста крепится к поворотной платформе через две оттяжки 23. Подвижная обойма 24 стрелового полиспаста 19 соединена со стрелой

посредством стрелового расчала 25, состоящего из двух канатов, которые огибают блоки 26 и 27 на распорке башни и блоки 28 и 29 на оголовка башни. Стреловой полиспаат четырехкратный.

Стреловая унифицированная лебедка крана имеет обычную типовую конструкцию.

Замкнутый канатный привод передвижения грузовой тележки 8 состоит из лебедки 30 (рис. 5.2), установленной на стреле, тележечных канатов 31 и двух барабанов 32, снабженных храповыми остановами для натяжения тележечных канатов. Тележечные канаты левыми концами закреплены на барабане 32 с противоположных сторон тележки, а правыми концами – с противоположных сторон барабана 30. При вращении барабана по часовой стрелке тележка перемещается вправо и вылет груза уменьшается. При вращении барабана против часовой стрелки тележка перемещается влево и вылет груза увеличивается.

Кран снабжен ограничителем высоты подъема груза (рис.5.1). Упор 22 ограничителя подвешен к стреле посредством каната 23, огибающего два блока 24 на упоре и два блока 25 на тележке.

Левый конец каната 23 прикреплен к передней части стрелы, а правый – к рычагу конечного выключателя, расположенного на задней части стрелы. Натяжением каната 23 под действием веса упора 22 конечный выключатель замыкает цепь питания электродвигателя грузовой лебедки. При подъеме груза на максимальную высоту крюковая подвеска приподнимает упор 22. При этом канат 23 перестает воздействовать на конечный выключатель, который обесточивает двигатель. Подъем груза автоматически прекращается.

Устройство для вращения поворотной платформы крана (рис. 5.3) состоит из механизма поворота и опорно-поворотного устройства. Механизм поворота осуществляет принудительное вращение поворотной платформы, а опорно-поворотное устройство является для нее подвижной опорой (подшипником).

На кранах серии КБ установлен унифицированный механизм поворота. Механизм состоит из установленных в одном блоке электродвигателя 1, колодочного тормоза 2, трехступенчатого цилиндрического редуктора 3 и шестерни 4, закрепленной на ведомом валу редуктора. Шестерня 4 закреплена с внутренними зубьями зубчатого венца 5, который выполнен за одно целое с внутренней обоймой 9 опорно-поворотного устройства. Корпус редуктора 3 прикреплен к поворотной платформе. Электродвигатель 1 имеет фланцевое крепление к редуктору.

Поворотная платформа 6 установлена на ходовой раме 7 посредством роликового двухрядного опорно-поворотного устройства. Оно, как и обычный подшипник качения, состоит из двух обойм (колец): наружной 8, внутренней 9 и двух рядов тел качения (роликов) 10 между обоймами. Причем наружная обойма 8 соединена с поворотной платформой 6, а внутренняя обойма 9 вместе с зубчатым венцом 5 соединена с ходовой рамой 7. При вращении поворотной платформы ходовая рама, обойма 9 и венец 5 остаются неподвижными, а относительно их совершает, горизонтальное вращение поворотная платформа

вместе с наружной обоймой 8, перекатывающейся на роликах по внутренней неподвижной обойме 9.

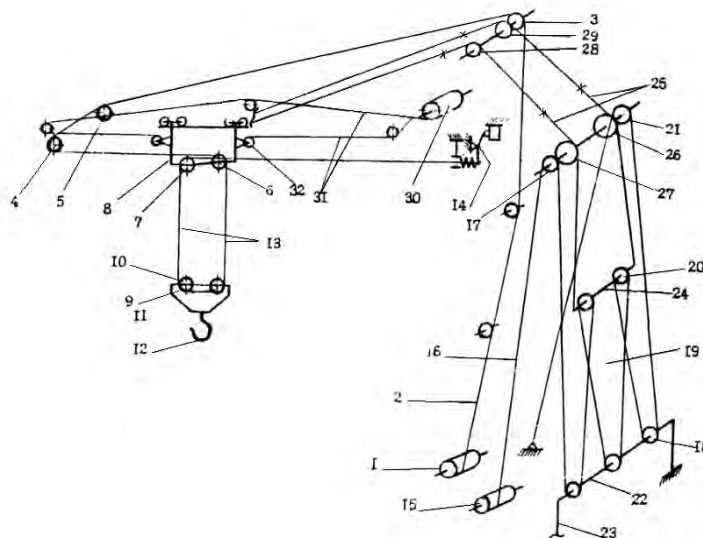


Рис. 5.2. Схема запасовки канатов

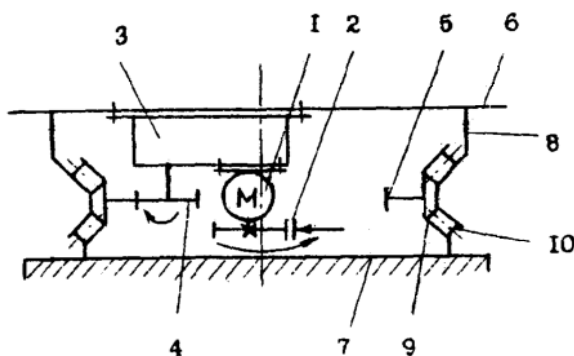


Рис. 5.3. Схема механизма вращения поворотной платформы

При включенном электродвигателе 1 через редуктор 3 приводится во вращение шестерня 4, которая обкатываясь по зубьям венца 5, совершает планетарное движение и увлекает во вращение сам механизм поворота, а вместе с ним и поворотную платформу 6.

Рабочий процесс башенных кранов осуществляется циклично. Основными операциями рабочего цикла являются: зацепка груза; подъем груза; перемещение груза в горизонтальной плоскости посредством передвижения грузовой тележки по стреле, крана по рельсам и поворота поворотной платформы; наводка груза и установка его в проектное положение; отцепка груза; опускание крюка; перемещение крана в горизонтальной плоскости к месту очередной зацепки.

Для сокращения времени цикла и повышения производительности крана широко используется совмещение операций: подъема или опускания крюка с

поворотом, поворота с перемещением крюка в горизонтальном направлении и др.

Суммарное время рабочего цикла крана может быть подсчитано по формуле

$$T_{ц} = t_{м} + t_{р}$$

где $t_{м}$ – машинное время;

$t_{р}$ – время ручных операций.

$$t_{м} = \left(\frac{H}{V_1} + \frac{H}{V_2} + \frac{2S_{т}}{V_{т}} + \frac{2S_{к}}{V_{к}} + \frac{2d}{360n_{п}} \right) \cdot A, \text{ мин,}$$

где H – высота подъема груза, м ;

$S_{т}$ – путь передвижения грузовой тележки по стреле, м;

$S_{к}$ – путь передвижения крана по рельсам, м;

α – угол поворота, град;

V_1 – скорость подъема, м/мин (58 и 40 м/мин при массе груза до 2 и свыше 2 т);

V_2 – скорость опускания крюка, м/мин (65 м/мин);

$V_{т}$ – скорость передвижения грузовой тележки, м/мин (23 м/мин);

$V_{к}$ – скорость передвижения крана, м/мин (18 м/мин);

$n_{п}$ – частота вращения поворотной платформы, об/мин (0,6 об/мин);

A – коэффициент учитывающий совмещение операций, который принимается в зависимости от угла поворота:

α , град	90	100	120	135	150	160	180
A	0,90	0,88	0,83	0,80	0,77	0,74	0,70

Время ручных операций

$$t_{р} = t_{з} + t_{у}$$

где $t_{з}$ – время зацепки и отцепки груза;

$t_{у}$ – время наводки и установки монтируемого элемента с частичным использованием механизмов крана.

Сменная эксплуатационная производительность крана определится по формуле

$$П_{см} = \frac{60 \cdot t_{см} \cdot Q \cdot K_{в}}{T_{ц}}$$

где $t_{см} = 8,2$ ч – средняя продолжительность смены при пятидневной рабочей неделе;

Q – средняя масса поднимаемого элемента, т;

K_b – коэффициент использования крана по времени работы.

При монтажных работах $K_b = 0,7 \dots 0,9$.

$$Q = Q_{max} \cdot K_r$$

где Q_{max} – грузоподъемность крана;

K_r – коэффициент использования крана по грузоподъемности.

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОЗЛОВОГО КРАНА

Цель работы: изучить конструкцию козлового крана

Задание:

1. Изучить конструкцию козлового крана по методическим указаниям
2. Вычертить схему конструкции козлового крана и кратко описать порядок работы крана в отчет

Теоретические сведения

Козловой кран — это оборудование мостового типа с однобалочной или двухбалочной конструкцией, поддерживаемой отдельно стоящими опорами, которые перемещаются по подкрановому пути или на колесах.

Электрические козловые краны чаще всего эксплуатируются на открытых площадках. Они перемещаются по рельсам, установленным на бетонные фундаменты, по прямой линии в специально отведенной рабочей зоне. Небольшие переносные устройства передвигаются на колесах. Они могут использоваться в крытых сооружениях и перемещаться по объекту для выполнения несложных производственных работ. Крановые системы козлового типа применяются для монтажа конструкций, перемещения тяжелых деталей на производственных объектах, перегрузки контейнеров в портах, погрузки и разгрузки грузов на складах и в других сферах промышленности.

Устройство козловых кранов зависит от требуемой грузоподъемности, габаритов перемещаемого груза и рабочих условий.



Рисунок 6.1 – Конструкция козлового крана

Одними из основных компонентов крановой системы козлового типа являются опоры, которые сваривают в виде А-образной рамы.

Существует 2 типа опорных балок:

- жесткая — обеспечивает устойчивость конструкции, фиксируется на определенной точке и не может регулироваться по высоте;
- гибкая — компенсирует неровности или наклон поверхности, позволяет адаптироваться к изменяющимся условиям, может быть отрегулирована на разную высоту.

Нижняя часть опоры спроектирована с увеличенным расстоянием между опорными стойками, что обеспечивает устойчивость конструкции. В некоторых схемах козловых кранов вместо традиционных опор с двумя балками используется одна прямоугольная балка. В таких случаях устойчивость достигается за счет конструктивных особенностей основания.

Мост (пролетное строение)— это длинная горизонтальная конструкция, охватывающая всю ширину рабочей зоны. Она может включать одну или две балки и является основной опорой для грузоподъемной тележки и груза. Размер, длина и количество пролетных балок зависят от веса поднимаемого груза:

- однобалочные конструкции — используются в крановых системах грузоподъемностью до 20 т и пролетом до 40 м;

- двухбалочные конструкции — применяются в крановых системах грузоподъемностью до 50 т и пролетом более 40 м.

Для изготовления моста используется сварная балка коробчатого типа. Коробчатая конструкция имеет высокую прочность и жесткость, позволяет изготовить более длинный пролет моста и обеспечивает большую грузоподъемность.

К основным механизмам, устанавливаемым на крановые системы, относятся: ходовая система, грузоподъемная тележка, грузовая лебедка, кабина крановщика. Они обеспечивают перемещение оборудования по рабочей зоне, подъем груза и оснащены устройствами управления и безопасности козлового крана.

Механизм перемещения включает ходовые тележки с колесами, которые установлены в основании опор. Колесный механизм ведущих тележек приводится в движение электродвигателем, причем привод для каждой тележки отдельный. Крутящий момент передается с помощью редукторов.

Крановые системы весом более 30 т оснащены механизмом торможения, который предназначен для безопасного управления перемещением крана и предотвращения его нежелательного движения или спонтанного смещения. В зависимости от конструкции крановой системы устройство тормоза козлового крана имеет некоторые отличия. Существует два основных типа тормозов:

- колодочные — устанавливаются на кранах с центральным приводом для обеспечения равномерного распределения усилия на все колеса, благодаря этому колодки на всех колесах изнашиваются одинаково;
- гидравлические (объемные гидромашины) — устанавливаются на кранах с отдельным приводом, состоят из насоса, редуктора и аккумулятора, благодаря им обеспечивается плавное торможение.

При отдельном приводе не рекомендуется использование колодочных тормозов. Это связано с тем, что каждое колесо движется с индивидуальной скоростью, что приводит к неравномерному износу колодок. В результате возможен перекосяк, способный спровоцировать аварию.

Устройство грузовой тележки козлового крана зависит от расположения направляющих и типа привода. Существует 4 вида грузовых тележек:

- монорельсовые — передвигаются по нижней полке моста, в современных кранах используются очень редко из-за неустойчивости и быстрого изнашивания;
- двухрельсовые — наиболее распространенный универсальный тип, подходят для перемещения по верхней и нижней полке моста;
- канатные — используются в крановых системах малой и средней грузоподъемности, в которых грузоподъемное устройство стационарно закреплено на мосту;
- самоходные — оснащены отдельным электроприводом и подъемным механизмом, передвигаются по специальным направляющим.

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУЛЬДОЗЕРОВ

Задание к лабораторной работе

1. Изучить назначение, классификацию, устройство и работу бульдозеров.
2. Вычертить схему бульдозера и гидравлическую систему управления отвалом (в соответствии с указанием преподавателя).
3. Определить эксплуатационную производительность бульдозера при копании и перемещении грунта, а также при планировочных работах в соответствии с вариантом задания (табл. 2.1).

Таблица 2.1

№ пп	Параметры	Обоз наче ния	Варианты задания					
			1	2	3	4	5	6
1	Средняя глубина копания, м	h	0,07	0,16	0,12	0,18	0,20	0,15
2	Путь транспорти- рования, м	l_{mp}	70	80	30	60	100	40
3	Угол местности, град: подъем, спуск	α, \pm	+5	-5	-10	-10	0	+10
4	Род грунта (табл. 2.2)		СГ	ПС	СЛ	ПК	ПС	СП
5	Длина планируемого участка, м	l	70	60	80	70	80	50
6	Угол установки отвала в плане, град	φ	90	63	90	63	90	63
7	Ширина перекрытия проходов, м	b	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3
8	Число проходов при планировании	n_{np}	2	1	2	2	1	3
9	Размеры отвала, м длина высота	L	2,56	3,97	2,60	4,12	3,64	2,86
		H	0,80	1,00	0,90	1,00	1,23	0,95
10	Скорость движения, км/ч при копании при транспортирова- нии и обратном ходе	v_k	2,42	2,36	3,47	3,2	2,85	3,47
		$v_{тр} v_o$	3,04	3,78	4,66	3,92	5,04	4,66

Бульдозеры предназначены для послойной разработки (копания) и

перемещения грунта на расстояние до 100 м, а также для выполнения планировочных работ.

Бульдозеры классифицируют по номинальному тяговому усилию, типу ходовых систем базовых машин, назначению, конструктивным особенностям навесного оборудования.

Основным классификационным параметром, является номинальное тяговое усилие, по которому различают бульдозеры:

- 1) очень легкие (малогабаритные) – с номинальным тяговым усилием до 25 кН,
- 2) легкие – 25...135 кН,
- 3) средние – 135...200 кН,
- 4) тяжелые – 200...350 кН,
- 5) сверхтяжелые – свыше 350 кН.

Модели гусеничных бульдозеров определены по тяговым классам тракторов типоразмерным рядом: 3, 4, 6, 10, 15, 25, 35, 50, 75 и 100, охватывающим бульдозеры с номинальным тяговым усилием трактора 30...1000 кН.

По типу ходовой системы различают бульдозеры гусеничные и пневмоколесные. Гусеничные машины получили преимущественное распространение благодаря низкому давлению на грунт в сочетании с реализацией значительных тяговых усилий и высоких сцепных свойств ходовых систем. Колесные машины применяются тогда, когда определяющими в работе являются высокие транспортные скорости.

По назначению различают бульдозеры общего, специального и многоцелевого назначения.

Бульдозеры общего назначения приспособлены для выполнения землеройно-транспортных и планировочных работ в различных грунтовых условиях при температуре окружающего воздуха +40...-40°С.

Бульдозеры специального назначения обеспечивают выполнение узкоспециализированных работ определенного вида: чистку снега, сгребание торфа, разработку сыпучих материалов, толкание скреперов при загрузке, проведение подземных работ и т.д.

Бульдозеры многоцелевого назначения наряду с выполнением традиционных землеройно-транспортных работ используются для разработки и засыпки узкопрофильных траншей, каналов, скважин, проведения земляных работ на мерзлых грунтах, погрузочно-разгрузочных работ. В этом случае бульдозерное оборудование агрегируют с задним оборудованием экскаватора, рыхлителя, каналокопателя, бурильно-крановой машины или используют в наборе рабочих органов.

По способу установки рабочего органа различают бульдозеры с неповоротным и поворотным отвалами. Бульдозер с неповоротным отвалом (рис.2.1) имеет неизменяемое положение рабочего органа, перпендикулярное продольной оси трактора, у бульдозера с поворотным отвалом (рис.2.2) рабочий орган может быть установлен под углом в обе стороны к оси трактора.

Оба типа бульдозеров могут быть оборудованы механизмом перекоса отвала.

По типу отвала подразделяют бульдозеры с прямым, полусферическим, сферическим и специальным (угольным, для сыпучих материалов, с толкающей плитой, с амортизаторами и т. п.) отвалом.

По приводу рабочего оборудования различают бульдозеры с гидравлическим и канатно-блочным управлением. Все современные бульдозеры оснащают гидрофицированным управлением подъема-опускания отвала, а тяжелые бульдозеры – также гидрперекосом отвала.

Бульдозер (рис.2.1-2.2) состоит из трактора и бульдозерного оборудования, содержащего рабочий орган – отвал с ножом, установленный впереди трактора, толкающую раму или толкающие брусья, элементы крепления оборудования к трактору, агрегаты гидропривода.

Неповоротный отвал 2 (см. рис.2.1) с режущими ножами 3 крепится к базовой машине 1 посредством двух толкающих брусьев 4, шарнирных опор 5, раскосов 6 и гидроцилиндров 7. Штоки гидроцилиндров 7 прикреплены к тыльной стороне отвала, а сами цилиндры – к кронштейнам 8 на раме трактора. Соединение отвала с концами толкающих брусьев бывает жестким неразъемным (брусья приварены к отвалу) и шарнирным. При шарнирном креплении можно регулировать угол резания β ($45^\circ \dots 60^\circ$) и угол поперечного перекоса в вертикальной плоскости ($\pm 4 \dots 12^\circ$). Это достигается применением винтовых раскосов переменной длины или гидроцилиндров, заменяющих раскосы. Винтовой раскос состоит из трубы, навинченной на два шарнирных наконечника, имеющих противоположную по направлению резьбу.

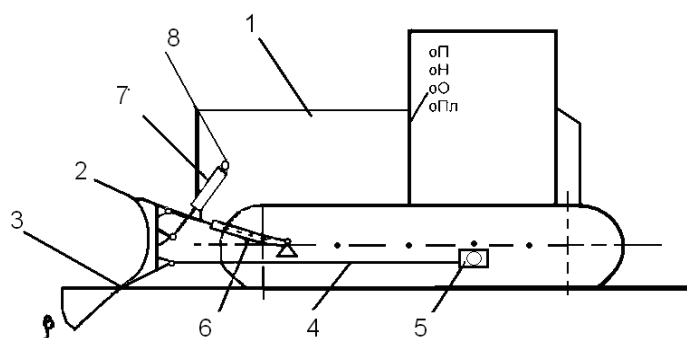


Рис. 2.1. Схема бульдозера с неповоротным отвалом

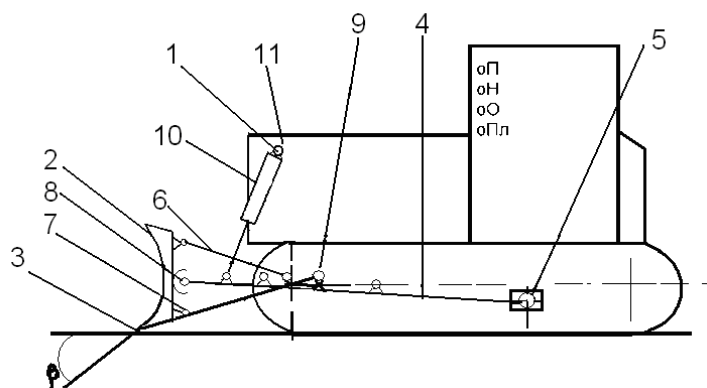
Поворотный отвал (см. рис.2.2) с режущими ножами 3 крепится к базовой машине 1 посредством толкающей П-образной рамы 4, установленной с помощью шарнирных опор 5 и гидроцилиндров 10 на раме машины. В средней точке отвал соединен с толкающей рамой посредством шарового шарнира 8, а по краям – посредством четырех толкателей (раскосов) 6 и 7. Верхние толкатели 6 для регулировки углов резания и поперечного перекоса выполняются винтовыми либо в виде гидроцилиндров. Они соединяют верхнюю часть отвала с нижними толкателями 7, которые, в свою очередь, соединяют нижнюю часть отвала с толкающей рамой. Штоки гидроцилиндров

10 прикреплены к толкающей раме 4, а сами цилиндры – к кронштейнам 11 на раме машины.

На большинстве бульдозеров применяется ручная система поворота отвала в плане. Посредством перестановки задних концов нижних толкателей вдоль толкающей рамы и крепления их в дополнительных предусмотренных для этой цели отверстиях 9 отвал может быть установлен под углом φ относительно шарового шарнира. Эта операция производится до начала работы. При гидравлическом повороте нижние толкатели 7 выполняются в виде гидроцилиндров, и установка отвала в плане производится из кабины. Угол поворота в плане 25...27° в каждую сторону.

Подъем-опускание отвала осуществляют одним или двумя гидроцилиндрами с использованием гидросистемы трактора. Для обеспечения быстрого действия навесной системы и эффективного внедрения отвала в грунт используют мощный гидропривод, потребляющий 30...40% мощности двигателя, с рабочим давлением до 20 МПа.

Гидравлическая система управления отвалом (рис.2.3) состоит из гидроцилиндров 10; масляного насоса 1, имеющего привод от двигателя; маслобака 2; предохранительного клапана 3; фильтра 4; золотникового гидравлического распределителя 5 с рычагом управления 6, расположенным в кабине трактора; маслопроводов 7, 8, 9, 11. Гидроцилиндр 10 подъема отвала состоит из цилиндрического корпуса, поршня 12 и штока 13, соединенного с рабочим оборудованием. Золотник распределителя при управлении отвалом может занимать четыре положения:



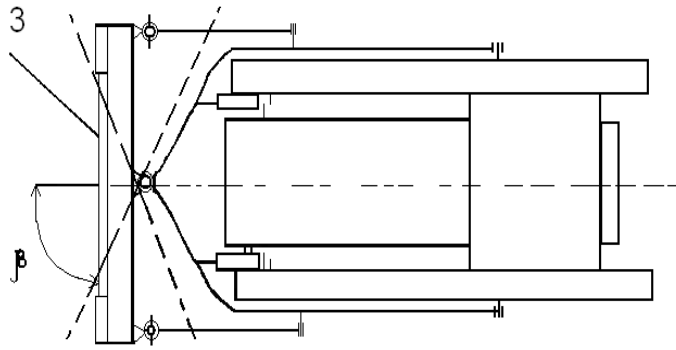


Рис. 2.2. Схема бульдозера с поворотным отвалом

- 1) Н – нейтральное, при котором отвал зафиксирован перекрытием маслопроводов 9 и 11;
- 2) П – подъем отвала посредством подачи масла под давлением в нижнюю полость гидроцилиндра и слива его из верхней полости в бак;
- 3) О – опускание отвала посредством подачи масла в верхнюю полость гидроцилиндра и слива его из нижней полости в бак;
- 4) Пл – плавающее положение отвала посредством соединения противоположных полостей гидроцилиндра друг с другом, а также с баком.

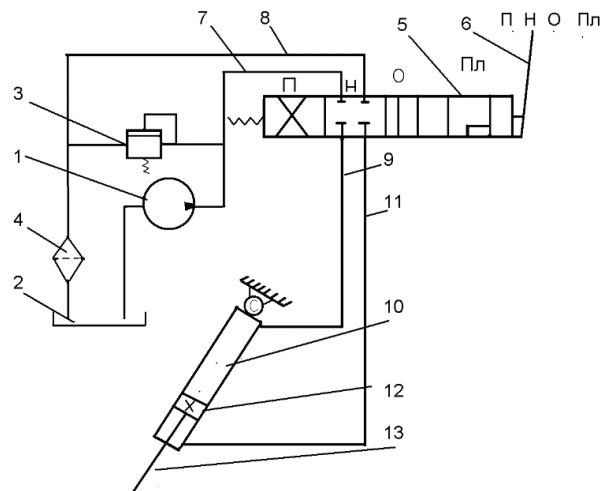


Рис. 2.3. Схема гидравлической системы управления отвалом

Определение эксплуатационной производительности бульдозера при копании и перемещении, а также при планировочных работах осуществляется в соответствии с вариантом задания (таблица 2.1).

Полный рабочий цикл бульдозера при копании и перемещении грунта состоит из следующих операций:

- 1) внедрение отвала в грунт и набор призмы волочения (копание);
- 2) перемещение грунта к месту укладки (транспортирование);
- 3) укладка (разгрузка) грунта слоями или гудами;
- 4) возвращение в забой (обратный ход);
- 5) опускание отвала и установка его в положение внедрения.

Время рабочего цикла бульдозера может быть подсчитано по формуле

$$T_{ц} = t_{к} + t_{mp} + t_{o} + t_{дон}, \text{ с},$$

где $t_{к}, t_{mp}, t_{o}$ – соответственно время копания, транспортирования и обратного хода;

$t_{дон}$ – дополнительные затраты времени;

$$t_{дон} = t_n + t_{он} + 2t_{нов} \approx 0,5 \text{ мин};$$

t_n – время переключения передач (≈ 5 с);

$t_{он}$ – время опускания отвала (≈ 2 с);

$t_{нов}$ – время поворота (≈ 10 с).

При челночной схеме работы без поворотов машины $t_{нов} = 0$.

Время на укладку грунта в расчете цикла не учтено, так как оно обычно совмещается с временем транспортирования.

Длительность основных операций рабочего цикла определяется с учетом пути и скорости передвижения бульдозера на этих операциях

$$t_{к} = \frac{l_{к}}{v_{к}} \quad t_{mp} = \frac{l_{mp}}{v_{mp}}$$

$$t_{o} = \frac{l_{к} + l_{mp}}{v_{с}}$$

В эти формулы путь подставляется в м, а скорость – в м/с. Копание грунта обычно осуществляется на первой передаче в коробке передач трактора, транспортирование – на второй, а обратный ход – на третьей или задним ходом.

Путь копания зависит от объема грунта q , накапливаемого перед отвалом, и глубины копания h

$$l_{кон} = \frac{q}{hL}, \text{ м};$$

$$q = \frac{LH^2 k_{o2}}{2 \text{tg} \rho_o k_p}, \text{ м}^3,$$

где L, H – длина и высота отвала;

ρ_o – угол естественного откоса грунта (табл. 2.2);

k_p – коэффициент разрыхления (табл.2.2);

K_{oc} – коэффициент уменьшения объема призмы грунта (табл.2.3).

Таблица 2.2

Значение угла естественного откоса ρ_o и коэффициент разрыхления k_p

Род грунта	Сокращенное обозначение	ρ_o , град	k_p
Песок средний	ПС	35	1,08...1,17
Песок крупный	ПК	32	1,08...1,17
Супесь	СП	34	1,08...1,17
Суглинок тяжелый	СТ	40	1,24...1,30
Суглинок легкий	СЛ	30	1,15...1,28
Растительный	Р	35	1,24...1,30

Таблица 2.3

Ориентировочные значения коэффициента $k_{ог}$ уменьшения объема призмы грунта с учетом его вязкости и отношения H/L

H/L	Несвязные грунты	Связные грунты
0,15	0,64	0,97
0,20	0,63	0,93
0,25	0,62	0,89
0,30	0,61	0,85
0,35	0,58	0,82
0,40	0,54	0,78

Эксплуатационная производительность бульдозера определяется с учетом количества грунта перед отвалом q , времени цикла $T_{ц}$, и поправочных коэффициентов по формуле

$$P_{э} = \frac{3600q}{T_{ц}} k_n k_y k_g, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где k_n – коэффициент, учитывающий потери грунта от дальности транспортирования (табл.2.1)

$$k_n \approx 1 - 0,005 l_{mp}$$

k_y – коэффициент, учитывающий изменения производительности в зависимости от угла наклона местности α к горизонту (табл.2.4);

k_g – коэффициент использования машины по времени (0,8...0,9).

Для увеличения производительности бульдозера при копании легких грунтов с обоих концов отвала устанавливают сменные уширители, открьлки

и удлинители, применяют сферические и полусферические отвалы. Для уменьшения потерь грунта при транспортировании используют технологические приемы:

- 1) перемещение с непрерывным дополнительным подрезанием грунта на глубину 5...10 см для компенсации потери;
- 2) перемещение в ранее сооруженной с помощью двух валиков грунта траншее, которая предохраняет призму грунта от потерь;
- 3) перемещение с промежуточным накоплением грунта, который подхватывается отвалом при последующих проходах и восполняет потери.

Таблица 2.4

α , град	0	подъем			спуск		
		+5	+10	+15	-5	-10	-15
k_y	1	0,8	0,5	0,45	1,3	1,8	2,3

Эксплуатационная производительность бульдозера при планировочных работах находится по формуле

$$P_3 = \frac{3600l(L-b)k_e}{n_{np}(l/V_{nl} + t_{нов})}, \text{ м}^2/\text{ч},$$

где n_{np} – число проходов при планировочных работах.

Величины, входящие в формулу для расчета P_3 , даны в табл. 2.1. v_{nl} можно принять равной v_{mp} , а k_e и $t_{нов}$ могут быть приняты из предыдущего расчета.

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ОДНОКОВШОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ С НАБОРОМ СМЕННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

З а д а н и е

1. Изучить назначение, классификацию, устройство и рабочий процесс одноковшовых экскаваторов с гидравлическим и канатным приводом.

2. Вычертить принципиальную схему экскаватора в соответствии с вариантом задания (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Показатели	Варианты задания					
	1	2	3	4	5	6
Индекс машины	ЕК-12	ЕА-17	ЕК-18	ЕТ-14	ЕТ-18	ЕТ-25
Категория разрабатываемого грунта	I	I	II	III	IV	IV
Коэффициент разрыхления k_p	1,20–0,95	1,15–1,0	1,25–0,90	1,27–0,80	1,35–0,75	1,37–0,70
Коэффициент влияния трудности разработки k_t	1,0	1,0	0,950	0,85	0,75	0,77
Коэффициент наполнения ковша k_n	0,95–1,02	0,95–1,02	1,05–1,12	1,08–1,18	1,0–1,1	1,0–1,1
Коэффициенты пропорциональности k_i :						
– копание $k_{ик}$	1,65	1,65	1,36	1,54	1,49	1,49
– поворот на выгрузку $k_{ип}$	1,85	1,65	1,82	1,83	1,62	1,62
– выгрузка $k_{ив}$	0,85	1,65	1,82	1,83	1,62	1,62
– поворот в забой $k_{из}$	1,21	1,21	1,34	1,38	1,33	1,33
Задание для вычерчивания	Обратная лопата	Прямая лопата	Драглайн	Обратная лопата	Прямая лопата	Драглайн

3. Определить эксплуатационную производительность экскаватора при заданных условиях работы (см. табл. 3.1).

Общие сведения о назначении, классификации, устройстве и рабочем процессе одноковшовых экскаваторов

Назначение одноковшовых экскаваторов

Одноковшовые экскаваторы являются землеройными машинами циклического действия, предназначенными для разработки и незначительного в пределах рабочего оборудования перемещения грунтов или мелкокусковых строительных материалов (щебень, гравий). Также экскаваторы могут укладывать грунты в отвал или погружать в транспортные средства.

Классификация

Одноковшовые экскаваторы классифицируют по следующим признакам:

по ***виду рабочего оборудования***:

- *прямая и обратная лопаты* – для разработки грунта соответственно выше и ниже уровня стоянки экскаватора;
- *драглайн* – для разработки котлованов, траншей и каналов, погрузки и разгрузки сыпучих материалов, вскрышных работ и др.;

по ***способу подвески рабочего оборудования***:

- *канатные* – с гибкой подвеской на канатных полиспастах;
- *гидравлические* – с жесткой подвеской рабочего оборудования с помощью гидроцилиндров;

по ***виду ходового устройства***:

- *пнеumoколесные*, в том числе с использованием автомобильной или тракторной баз, а также специальных шасси автомобильного типа;
- *гусеничные* с нормальной и увеличенной опорной поверхностью;
- *шагающие* – для мощных драглайнов большой массы.

Устройство и рабочий процесс одноковшовых экскаваторов с гидравлическим приводом

Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом представляют собой многомоторные машины с жесткой подвеской рабочего оборудования, у которых для передачи мощности от двигателя к рабочим механизмам используется гидравлический объемный привод (см. лабораторную работу № 1).

Обратная лопата является самым распространенным видом рабочего оборудования гидравлических экскаваторов и предназначена для копания выемок, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора.

В комплект оборудования «обратная лопата» (рис. 3.1) входят: стрела моноблочная Г-образной формы или составная 1, 6 изменяемой длины, рукоять 5, поворотный ковш 4, гидроцилиндры 2, 3, 8 подъема стрелы, поворота рукояти и ковша. Копание грунта производят поворотом ковша относительно рукояти и поворотом рукояти относительно стрелы. Копание можно осуществлять только поворотом ковша относительно неподвижной рукояти, что позволяет вести работы в стесненных условиях, а также в непосредственной близости от подземных коммуникаций.

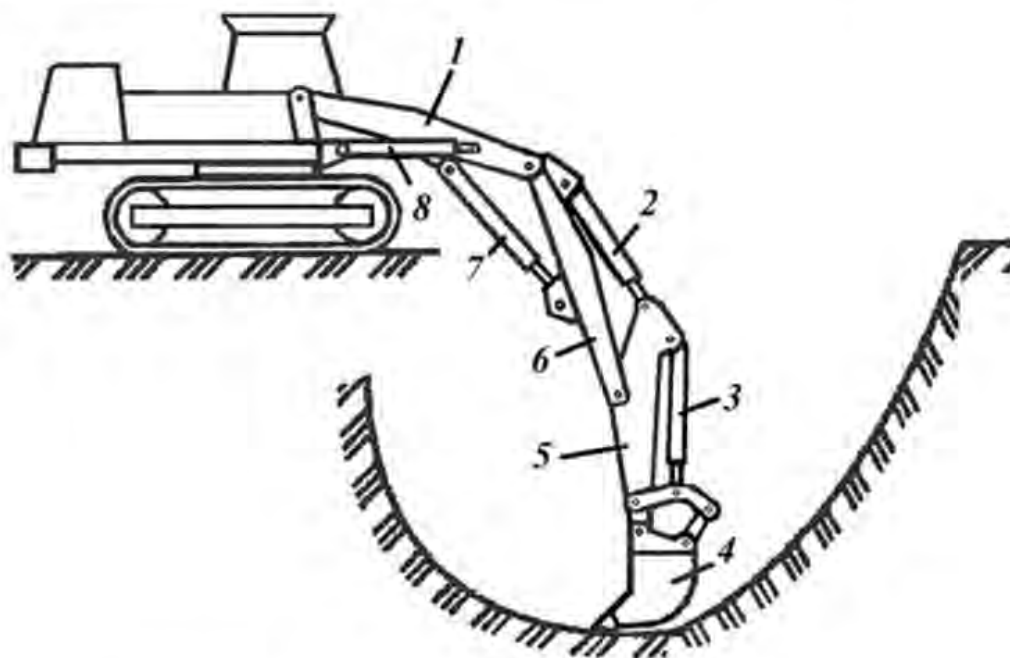


Рис. 3.1. Рабочее оборудование «обратная лопата»

Поворотом ковша производят не только копание, но и выгрузку грунта, а также зачистку основания забоя. Толщину срезаемой при копании стружки регулируют путем подъема или опускания стрелы.

На основную часть стрелы устанавливают оборудование прямой лопаты, грейфера и погрузчика.

Прямая лопата с поворотным ковшом широко применяется на экскаваторах 4–6-й размерных групп и предназначена для разработки грунта как выше (преимущественно), так и ниже уровня стоянки машины, а также для погрузочных работ.

Оборудование прямой лопаты (рис. 3.2) включает стрелу 1, рукоять 2, ковш 3 и гидроцилиндры 4, 5, 6 подъема стрелы, поворота рукояти и ковша. Копание грунта осуществляется поворотом рукояти и ковша, движущегося от машины в сторону забоя. Толщину стружки регулируют подъемом или опусканием стрелы. При разгрузке ковш поворачивают гидроцилиндром 4.

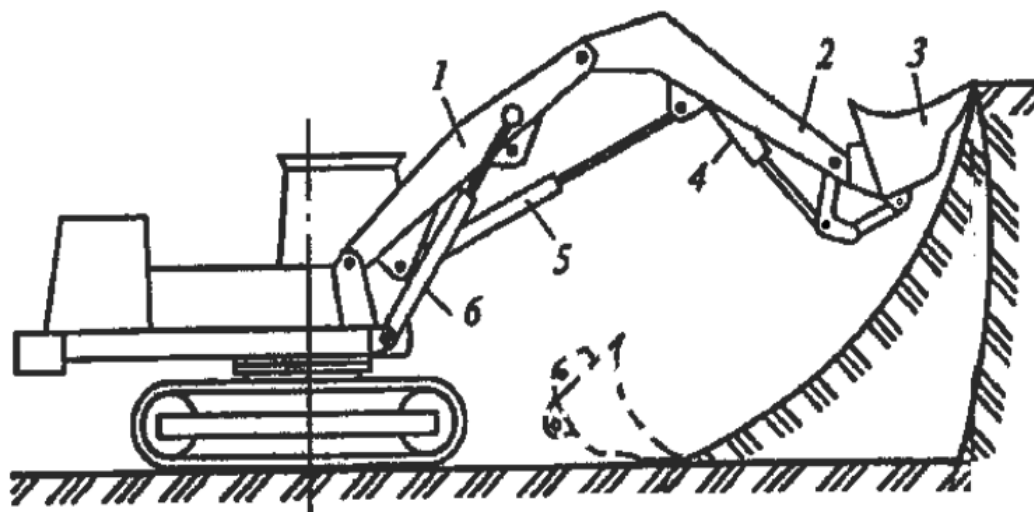


Рис. 3.2. Рабочее оборудование «прямая лопата»

Прямой лопатой с поворотным ковшом можно производить планирование и зачистку основания забоя.

Технические характеристики одноковшовых гидравлических полноповоротных экскаваторов приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Технические характеристики одноковшовых гидравлических полноповоротных экскаваторов

Параметры	Марка машины				
	ЕК-12	ЕА-17	ЕТ-14	ЕТ-18	ЕТ-25
Ходовое устройство	Пневмокошесное		Гусеничное		
Масса эксплуатационная, т	12,85	17,5	14,8	18,5	26,6
Вместимость ковша, м ³	0,65	0,65	0,65	1,0	1,25
Скорость передвижения, км/ч	20	65	2,4	2,4	2,3/3,4
Максимальная глубина копания, м	4,8	4	5,2	6	6,48
Максимальный радиус копания, м	8,25	7,1	8,2	9,2	9,8

Параметры	Марка машины				
	ЕК-12	ЕА-17	ЕТ-14	ЕТ-18	ЕТ-25
Максимальный радиус копания на уровне стоянки, м	8,06	6,8	7,9	9	9,64
Максимальная высота выгрузки, м	6,4	4,8	5,42	6	7
Угол поворота ковша, градус	173	172	173	177	177
Продолжительность рабочего цикла, с	15	15	16	18,5	22

Устройство и рабочий процесс одноковшовых экскаваторов с канатным приводом

Рабочим органом драглайна является ковш, подвешиваемый к рабочему оборудованию на канатах. Такая машина работает ниже уровня стоянки и по направлению к экскаватору, т. е. «на себя», преимущественно в отвал. По сравнению с прямой и обратной лопатами у драглайна значительно большие (в отдельных случаях до 50 %) глубина копания, высота выгрузки и радиус копания. Вместимость стандартного ковша обычно равна вместимости ковша прямой лопаты.

На рис. 3.3 приводятся схема драглайна и различные положения ковша. Управление операциями внедрения ковша в грунт, копания, выгрузки в драглайне осуществляется с помощью канатов, прикрепленных к ковшу. Ковш 7 имеет форму совка, он открыт спереди и сверху.

Привод драглайна механический, одномоторный. Главная зубчато-фрикционная лебедка 2 всегда двухбарабанная: один барабан используется для намотки подъемного каната, другой – для тягового. Стреловая лебедка 1 – однобарабанная. Особенностью указанных лебедок является гравитационное (свободное под действием силы тяжести) опускание груза (ковша, стрелы) при отключении ленточного фрикционного тормоза. Скорость опускания груза регулируется степенью торможения – силой натяжения ленты тормоза.

Перед началом рабочего процесса ковш 7 находится в вертикальном положении I (см. рис. 3.3). В это время лебедка 2 тягового каната 8 расторможена и ковш 7 висит на подъемном канате 3. В этом положении тяговый 8 и разгрузочный 9 канаты провисают. Так как центр тяжести ковша 7 без грунта и с грунтом находится между

подъемными цепями и аркой, то ковш висит на подъемном канате 3 зубьями вниз. Оттормаживая лебедку подъема 2, опускают ковш 7, и он врезается в грунт (положение II).

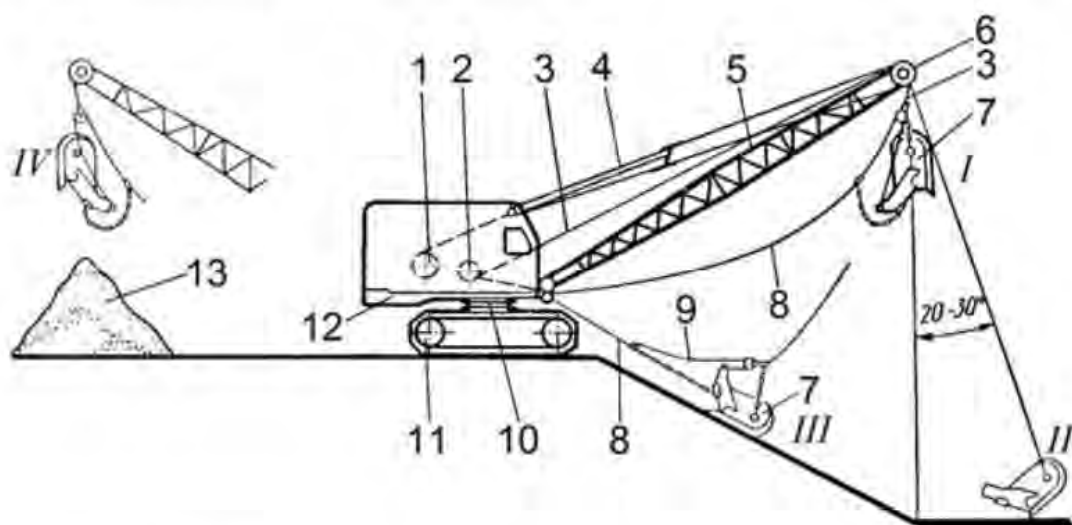


Рис. 3.3. Одноковшовый экскаватор, схема работы драглайна:
 1 – стреловая лебедка; 2 – главная лебедка; 3 – подъемный канат; 4 – стреловой полиспаст; 5 – стрела; 6 – головные блоки; 7 – ковш; 8 – тяговый канат;
 9 – разгрузочный канат; 10 – опорно-поворотное устройство; 11 – гусеничное ходовое оборудование; 12 – поворотная платформа с противовесом;
 13 – отвал грунта

При включении тяговой лебедки 2 начинается перемещение и заполнение ковша (положение III). Толщина стружки может регулироваться подъемным канатом 3. При его натяжении натягивается и разгрузочный канат 9 и толщина стружки уменьшается. По наполнении ковша, не прекращая его тяги, подъемный канат 3 натягивает разгрузочный канат 9, ковш 7 отрывается от земли в положении, при котором зубья и днище подняты под углом 15° к горизонту, и одновременно экскаватор начинает поворот. За время поворота под действием подъемного каната 3 сохраняется натяжение, необходимое для того, чтобы ковш 7 менял указанное положение и перемещался к голове стрелы. За $25-40^\circ$ до места разгрузки поворот стрелы замедляется включением противотока у электрических многомоторных экскаваторов. При работе в отвал выгрузка производится на ходу оттормаживанием тягового каната 8, причем разгрузочный канат 9 освобождается и ковш 7 опрокидывается (положение IV). Одновременно начинается поворот в забой, во время ко-

торого ковш 7 опускается и ложится зубьями на грунт в месте начала нового копания в момент окончания поворота.

По выработке забоя на заданную глубину и профиль драглайн передвигается на новое место работы. Заброс ковша производится при его опускании во время поворота с использованием центробежной силы и одновременным освобождением тягового каната 8 перед посадкой ковша 7 на грунт. При этом подъемный канат 3 отклонен от вертикали на 20–30°, что дает увеличение максимального радиуса копания на 25–30 %.

Эксплуатационная производительность $\Pi_э$ одноковшового экскаватора определяется по формуле

$$\Pi_э = \frac{3600qk_nk_b}{t_{ц}k_p}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где q – вместимость ковша, м³;

k_n – коэффициент наполнения ковша;

k_p – коэффициент разрыхления грунта;

k_b – коэффициент использования экскаватора по времени: $k_b = 0,85$.

Продолжительность цикла $t_{ц}$:

$$t_{ц} = t_k + t_{п} + t_b + t_3, \text{ с},$$

где t_k – продолжительность копания, с;

$t_{п}$ – продолжительность поворота на выгрузку, с;

t_b – продолжительность выгрузки, с;

t_3 – продолжительность поворота в забой, с.

Значения продолжительности операций цикла могут быть определены с использованием коэффициентов пропорциональности k_i , принимаемых по табл. 3.1. Продолжительность операции

$$t_i = k_i \sqrt[3]{m}, \text{ с},$$

где m – масса экскаватора, т (см. табл. 3.2).

Продолжительность копания t_k драглайном определяется по формуле

$$t_k = \frac{L}{v_T}, \text{ м,}$$

где L – длина пути набора грунта ковшом:

$$L = \frac{H}{\sin \alpha}, \text{ м,}$$

где H – глубина копания, м;

α – угол откоса грунта в забое, принимается: для тяжелых грунтов $\alpha = 20\text{--}25^\circ$; для средних грунтов $\alpha = 30\text{--}35^\circ$; для легких грунтов $\alpha = 40\text{--}45^\circ$;

v_T – скорость тягового каната ковша, м/с.

Лабораторная работа № 9

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА АМКОДОР 211

Задание к лабораторной работе

1. Изучить, устройство и рабочий процесс многофункционального погрузчика «Амкодор 211».
2. Вычертить принципиальную схему погрузчика.
3. Определить эксплуатационную производительность многофункционального погрузчика «Амкодор 211».

Одноковшовые погрузчики представляют собой самоходные универсальные машины, предназначенные для механизации погрузочных, землеройно-погрузочных и строительно-монтажных работ. Универсальность погрузчиков обеспечивается наличием широкой номенклатуры быстросъемных сменных рабочих органов – ковшей различных типов и вместимостей, вилочных, челюстных и монтажных захватов, крановых безблочных стрел, навесных рыхлителей, буров и др.

Одноковшовые погрузчики классифицируют: по типу ходового устройства на гусеничные и пневмоколесные; по расположению рабочего органа относительно двигателя – с передним и задним расположением; по способу разгрузки рабочего органа – с разгрузкой вперед, назад (через себя) и в бок (в одну или обе стороны).

Рабочий процесс погрузчика состоит из нескольких операций:

1. Набор грунта (материала) и подъем рабочего оборудования.
2. Транспортирование материала к месту выгрузки (в отвал или транспорт).
3. Выгрузка.
4. Возвращение к месту набора.

Погрузчик с бортовым поворотом «Амкодор 211» (рис. 3.1) предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных и земляных работ на грунтах I, II категорий и других работах в стесненных условиях для использования в промышленном и гражданском строительстве, в коммунальном хозяйстве, выполнения складских работ, для уборки территории, ремонта покрытий рабочих площадок и подъездных путей и т.д.

Погрузчик предназначен для эксплуатации в районах с умеренным климатом в диапазоне температур окружающего воздуха от плюс 40 до минус 20 °С. Основные технические данные погрузчика Амкодор 211 приведены в табл. 3.1.

Погрузчик (рис. 3.1) состоит из следующих основных сборочных единиц: рамы 1, силовой установки 2 с гидронасосами, ходовой части 3 с приводом, электросистемы 4, гидросистемы 5, рабочего оборудования 6, кабины 7 с рабочим местом оператора, системы отопления и вентиляции кабины 8, облицовки 9.

Рама является базовым элементом, на котором монтируются все агрегаты и системы машины. Кроме того в ее задней вертикальной части образованы полости для размещения рабочей жидкости гидросистемы (в нижней половине левого полупортала) и топлива дизеля (в нижней половине правого полупортала).

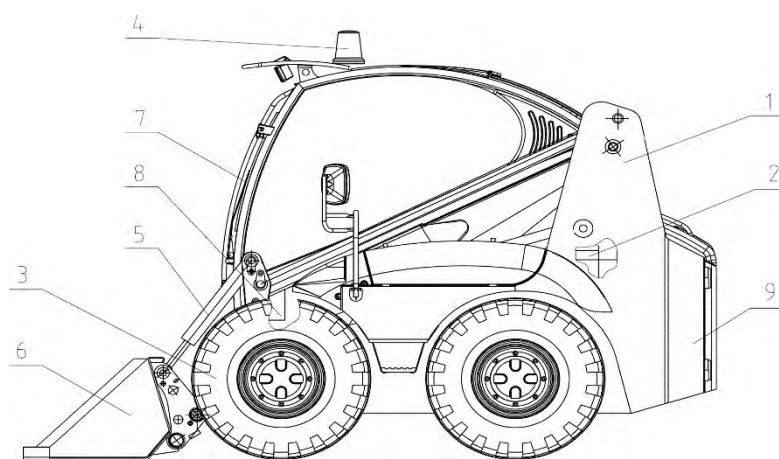


Рис. 3.1. Погрузчик амкодор 211:

- 1 – рама; 2 – силовая установка; 3 – ходовая часть; 4 – электросистема;
 5 – гидросистема; 6 – рабочее оборудование; 7 – кабина;
 8 – система отопления и вентиляции; 9 – облицовка

В задней части рамы на резиновых амортизаторах установлена силовая установка 2 с насосной станцией гидросистемы. Кабина 7 с рабочим местом оператора установлена также на резиновых амортизаторах с возможностью ее опрокидывания вперед для обеспечения доступа к агрегатам гидросистемы привода хода при обслуживании и ремонте. В кабине расположены сиденье оператора, органы управления, пульт с контрольно-измерительными приборами, бачок омывателя стекол (слева от сиденья), отсек с крышкой (за сиденьем) для размещения аптечки, огнетушителя, руководства по эксплуатации погрузчика, личных вещей и крючок для одежды (на правой стенке сзади). Ходовая часть с приводом смонтирована с обеих сторон рамы. Аккумуляторные батареи (АКБ) расположены в передних ящиках крыльев облицовки.

Управление ходом и рабочим оборудованием – гидравлическое и осуществляется посредством двух ручных блоков управления, смонтированных в кабине на пультах по обе стороны сиденья оператора и блока управления активным рабочим органом.

Таблица 3.1

Основные технические данные машины АМКОДОР 211
 (при оснащении основным ковшом)

Наименование параметра	Значение
Грузоподъемность, т	1,2
Вместимость номинальная основного ковша, м ³	0.59
Высота разгрузки при угле разгрузки 45° и максимальном подъеме, мм	2400

Вылет режущей кромки ковша при угле разгрузки 45° и максимальной высоте разгрузки, мм	400
Габаритные размеры и весовые характеристики	
Длина в транспортном положении, мм	3520
Ширина режущей кромки ковша, мм	2100
Высота по кабине, мм	2275
Колея, мм	1510
База, мм	1190
Минимальный радиус поворота по наружной кромке ковша в транспортном положении, мм	2500
Масса эксплуатационная, кг	3800
Дизель	
Модель	Д-243
Мощность эксплуатационная, кВт (л.с.)	57.4 / (78.1) при 2200 об/мин
Трансмиссия	
Тип	Гидрообъемная, закрытая, с независимым приводом бортов ходовой части
Количество насосов трансмиссии	2
Количество гидромоторов	2
Передаточное число	41,6
Скорость передвижения, км/ч	0 – 12
Ходовая часть	
Шины:	12.4L-16
Давление в шинах, передние/задние, МПа (кгс/см ²)	0,29(2,9)
Электросистема	
Напряжение номинальное, В	24
Тип электрооборудования	Однопроводная электросистема, минусовые клеммы соединены с корпусом («массой») машины

Рабочее оборудование состоит из стрелы 1 (рис. 3.2), двух тяг 2, двух рычагов 3, сцепки 4 с гидроцилиндром 5 и сменных рабочих органов (различные ковши, бульдозерный отвал, щетка и т.д.), устанавливаемых на сцепку посредством быстросменного устройства. Наличие в рабочем оборудовании тяг 2 и рычагов 3 обеспечивает параллельное перемещение рабочего органа при подъеме (опускании) стрелы. Быстрая замена одного

рабочего органа другим с рабочего места оператора обеспечивается быстросменным устройством на сцепке 4. Маневрируя стрелой и сцепкой, оператор посредством пальцев, расположенных на сцепке, захватывает рабочий орган за крюки, приваренные на нем, и гидроцилиндрами 7 поворота ковша запрокидывает на себя сцепку вместе с присоединенным рабочим органом до совмещения отверстий под замочные пальцы на сцепке и рабочем органе, после чего гидроцилиндром 5 задвигает замочные пальцы 6 в совмещенные отверстия с обеих сторон. Для обслуживания машины с поднятой стрелой необходимо установить на шток стрелового цилиндра 9 упор 10, который закреплен изнутри на заднем капоте.

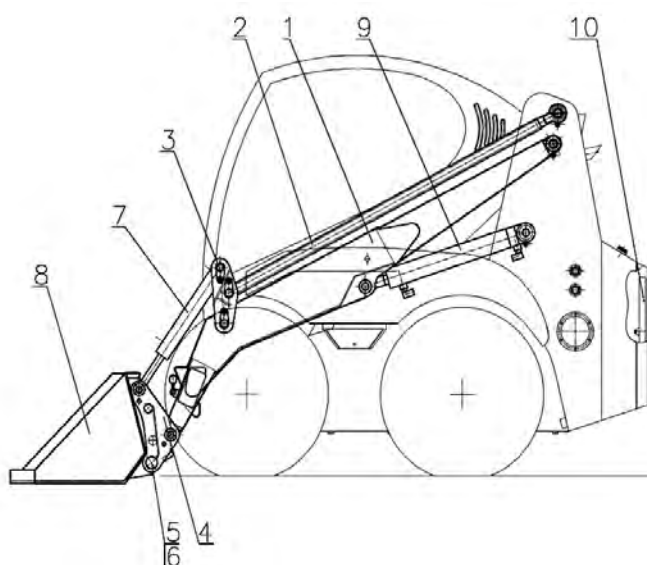


Рис. 3.2. Рабочее оборудование погрузчика

Погрузчик «Амкодор 211» имеет большой набор сменного рабочего оборудования (рис. 3.3) как с пассивными рабочими органами так и активными.

Установка пассивных рабочих органов, для которых не нужна дополнительная гидравлическая функция, производится без выхода водителя-оператора из кабины в следующей последовательности:

- наклонить сцепку вперед, при этом пальцы двухстороннего гидроцилиндра должны быть втянуты;
- подъехать к рабочему органу и ввести в зацепление оси сцепки с крюками рабочего органа;
- приподнять рабочий орган;
- запрокинуть сцепку “на себя” до упора рабочего органа в сцепку в зоне отверстий под замочные пальцы;
- зафиксировать рабочий орган, выдвинув замочные пальцы двухстороннего гидроцилиндра.

Снятие пассивных органов производится в обратном порядке.

Установка на погрузчик активных рабочих органов, для которых нужна дополнительная гидравлическая функция, осуществляется в такой же последовательности, как и установка пассивных рабочих органов.

Дополнительно необходимо:

- заглушить дизель, выполнить 2-3 перемещения рукояткой блока управления рабочими органами для снятия остаточного давления в трубопроводах, идущих к сменным рабочим органам;
- выйти из кабины и отсоединить разрывные муфты рукавов сцепки и трубопроводов погрузчика, расположенных по поперечной балке стрелы;
- соединить посредством разрывных муфт рукава рабочего органа и трубопроводы машины по поперечной балке стрелы.

Для исключения попадания на муфту и штекер посторонних частиц при эксплуатации машины с рабочими органами, не требующими их подключения к гидросистеме машины, муфта и штекер на стреле погрузчика должны быть заглушены защитными пробкой и колпаком.

При эксплуатации и хранении машины с рабочим органом, подключенным через муфту и штекер к гидросистеме машины, необходимо соединить между собой защитные колпаки и пробки для исключения попадания посторонних частиц на их поверхности, а в дальнейшем и в гидросистему машины.

Снятие активных органов производится в обратном порядке.



Рис. 3.3. Сменное рабочее оборудование погрузчика «Амкодор 211»

Эксплуатационная производительность погрузчика, оборудованного как одноковшовый экскаватор определяется по формуле, м³/ч,

$$P_3 = \frac{3600 \cdot V \cdot k_n \cdot k_6}{t_u \cdot k_p},$$

где V – вместимость ковша, м³;

k_n – коэффициент наполнения ковша;

k_p – коэффициент разрыхления грунта;

k_g – коэффициент использования экскаватора по времени, ($k_g = 0,85$).

Продолжительность цикла, с,

$$t_{ц} = t_{к} + t_{нк} + t_{н} + t_{м} + t_{р} + t_{о},$$

где $t_{к}$ – продолжительность копания, с;

$t_{нк}$ – время поворота ковша, с;

$t_{н}$ – время подъема стрелы, с;

$t_{м}$ – время маневрирования, с;

$t_{р}$ – время разгрузки, с;

$t_{о}$ – время опускания стрелы, с.

Лабораторная работа № 10

ИЗУЧЕНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы машины для горизонтально-направленного бурения.

Задание:

1. Изучить конструкцию и принцип работы машины для горизонтально-направленного бурения по методическим указаниям.
2. Вычертить конструктивную схему машины для горизонтально-направленного бурения в соответствии с рисунком 10.2 и описать в отчет принцип ее работы.
3. Определить величину тягового усилия при прокладке трубопровода по варианту задания (таблица 10.1).

Таблица 10.1 - Исходные данные к заданию по вариантам

Наименование параметра	Варианты задания					
	1	2	3	4	5	6
Вес G одного погонного метра кабеля, Н/м	20	32	40	45	51	63
Длина магистрали, L , м	150	210	300	180	270	420
Коэффициент трения, $k_{тр}$	0,55	0,61	0,65	0,67	0,57	0,68

Теоретические сведения

Горизонтальное направленное бурение (или ГНБ — [англ. Horizontal Directional Drilling](#)) — это управляемый бестраншейный метод прокладки подземных коммуникаций, основанный на использовании специальных буровых комплексов (установок).

Международное обозначение — HDD или Horizontal Directional Drilling. Длина прокладки путей может быть от нескольких метров до нескольких километров, а диаметр более 1200 мм. Для прокладки подземных коммуникаций применяются трубы из полиэтилена (ПНД), стали и др. видов материалов.

Строительство подземных коммуникаций по технологии горизонтального направленного бурения осуществляется в три этапа: бурение пилотной скважины, последовательное расширение скважины, протягивание трубопровода.

Бурение пилотной скважины (рисунок 10.1) — осуществляется при помощи специализированного породоразрушающего инструмента — буровой головки со скосом в передней части и встроенным излучателем.

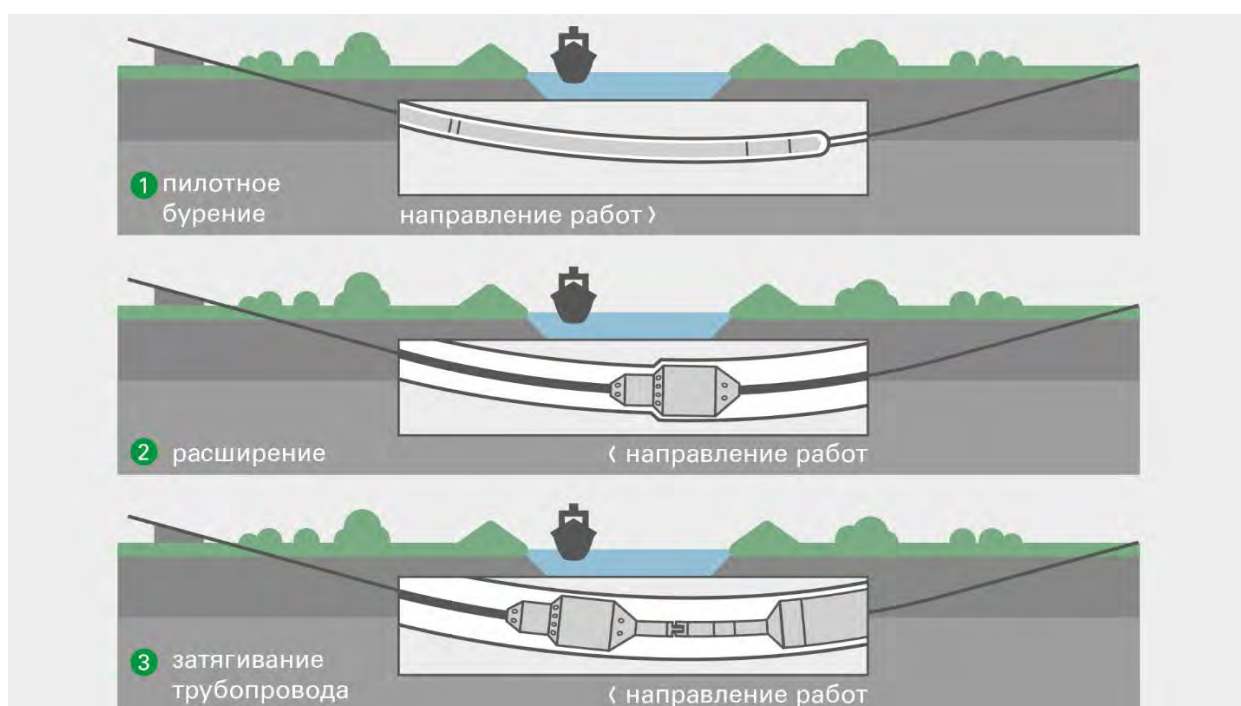
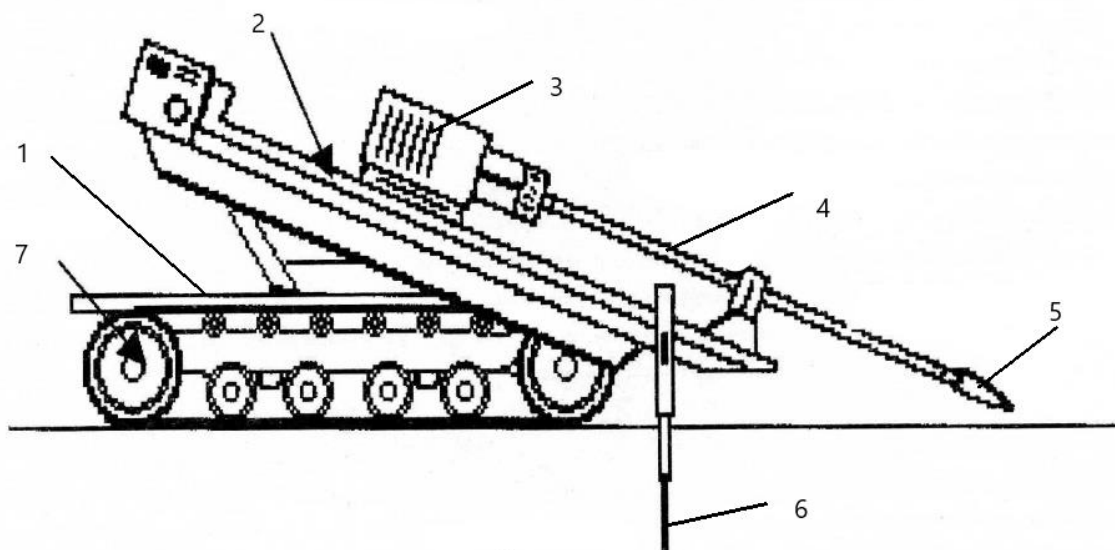


Рисунок 10.1 – Этапы выполнения работ по бестраншейной технологии

Буровая головка соединена посредством полого корпуса с гибкой приводной штангой, что позволяет управлять процессом строительства пилотной скважины и обходить выявленные на этапе подготовки к бурению подземные препятствия в любом направлении в пределах естественного

изгиба протягиваемой рабочей нити. Буровая головка имеет отверстия для подачи специального бурового раствора, который подается в скважину специальным насосом и образует суспензию с размельченной породой. Буровой раствор уменьшает трение на буровой головке и штанге, предохраняет скважину от обвалов, охлаждает породоразрушающий инструмент, разрушает породу и очищает скважину от её обломков, вынося их на поверхность. Контроль за местоположением буровой головки осуществляется с помощью приемного устройства локатора, который принимает и обрабатывает сигналы встроенного в корпус буровой головки передатчика. На мониторе локатора отображается визуальная информация о местоположении буровой головки. Также эта информация отображается на дисплее оператора буровой установки. Эти данные являются определяющими для контроля соответствия траектории строящегося трубопровода и минимизирует риски излома рабочей нити. При отклонении буровой головки от проектной траектории оператор останавливает вращение буровых штанг и устанавливает скос буровой головки в нужном положении. Затем осуществляется задавливание буровых штанг без вращения с целью коррекции траектории бурения. Строительство пилотной скважины завершается выходом буровой головки в заданной проектом точке.

Буровая штанга представляет собой трубу диаметром приблизительно 50-80 мм и длиной 0,8 метра. На концах буровых штанг (с двух сторон) выполнена коническая резьба: наружная – с одной стороны, и на противоположном конце – внутренняя.



1 – основная рама, 2 – наклонная рама, 3 – подвижный суппорт, 4 – буровая колонна из буровых штанг, 5 – буровая головка, 6 – вертикальный анкер, 7 – гусеничное ходовое оборудование

Рисунок 10.2 – Схема конструкции машины для горизонтально-направленного бурения

В процессе бурения буровые штанги вкручиваются, последовательно, одна в другую, по мере продвижения буровой головки. Таким образом, соединённые между собой буровые штанги, похожи на гибкий трос. Оператор с помощью дисплея переносного приёмника может видеть и корректировать угол поворота буровой головки. Подача воды (или другой промывочной жидкости, например, бентонитового раствора) производится под регулируемым давлением через шпиндель бурильной машины в буровые штанги и далее к буровой головке.

Расширение скважины осуществляется после завершения пилотного бурения. При этом буровая головка отсоединяется от буровых штанг и вместо неё присоединяется риммер — расширитель обратного действия. Приложением тягового усилия с одновременным вращением риммер протягивается через скважину в направлении буровой установки, расширяя пилотную скважину до необходимого для протаскивания трубопровода диаметра. Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину её диаметр должен на 25-30 % превышать диаметр трубопровода.

На противоположной от буровой установки стороне скважины располагается готовая к протягиванию плеть трубопровода. К переднему концу плети крепится оголовок с воспринимающим тяговое усилие вертлюгом. Вращательное движение на трубопровод не передается. Таким образом, буровая установка затягивает в скважину плеть протягиваемого трубопровода по проектной траектории.

Типичная машина ГНБ включает в себя (рисунок 10.2) — основную раму 1, наклонную раму 2, ходовую часть (гусеничную или колесную) 7, энергетическую установку (дизельный двигатель), гидростанцию, устройство подачи штанг (подвижный суппорт 3), буровую колонну 4, с буровой головкой 5, панель управления (рабочее место оператора).

Установки классифицируются согласно максимальному усилию протяжки, измеряемому в ньютонах (Н).

Важными характеристиками также являются максимальный диаметр расширения и максимальная длина бурения.

Второстепенные показатели, которые могут характеризовать потребительские качества установки ГНБ: радиус изгиба колонны штанг (показывает, насколько сильно можно изменять траекторию пилотного бурения), а также расход бентонитового раствора (л/мин, показывает, насколько часто необходимо будет пополнять резервуар смесительного устройства для приготовления бурового раствора).

Перед началом работы установку направленного бурения закрепляют на специально подготовленной площадке в стартовой точке с помощью вертикальных анкеров 6 (см. рисунок 10.2).

Буровая лопатка, зафиксированная на основной штанге, вбивается в грунт под наклоном до 15 градусов. После этого по каналу внутри штанги в

скважину подается бентонитовая смесь, которая играет роль смазочного материала и одновременно размягчает почву, облегчая продвижение бура.

Для удаления из скважины грунта и жидкости по всей ее длине обустраиваются колодцы — они должны быть выкопаны еще до начала работ, во время разметки трассы.

Для определения тягового усилия T , необходимого для прокладки трубопроводной магистрали, применяется формула:

$$T = G \cdot L \cdot k_{\text{тр}},$$

где G – удельный вес одного погонного метра протягиваемого кабеля, Н/м;

L – общая длина магистрали, м;

$k_{\text{тр}}$ – коэффициент трения, зависящий от свойств грунта, в котором выполняется скважина, диаметра и материала протягиваемого трубопровода.

ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ

З а д а н и е

1. Изучить устройство штангового и трубчатого дизель-молотов и порядок их работы.
2. Вычертить схему штангового или трубчатого дизель-молота (по указанию преподавателя).
3. Изучить конструкции вибропогружателей и изучить порядок их работы.
4. Изучить устройство самоходной копровой установки.
5. Изучить порядок выбора дизель-молота.

Общие сведения о конструкции дизель-молотов и вибропогружателей

Для погружения свай на объектах городского строительства широко применяют энергетически автономные мобильные дизель-молоты.

Дизель-молот – это прямодействующий двигатель внутреннего сгорания, работающий по принципу двухтактного дизеля.

По типу направляющих для ударной части дизель-молоты делятся на штанговые и трубчатые.

Ударная часть штанговых дизель-молотов (рис. 4.1, 4.2) – подвижный цилиндр, открытый снизу и перемещающийся в направляющих штангах.

Штанговые дизель-молоты обладают малой энергией удара (25–35 % потенциальной энергии ударной части). Их применяют для забивки в слабые и средней плотности грунты легких железобетонных и деревянных свай, стальных труб и шпунта при сооружении защитных шпунтовых стенок траншей, котлованов и каналов. Штанговые дизель-молоты имеют массу ударной части 240 и 2500 кг, развивают энергию удара соответственно 3,2 и 20 кДж при частоте ударов 50–55 в минуту и степени сжатия 16 и 25.

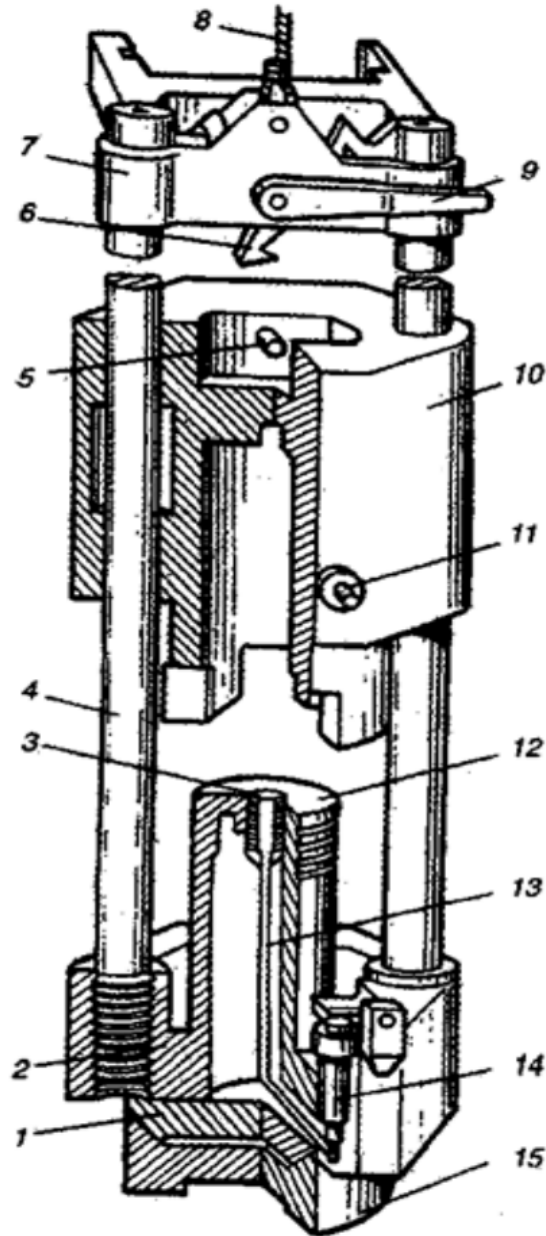


Рис. 4.1. Общий вид штангового дизель-молота

Штанговый дизель-молот (см. рис. 4.1) состоит из следующих основных узлов: поршневого блока с шарнирной опорой, ударной части – подвижного рабочего цилиндра, двух направляющих штанг с траверсой, механизма подачи топлива и захвата – «кошки». Поршневой блок включает поршень 12 с компрессионными кольцами, отлитый заодно с основанием 2. В центре днища поршня установлена распылительная форсунка 3, топливопроводом 13 соединенная с плунжерным топливным насосом 14 высокого давления (до 50 МПа),

питающимся из топливного резервуара. Основание поршневого блока опирается на шарнирную опору, состоящую из сферической пяты 1 и наголовника 15. В основании закреплены нижние концы направляющих штанг 4, верхние концы которых соединены траверсой. По штангам перемещается массивный ударный цилиндр 10 со сферической камерой сгорания в донной части. На внешней поверхности цилиндра укреплен штырь (выступающий стержень) 11, приводящий в действие топливный насос 14 при падении ударной части вниз. Для запуска молота в работу захват «кошку» 7, подвешенный к канату 8 лебедки копра, опускают вниз для обеспечения автоматического зацепления крюка 6 за валик 5 ударного цилиндра, после чего «кошку» и сцепленную с ней ударную часть поднимают лебедкой в верхнее крайнее положение. Дальше поворотом вручную (через канат) рычага сброса 9 ударный цилиндр освобождают с «кошки», и он под действием собственной силы тяжести скользит по направляющим штангам вниз. При надвигании цилиндра на поршень 12 воздух, находящийся во внутренней полости цилиндра, сжимается (в 25–28 раз) и температура его резко повышается (до 600 °С). При нажатии штыря 11 цилиндра на приводной рычаг топливного насоса 14 дизельное топливо по топливопроводу 13 подается к форсунке 3 и распыляется в камере сгорания, смешиваясь с горячим воздухом. При дальнейшем движении цилиндра вниз горячая смесь самовоспламеняется, и в то же мгновение цилиндр наносит удар по шарнирной опоре, наголовник 15 которой надет на головку сваи. Расширяющиеся продукты сгорания смеси (газы) выталкивают ударную часть вверх и выходят в атмосферу. Поднимающийся рабочий цилиндр быстро теряет скорость, под действием собственного веса начинает опять падать вниз, и цикл повторяется. Дизель-молот работает автоматически до выключения топливного насоса.

Основным преимуществом штанговых дизельных молотов, определяющих их широкое применение на свайных работах, является мягкость удара и то, что штанговые дизель-молоты устойчиво работают при низких температурах и значительной величине осадки свай.

Трубчатые дизель-молоты (рис. 4.3) предназначены для забивки в грунт преимущественно железобетонных свай массой 1,2–10 т и могут работать при температуре окружающего воздуха от +40 до –40 °С. При температуре ниже –25 °С молоты при запуске подогревают.

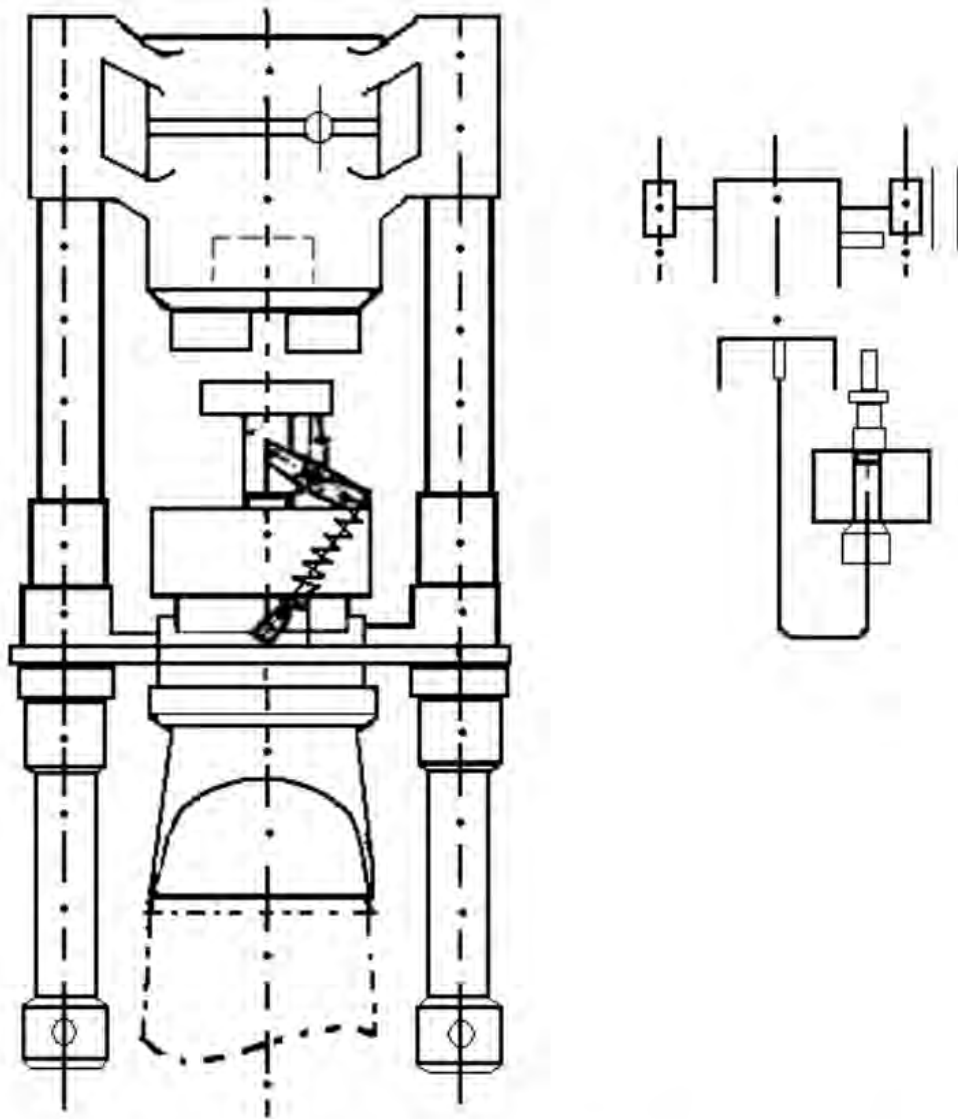


Рис. 4.2. Конструктивная и принципиальная схемы штангового дизель-молота

Промышленность выпускает пять моделей однотипных трубчатых дизель-молотов, различающихся между собой массой ударной части, которая составляет 1250, 1800, 2500, 3500 и 5000 кг.

Конструктивной и технологической особенностью трубчатых дизель-молотов является применение водяной системы охлаждения кольцевой камеры сгорания типа «Тор» и принудительной смазки.

В трубчатом дизель-молоте (см. рис. 4.3) тоже используется принцип двигателя внутреннего сгорания, но конструктивно он реализован иначе. Неподвижный цилиндр *II*, установленный на штанге копра, крепится к наголовнику сваи через шабот *2*. Наголовник *1* и шабот *2*

соприкасаются сферическими поверхностями, компенсирующими возможное отклонение оси молота от направления удара. Шабот 2 – металлическая пробка, закрывающая отверстие цилиндра 11 со стороны сваи и способная перемещаться относительно цилиндра в осевом направлении при ударах поршня 7. Его выпадение из цилиндра предупреждается фиксирующим устройством. Цилиндрический зазор между шаботом 2 и цилиндром 11 уплотнен компрессионными кольцами. Плоский нижний торец шабота опирается на наголовник сваи 12, а его верхний торец, находящийся внутри цилиндра 11, имеет сферическое углубление. Поршень 7, являющийся ударной частью молота и свободно перемещающийся вдоль цилиндра 11, внизу оканчивается выпуклой полусферой, эквидистантной углублению в шаботе 2.

Работа трубчатого дизель-молота осуществляется в такой последовательности. Перед пуском молота поршень 7 (см. рис. 4.3) «кошкой», подвешенной на канате лебедки копра, поднимается в крайнее верхнее положение, после чего происходит автоматическое расцепление «кошки» и поршня. При движении вниз поршень 7 включает насос подачи 4 топлива, которое, попав в цилиндр 11, собирается в углублении шабота 2. Сферическая головка бойка 9 поршня 7, ударяясь о поверхность шабота 2, разбрызгивает топливо в сжатом и раскаленном воздухе, в результате чего происходит образование и воспламенение топливовоздушной смеси. Сила взрыва толкает поршень 7 вверх, а шабот 2 – вниз, что сопровождается забивкой сваи. Вследствие воздействия на сваю последовательно двух ударов – механического и газодинамического – достигается высокая эффективность трубчатых дизель-молотов. При движении поршня 7 вверх расширяющиеся газы по мере открывания всасывающе-выхлопных патрубков 10 выбрасываются в атмосферу. Свежий воздух засасывается через те же патрубки 10 при дальнейшем движении поршня вверх. Достигнув крайнего верхнего положения, поршень 7 начинает свободно падать вниз, рабочий цикл повторяется, и в дальнейшем молот работает автоматически до полного погружения сваи.

Высота подскока ударной части дизель-молотов регулируется путем изменения количества впрыскиваемого насосом топлива, что позволяет изменять величину энергии удара в зависимости от типа сваи и плотности грунта. Трубчатые молоты более эффективны, чем штанговые, так как при равной массе ударной части могут забивать более тяжелые (в два–три раза) сваи за один и тот же отрезок времени.

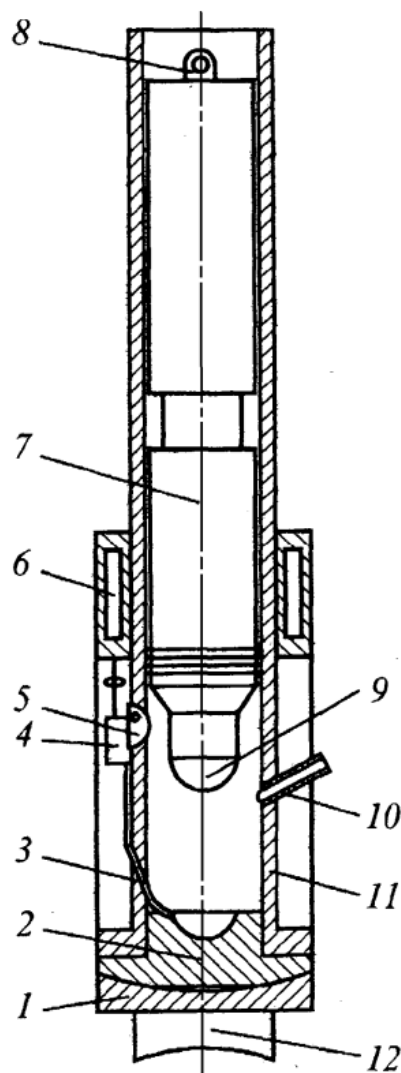


Рис. 4.3. Трубчатый дизель-молот:

- 1 – наголовник сваи; 2 – шабот; 3 – топливопровод; 4 – топливный насос;
 5 – рычаг включения топливного насоса; 6 – кольцевой топливный бак;
 7 – поршень; 8 – проушина для крепления поршня к канату лебедки;
 9 – сферическая головка бойка; 10 – всасывающе-выхлопной патрубок;
 11 – цилиндр; 12 – свая

По сравнению со штанговыми трубчатые молоты также обладают повышенной долговечностью.

Трубчатые дизель-молоты развивают энергию удара 40–60 кДж при высоте подброса ударной части 3000 мм и степени сжатия 15. Число ударов в минуту 42.

Основной показатель, характеризующий погружающую способность молота, – энергия одного удара. Она зависит от веса и высоты падения ударной части, а также энергии сгорания топлива.

Энергия удара свайных дизель-молотов

$$E = GH\eta, \text{ Дж},$$

где G – вес ударной части, Н;

η – КПД молота: для штанговых дизель-молотов $\eta = 0,35–0,40$, для трубчатых $0,60–0,65$.

Для конкретных условий строительства молот подбирают по необходимой номинальной энергии одного удара и коэффициенту применимости молотов.

Необходимая номинальная энергия удара

$$E_n \geq 25 P,$$

где P – расчетная нагрузка на сваю, Н.

По полученному значению E_n подбирают молот (по соответствующим справочникам), а затем его проверяют по коэффициенту применимости молота k , который определяют из отношения веса молота и сваи к энергии удара, т. е.

$$k = (Q_1 + q)/E_n,$$

где Q_1 – собственный вес молота, Н;

q – вес сваи (включая вес наголовника и подбабка), Н.

Значение k колеблется от 3,5 до 6 (в зависимости от материала сваи и типа молота). Например, для забивки железобетонных свай штанговым дизель-молотом $k = 5$, деревянных свай $k = 3,5$, а трубчатым – соответственно $k = 6$ и $k = 5$.

В комплект к молоту входит, как правило, наголовник, который необходим для закрепления сваи в направляющих сваебойной установки, предохранения головы сваи от разрушения ударами молота и равномерного распределения удара по площади сваи.

Внутренняя полость наголовника должна соответствовать очертанию и размерам головы сваи.

Копром называют металлическую конструкцию, предназначенную для фиксации сваи перед забивкой, монтажа свайного молота на свае, задания направления забивки и извлечения забитых свай.

Копры бывают на рельсовом ходу (универсальные металлические башенного типа) и самоходные на базе кранов, тракторов, автомашин и экскаваторов.

В промышленном и гражданском строительстве наиболее распространены сваи длиной 6–10 м, которые забивают с помощью самоходных сваебойных установок. Эти сваебойные установки маневренны и имеют устройства, механизмирующие процесс подтаскивания и подъема сваи, установку головы сваи в наголовник, а также выравнивание стрелы.

Копровая установка (рис. 4.4) состоит из поворотной или неповоротной платформы на шасси или опорах, на которой расположены противовес, кабина с органами управления, моторный отсек и мачта (копер). Мачта 5 шарнирно крепится к платформе опорной секцией, а угол ее наклона фиксируется гидроцилиндрами. В верхней части мачты смонтированы наголовник 4 и грузовые блоки 3 для установки сваи и молота, а также их подъема и опускания.

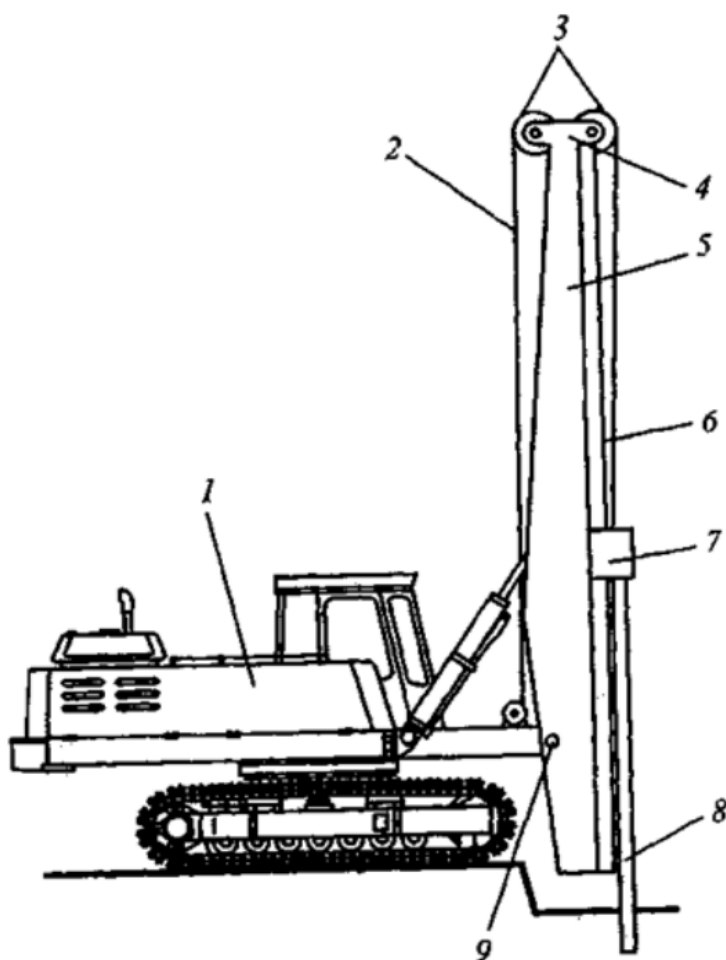


Рис. 4.4. Самоходная копровая установка:

- 1 – базовое шасси; 2 – грузовой канат; 3 – грузовые блоки; 4 – наголовник;
 5 – мачта; 6 – направляющие для сваепогружающего агрегата;
 7 – сваепогружающий агрегат; 8 – свая; 9 – опорный шарнир

Вибрационные машины разделяются на вибропогружатели и виброломолоты. По числу колебаний разделяются на низкочастотные (с частотой 300–500 колебаний в 1 мин) и высокочастотные с частотой 700–1500 колебаний в 1 мин.

Вибропогружатели сообщают погружаемым (или извлекаемым) в грунт элементам (свае, шпунту, трубе) направленные вдоль их оси колебания определенной частоты и амплитуды, благодаря чему резко снижается коэффициент трения между грунтом и поверхностью внедряемого (извлекаемого) элемента. Они применяются для погружения в песчаные и супесчаные водонасыщенные грунты металлического шпунта, двутавровых балок, труб, железобетонных свай и оболочек, а также извлечения их из грунта. Низкочастотные вибропогружатели относят к числу простых по конструкции.

На рис. 4.5 показана схема вибропогружателя. Он состоит из электромеханического вибратора, имеющего две пары валов с насаженными дебалансами-эксцентриками, электродвигателя, привода от него на вал вибратора с клиноременной или зубчатой передачей и наголовника для установки и закрепления вибропогружателя на свае.

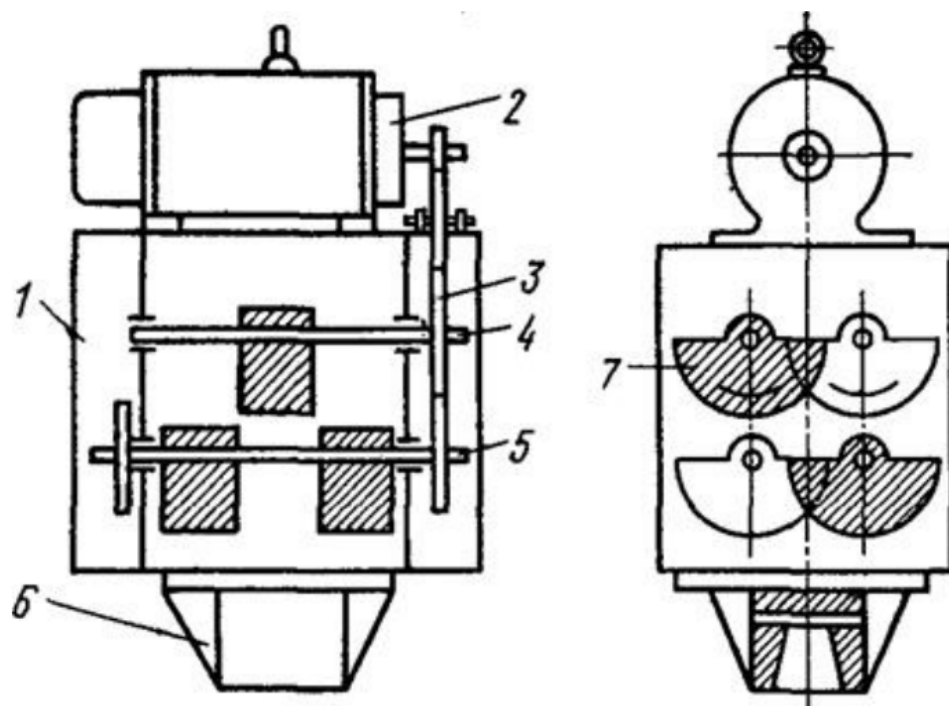


Рис. 4.5. Схема низкочастотного вибропогружателя:
 1 – корпус вибратора; 2 – электродвигатель; 3 – клиноременная или зубчатая передача; 4 – верхняя пара валов; 5 – нижняя пара валов; 6 – наголовник;
 7 – дебалансовые шайбы-эксцентрики

Высокочастотный вибропогружатель с подрессорной пригрузкой (рис. 4.6) состоит из электродвигателя 1, размещенного на пригрузочной плите 2, вибратора 3, пружин 4, соединяющих пригрузочную плиту с вибратором, конического редуктора 5, вертикальной цепной передачи 6, наголовника с клином 7 для присоединения к шпунту и подвески 8.

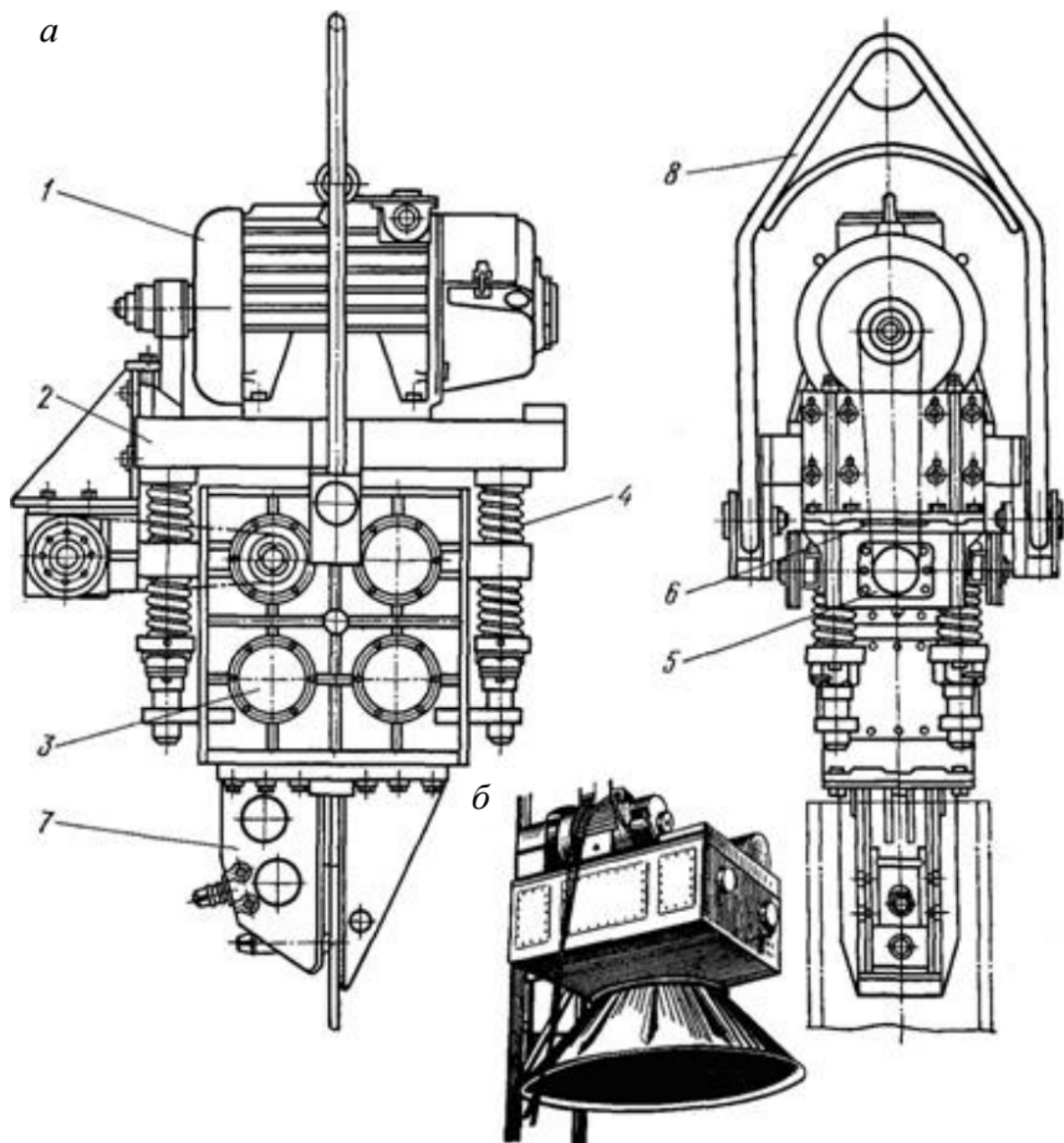


Рис. 4.6. Виды вибропогружателей:
а – схема высокочастотного вибропогружателя с подрессорной пригрузкой;
б – вибропогружатель для погружения железобетонных свай-оболочек
 диаметром 1,5–3,0 м

Дебалансы вибратора состоят из двух частей – неподвижной и подвижной. Подвижные эксцентрики можно устанавливать под определенным углом относительно неподвижных и этим изменять статический момент от нуля до максимума. Пружины защищают электродвигатель от вибрации, повышая срок его службы и улучшая условия работы.

Основными недостатками вибропогружателей являются непригодность для погружения свай (шпунта) в связные маловлажные грунты и сравнительно небольшой срок службы электродвигателей.

Вибромолоты сообщают погружаемым элементам как вибрационные, так и ударные импульсы и обеспечивают эффективное погружение в плотные грунты металлического шпунта длиной до 13 м, металлических свай и труб длиной до 20 м. Конструкции вибромолотов имеют мало различий. Некоторые типы молотов могут работать как в ударном, так и в безударном режимах в зависимости от жёсткости упругой системы, параметров вибратора, сопротивления грунта погружению и т. д. Вибромолоты используют также для погружения железобетонных свай в однородные водонасыщенные грунты и извлечения из грунта труб, свай и шпунта.

Основными элементами вибромолота являются подпружиненная ударная часть, нижняя пригрузочная плита и наголовник. Ударная часть представляет собой (рис. 4.7) двухвальный бестрансмиссионный вибровозбудитель 1 направленных вертикальных колебаний с бойком 3.

В корпусе вибровозбудителя смонтированы два электродвигателя, на параллельных валах которых, синхронно вращающихся в различных направлениях, закреплены дебалансы 2 с регулируемым статическим моментом. Ударная часть 1 и нижняя плита с наковальней 5 соединены между собой рабочими пружинами 4. Наголовник 6 соединяется с погружаемым элементом жестко или надевается на него свободно, без закрепления. При вращении дебалансов боек 3 колеблющегося вибровозбудителя наносит частые (до 24 Гц) удары по наковальне 5, свободно установленной на нижней плите молота и передающей удары непосредственно погружаемому элементу. Режим работы вибромолота (энергия и частота ударов) регулируют в процессе его работы путем изменения зазора между бойком 3 и наковальней 5, в каждом отдельном случае добиваясь наибольшей производительности машины.

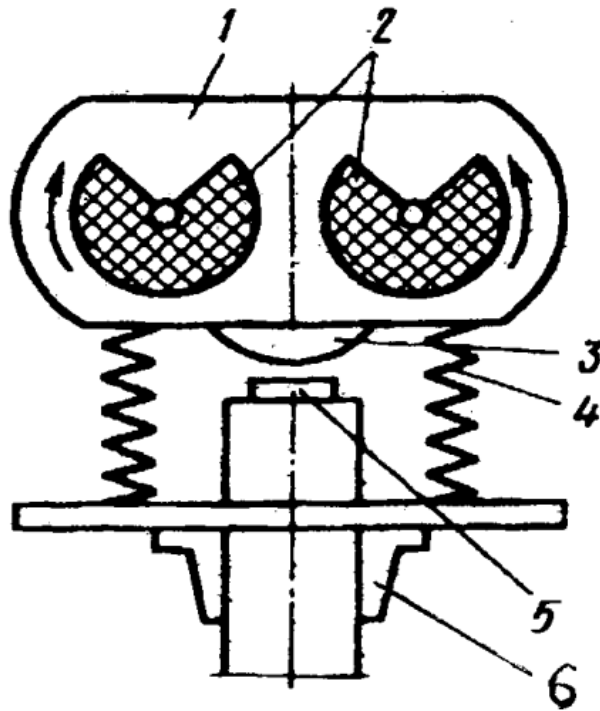


Рис. 4.7. Принципиальная схема вибромолота:
 1 – ударная часть с электродвигателем; 2 – дебалансы; 3 – боек;
 4 – пружины; 5 – наковальня; 6 – наголовник

Вибропогружатели и вибромолоты работают в комплексе с копром или стреловым самоходным краном соответствующей грузоподъемности.

Энергия удара вибромолота

$$E = m v^2 / [2(1 - R)], \text{ Дж,}$$

где m – масса ударной части молота, кг;

v – ударная скорость вибромолота, м/с: $v \leq 2$ м/с;

R – условный коэффициент восстановления скорости при ударе:
 $-1 \leq R \leq +1$.

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА КОМПЛЕКТА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНА И ЕГО ДОСТАВКИ НА ОБЪЕКТ СТРОИТЕЛЬСТВА

Задание к лабораторной работе

1. Изучить устройство и рабочий процесс бетоносмесителей.
2. Изучить назначение и устройство автобетононасоса.
3. Вычертить схему оборудования для производства и транспортировки бетона в соответствии с заданием.
4. Определить техническую производительность бетоносмесителя циклического действия в соответствии с заданием.
5. Изучить методику расчета эксплуатационных показателей бетононасоса.

Таблица 7.1

Техническая характеристика циклических гравитационных
бетоносмесителей

Показатели	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
	рис. 8.1	рис. 8.2	рис. 8.3	рис. 8.4	рис. 8.5	рис. 8.6	рис. 8.7
Марка бетоносмесителя	СБ-28	СБ-101	СБ-30	СБ-15	СБ-10А	СБ-94	СБ-103
Вместимость смесительного барабана, л	100	100	250	500	1200	1500	3000
Объем готового замеса, л	65	65	165	330	800	1000	2000
Частота вращения смесительного барабана, об/мин	23	30	20	18,2	17	12,6	12,6
Максимальная крупность заполнителя, мм	40	40	70	70	120	120	120
Мощность двигателя привода смесительного барабана, кВт	4,4	0,6	1,0	2,8	13,0	25,0	25,0
Масса бетоносмесителя, кг	265	213	500	1370	3945	3000	7600
Продолжительность перемешивания, с	40	50	60	60	80	120	120

Циклические гравитационные бетоносмесители (табл. 7.1) предназначены для приготовления подвижных бетонных смесей, имеющих водоцементное отношение 0,5...0,6 и выше.

Рабочим органом циклических гравитационных бетоносмесителей является вращающийся относительно своей продольной оси барабан, к внутренним стенкам которого прикреплены под определенными углами лопасти.

Наибольшее распространение получили циклические гравитационные бетоносмесители с грушевидным опрокидным и с двухконусным наклоняющимся барабаном.

Бетоносмесители СБ-28, СБ-101 с опрокидным грушевидным барабаном выполнены передвижными на колесном ходу и используются для приготовления бетонной смеси непосредственно на строительных площадках при небольших объемах бетонных работ.

Бетоносмесители с опрокидным барабаном СБ-30, СБ-94 выполняются по принципиальной схеме, приведенной на рис. 8.1.

Смесительный барабан 3 такого бетоносмесителя состоит из двух усеченных конусов и обечайки. Внутри к стенкам барабана 3 прикреплены лопасти. Барабан 3 крепится наглухо на выходном валу редуктора 4, установленного вместе с электродвигателем 5 на поворотной траверсе 2.

Траверса 2 опирается на подшипники рамы и может поворачиваться в них гидро- или пневмоцилиндром 1, шток которого шарнирно соединен с рычагом, наглухо закрепленном на траверсе 2. Бетоносмеситель СБ-30 является передвижным (на полозьях) и имеет скиповый подъемник для загрузки сухих составляющих в барабан, бетоносмеситель СБ-94 – стационарный, а составляющие бетонной смеси загружаются в барабан из грузоприемных ковшей дозаторов.

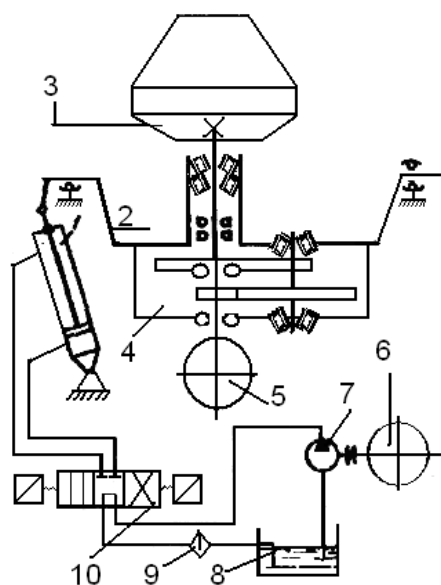


Рис. 7.1. Гравитационный бетоносмеситель с опрокидным барабаном:
1 – гидроцилиндр; 2 – траверса; 3 – смесительный барабан; 4 – редуктор;

5, 6 – двигатель; 7 – насос; 8 – бак; 9 – фильтр; 10 – распределитель

Бетоносмесители с двухконусным наклоняющимся барабаном СБ-10А, СБ-15 и СБ-103 выполняются стационарными. Конструктивная схема бетоносмесителей СБ-10А, СБ-15 и СБ-103 приведена на рисунке 7.2.

Рабочим органом бетоносмесителя СБ-103 является барабан, состоящий из двух усеченных конусов 2 и 7, соединенных большими основаниями с цилиндрической вставкой. На внешней стороне последней приварен бандаж 3 и зубчатый венец 4. На внутренней стороне барабана закреплены лопасти с уклоном к середине барабана. Барабан бандажем 3 опирается на опорные ролики 10 траверсы 6 и фиксируется на ней тремя парами упорных роликов 5, установленных на осях с обеих сторон траверсы 6. Траверса 6 своими цапфами 8 опирается на подшипники, закрепленные на стойках 9 основной рамы 13.

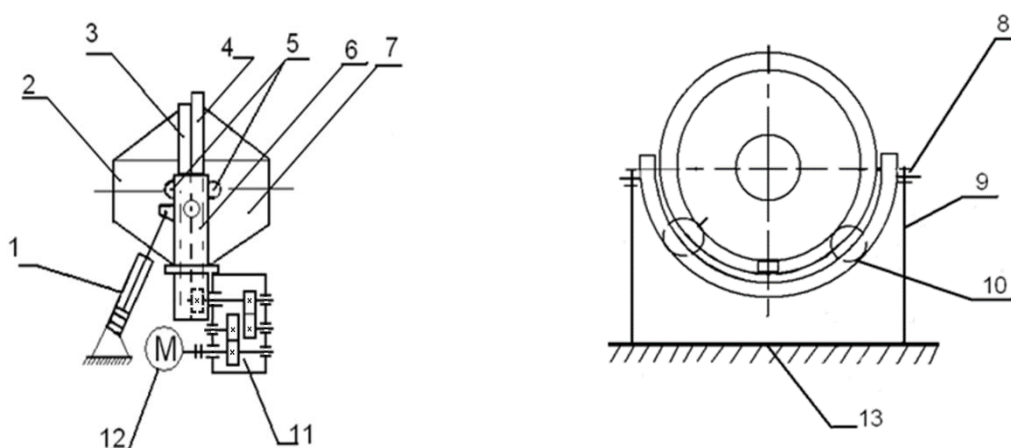


Рис. 7.2. Гравитационный бетоносмеситель с двухконусным наклоняющимся барабаном:

- 1 – гидро- или пневмоцилиндр; 2, 7 – усеченный конус; 3 – бандаж барабана; 4 – зубчатый венец; 5 – упорный ролик; 6 – траверса; 8 – цапфа; 9 – стойка; 10 – опорный ролик; 11 – редуктор; 12 – электродвигатель; 13 – рама

Электродвигатель 12 и редуктор 11 придала барабана установлены на траверсе 6 и приводят во вращение зубчатый венец барабана. Пневмо- или гидроцилиндр 1 наклона траверсы с барабаном закреплен на одной из стоек 9, а шток его соединен шарниром с кронштейном траверсы 6.

Рабочий цикл гравитационных бетоносмесителей состоит из следующих операций: загрузка составляющих бетонной смеси в барабан, перемешивание материала, нагрузка готовой смеси, возвращение барабана в положение загрузки.

Отдозированные сухие составляющие бетонной смеси загружаются в смесительный барабан в зависимости от вместимости бетоносмесителя вручную, скиповым подъемником или из грузоприемных ковшей дозаторов. Затем в барабан подается требуемое количество воды. При этом барабан

приводится двигателем во вращение относительно своей оси, расположенной с наклоном примерно 15° к горизонту у бетоносмесителей с грушевидным опрокидным барабаном или относительно горизонтальной продольной оси у двухконусных бетоносмесителей.

При вращении барабана составляющие бетонной смеси под действием сил трения о стенки барабана и между собой, а также лопастями, прикрепленными внутри барабана, поднимаются на некоторую высоту под действием сил тяжести скользят по лопастям и свободно падают вниз.

При этом различные частицы материала движутся относительно других частиц по пути наименьшего сопротивления и заполняют свободное пространство между более крупными частицами. Для выгрузки готовой бетонной смеси барабан опрокидывают соответствующим устройством горловиной вниз так, чтобы продольная ось его была наклонена под углом около 45° к горизонту.

Определение производительности циклических бетоносмесителей

Техническая производительность циклических бетоносмесителей определяется по формуле:

$$\Pi = \frac{3600V}{1000T_{\text{ц}}},$$

где V – объем готового замеса в л; $V = V_{\text{заг}} k_{\text{вых}}$;

$V_{\text{заг}}$ – вместимость барабана по загрузке сухих компонентов, л;

$k_{\text{вых}}$ – коэффициент выхода бетонной смеси, $k_{\text{вых}} = 0,65 \dots 0,70$;

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность одного рабочего цикла, с.

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \text{ с}$$

где t_1 – продолжительность загрузки барабана, принимается при ручной загрузке $t_1 = 40 \dots 50$ с, при загрузке скиповым подъемником $t_1 = 15 \dots 25$ с, при загрузке из грузоподъемных ковшей дозатора $t_1 = 10 \dots 15$ с;

t_2 – продолжительность перемешивания (табл. 8.1);

t_3 – продолжительность выгрузки готовой бетонной смеси, для бетоносмесителей с опрокидным и грушевидным барабаном и с двухконусным наклоняющимся барабаном $t_3 = 10 \dots 20$ с причем большие значения принимаются для бетоносмесителей с большей вместимостью барабана;

t_4 – продолжительность поворота барабана в положение загрузки составляющих смеси, принимается $t_4 = 3 \dots 5$ с.

Основными способами транспортирования бетонных смесей и строительных растворов являются перевозка их автотранспортом от места приготовления к строительным площадкам, перекачивание по трубопроводам, подача на место укладки в бадьях или других емкостях с помощью кранов.

Определенные требования к конструкции бетонотранспортных средств накладывают такие свойства бетонных смесей и растворов, как схватывание в течение ограниченного времени, расслаивание при перевозках без побуждения, испарение затворителей, подверженность воздействию атмосферных осадков, отрицательных и повышенных температур и т. п. С учетом этих требований, а также неизбежных потерь при транспортировании, сопровождающихся загрязнением окружающей среды, неспециализированные транспортные средства – самосвалы, бадьи, бункера и т. п. – повсеместно вытесняются специализированными бетонотранспортными машинами-автобетоносмесителями, автобетоновозами, растворовозами, бетононасосами, растворонасосами, установками для набрызга бетонной смеси.

Наибольшая экономическая эффективность использования бетонотранспортной техники достигается при сосредоточении ее в едином бетоноукладочном комплексе в составе бетононасоса (растворонасоса) и нескольких автотранспортных средств (3 – 10 автобетоносмесителей), число которых рассчитывают исходя из условия непрерывного подвоза бетонной смеси и в зависимости от расстояния между бетонным заводом и строительной площадкой. С усовершенствованием организации бетонных работ в состав комплекса могут быть также включены бетоносмесительные установки, а персонал комплекса дополнен бригадой бетонщиков.

Автобетоносмесители предназначены для доставки отдозированных компонентов бетонной смеси, приготовления ее в пути следования или по прибытии на строительный объект, а также доставки готовой смеси потребителю.

Автобетоносмесители представляют собой гравитационные смесители грушевидной формы, установленные на шасси автомобиля (табл. 7.2). В качестве приводного двигателя используется двигатель шасси либо автономный дизель-мотор. Смесительный барабан приводится во вращение либо через механическую передачу, включающую редуктор, цепь и зубчатый венец, закрепленный на барабане, либо через гидромеханическую передачу, включающую гидронасос, гидромотор, и планетарный редуктор.

Смесительные барабаны имеют внутри винтовые лопасти, обеспечивающие перемешивание бетонной смеси при вращении барабана в одну сторону и разгрузку – при вращении в обратном направлении.

Автобетоносмесители снабжены лоточными загрузочно-разгрузочными устройствами, баками для воды затворения и промывки, аппаратурой для подачи воды под давлением и ее дозирования.

Для обеспечения эксплуатации, в зимний период водяной бак, водяные трубы и другую водяную арматуру утепляют.

Таблица 7.2

Техническая характеристика автобетоносмесителей

Показатели	СБ-159А	АБС-5	АБС-6	СБ-92В-1
Базовое шасси	КамАЗ-5511		КрАЗ-250	КамАЗ-5511
Привод смесительного барабана	Гидромеханический от дизеля шасси			Механический от автономного дизеля
Максимальный объем перевозимой бетонной смеси, м ³ , в зависимости от плотности ρ , т/м ³ :				
1,8	5,0	5,0	6,0	5,0
2,2	4,0	4,1	5,0	4,0
Время перемешивания, мин	15...20			
Частота вращения смесительного барабана, мин ⁻¹	0...20	0...18	0...12	6...14
Темп выгрузки, м ³ /мин, при подвижности бетонной смеси:				
2...5 см	1			
7...8 см	2			
Наибольшая скорость автобетосмесителя при полной загрузке на горизонтальном участке дороги с твердым покрытием, км/ч	60			
Габаритные размеры автобетоносмесителя, мм, не более:				
длина	8000	7350	9540	7350
ширина	2500	2500	2500	2500
высота	3500	3420	3640	3460

Масса автобетоносмесителя, т, не более:				
снаряженного (порожного)	9,75	9,85	12,75	10,15
загруженного	19,15	19,425	24	19,15

Общий вид автобетоносмесителя показан на рисунке 7.3. Рама 8 технологического оборудования прикреплена к раме шасси 1 автомобиля КамАЗ-5511 с помощью болтов и кронштейнов и представляет собой сварной узел, состоящий из продольной рамы, задней стойки и передней стойки, которая является опорой для редуктора, и бака для воды. На задней стойке установлена роликовая опора барабана из двух роликов 4.

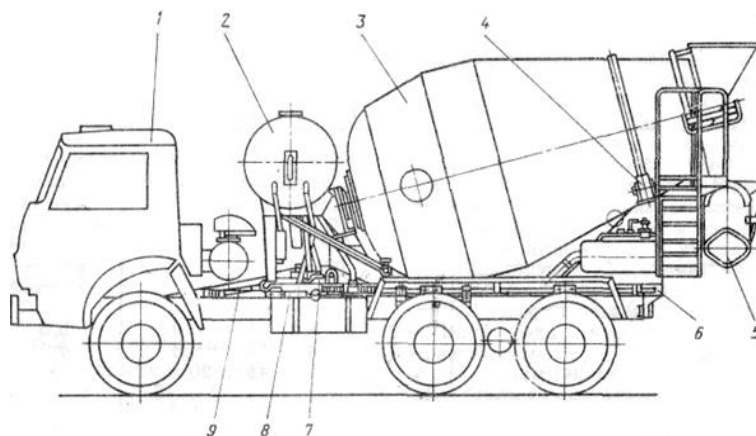


Рис. 7.3. Общий вид автобетоносмесителя:

- 1 – шасси автомобиля; 2 – водяной бак; 3 – смесительный барабан; 4 – ролик;
 5 – загрузочно-разгрузочное устройство; 6 – гидромотор; 7 – гидронасос;
 8 – рама; 9 – карданный вал

Смесительный барабан 3 выполнен в виде двух усеченных конусов, повернутых друг к другу основаниями и соединенных цилиндрической вставкой. Ось барабана имеет наклон 15° . Лопастей смесительного барабана винтовые двухзаходные. В переднем конусе барабана имеются два смотровых люка, через которые можно осуществлять аварийную разгрузку. Передней частью смесительный барабан прикреплен к редуктору; бандажом, установленным на заднем конусе, барабан опирается на роликовую опору.

Загрузочно-разгрузочное устройство 5 состоит из приемного бункера и системы лотков, которые могут поворачиваться относительно друг друга и изменять наклон, обеспечивая выгрузку бетонной смеси в нужном направлении.

Водяной бак 2 выпускается в двух модификациях (емкостью 400 и 800 л), снабжен указателем уровня и водомером. Наполнение бака производится

по рукаву. Дозируемая вода подается сжатым воздухом в смесительный барабан через разбрызгиватель; расход воды контролируется по указателю уровня и водомеру. Вода для промывки подается в обход водомера. Для подогрева воды в бак помещен теплообменник гидросистемы.

Для подачи воды используется избыточный сжатый воздух тормозной системы шасси, который через систему вентиля и предохранительный клапан, настроенный на 0,4 МПа, поступает в водяной бак и выдавливает из него воду.

Привод смесительного барабана осуществляется следующим образом. Крутящий момент от двигателя шасси передается через коробку отбора мощности и карданный вал 9 главному гидронасосу 7. От гидронасоса рабочая жидкость поступает в реверсивный гидромотор 6. Рабочее давление в системе составляет 16...20 МПа. Гидромотор соединен с трехступенчатым планетарным редуктором, выходной вал которого вращает смесительный барабан.

Гидросистема автобетоносмесителя включает также подпиточный насос, восполняющий утечки в системе главного гидронасоса и гидромотора, систему клапанов, рукавов высокого давления, бак и теплообменник.

Изменение подачи и направления потока масла (реверсирования подачи насоса) осуществляется изменением угла наклона поворотного корпуса главного насоса, выполненного по аксиально-поршневой схеме. При изменении угла от нуля до максимума в ту или иную сторону гидромотор вращает смесительный барабан по часовой стрелке или против нее.

Процессом загрузки и выгрузки управляют с выносного пульта 6, расположенного на задней стойке рамы; процессом побуждения в пути следования можно управлять из кабины водителя.

На рисунке 8.4 представлена кинематическая схема автобетоносмесителя. Объем перевозимой бетонной смеси V_6 и геометрическая вместимость смесительного барабана V_2 автобетоносмесителей связаны зависимостью

$$V_6 = V_2 k,$$

где k – коэффициент загрузки.

При перевозке готовых бетонных смесей принимают $k \leq 0,5...0,6$. Нижнее значение k соответствует условиям транспортирования сухих компонентов с последующим приготовлением бетонной смеси в автобетоносмесителе. Верхнее значение k соответствует условиям перевозки готовой бетонной смеси.

Мощность привода смесительного барабана рассчитывают по формуле

$$N = \frac{M_6 n_6}{\eta_m \eta_{en}}$$

где M_{σ} – момент на валу смесительного барабана, соответствующий режиму загрузки и перемешивания, определяется экспериментально (для автобетоносмесителей с объемом перевозимой смеси 5 м^3 $M_{\sigma} = 1500 \text{ Н} \cdot \text{м}$);

n_{σ} – частота вращения смесительного барабана в режиме загрузки и перемешивания;

η_m – КПД механической передачи;

$\eta_{гн}$ – КПД гидравлической передачи.

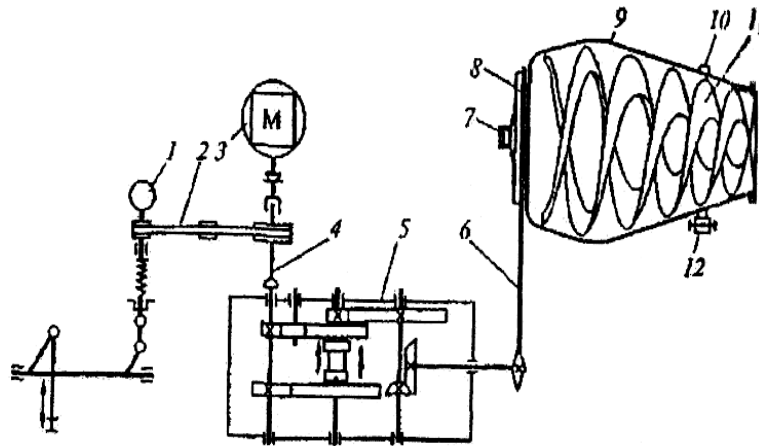


Рис. 7.4. Кинематическая схема автобетоносмесителя:

- 1 – насос; 2 – клиноременная передача; 3 – двигатель;
- 4 – карданный вал; 5 – редуктор; 6 – цепная передача;
- 7 – центральная цапфа; 8 – ведомая звездочка; 9 – барабан;
- 10 – гладкий бандаж; 11 – две спиральные лопасти; 12 – опорные ролики

Бетононасосы (табл. 7.3) предназначены для перекачивания по трубам (бетоноводам) бетонных смесей, принимаемых из автотранспортных средств, и подачи смесей к месту укладки. Их применяют во всех областях гражданского, промышленного и сельского строительства. Дополнительные возможности создает использование бетононасосов в комплекте с автономными бетонораспределительными стрелами-манипуляторами.

Использование бетононасосов требует высокой степени организации работ на строительной площадке; экономическая эффективность применения бетононасосов резко возрастает с увеличением объемов сменной выработки. Это определяется как факторами, общими для всех строительных машин, так и необходимостью выполнения специфических трудоемких вспомогательных работ – подачи пускового раствора для смазывания бетоноводов, промывки и очистки рабочих органов и бетоноводов при перерывах в работе, а также перекачивания и фиксации стационарных бетоноводов.

Бетононасосы классифицируются по принципу действия, способу передвижения и установки, типу приводного двигателя.

По принципу действия конструкции серийно выпускаемых бетононасосов разделяются на поршневые и роторно-шланговые (перистальтические).

По способу передвижения и установки различают автобетононасосы на базе автомобильных шасси (рис. 7.5), прицепные на колесном ходу и стационарные на рамах.

Источником энергии в автобетононасосах является дизель шасси или автономный дизель. Прицепные и стационарные бетононасосы могут быть оборудованы как дизелями, так и электродвигателями.

Таблица 7.3

Техническая характеристика бетононасосов

Показатели	СБ-126Б	СБ-126Б-1	БН-80-20М	СБ-161
Тип	Автобетононасос			Стационарный
Базовое шасси	КамАЗ-53213		КрАЗ-250	–
Производительность максимальная, м ³ /ч	65			60
Давление (максимальное) на бетонную смесь, МПа	6			
Подвижность перекачиваемой бетонной смеси (осадка конуса), см	6...12		4...12	6...12
Наибольшая крупность заполнителя, мм	50		40	40
Высота подачи бетонной смеси стрелой (максимальная), м	21		20	–
Вылет стрелы, м	18		17	–
Объем приемной воронки, м ³	0,6		0,4	0,6
Высота загрузки, мм	1400			
Габаритные размеры, мм:				
длина	10000		9887	5500
ширина	2500		2500	1850
высота	3800		3700	1500
Масса конструктивная, кг	17000	19100	19750	5400
Рабочая температура окружающего воздуха, °С	+40...-5	+40...-40	+40...-30	+40...-5

В бетононасосах всех типов можно выделить следующие основные узлы, смонтированные на общей раме (рис. 7.5): загрузочную воронку 6, привод, качающий узел 4, нагнетательный бетоновод 7, вспомогательные механизмы. Автобетононасосы, как правило, снабжены также бетонораспределительной

стрелой-манипулятором 2. Привод всех современных бетононасосов является гидравлическим с большим разнообразием принципиальных схем.

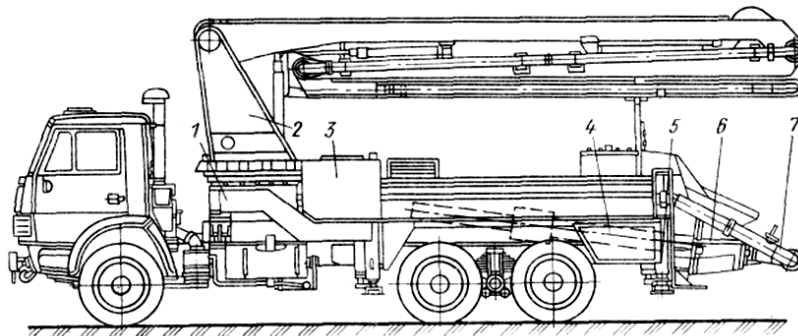


Рис. 7.5. Автобетононасос:

- 1, 5 – выдвижная опора; 2 – бетонораспределительная стрела-манипулятор;
3 – водяной бак; 4 – качающий узел; 6 – загрузочная воронка;
7 – нагнетательный бетоновод

Качающий узел поршневого бетононасоса состоит из цилиндропоршневой группы 5 и бетонораспределителя 3, поочередно направляющего нагнетаемую бетонную смесь в бетоновод 2 (рис. 7.6, а), при этом процесс нагнетания имеет циклический характер.

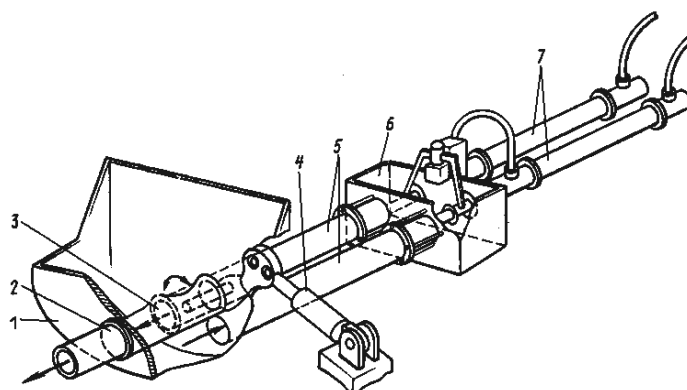


Рис. 7.6, а. Качающий узел поршневого бетононасоса:

- 1 – загрузочная воронка; 2 – бетоновод; 3 – бетонораспределитель;
4 – гидроцилиндр перемещения; 5 – бетонотранспортный цилиндр;
6 – промывочная воронка; 7 – главный цилиндр гидропривода

Качающий узел роторно-шланговых бетононасосов (рис. 7.6, б) выполнен в виде ротора, несущего 2-3 прижимных ролика и вращающегося внутри барабана, при этом ролики обкатываются по шлангу, уложенному по внутренней поверхности барабана, и выдавливают бетонную смесь из шланга в бетоновод. Благодаря образуемому в шланге разрежению в него всасываются новые порции бетонной смеси из приемной воронки. Таким

образом, процессы всасывания и нагнетания осуществляются практически непрерывно.

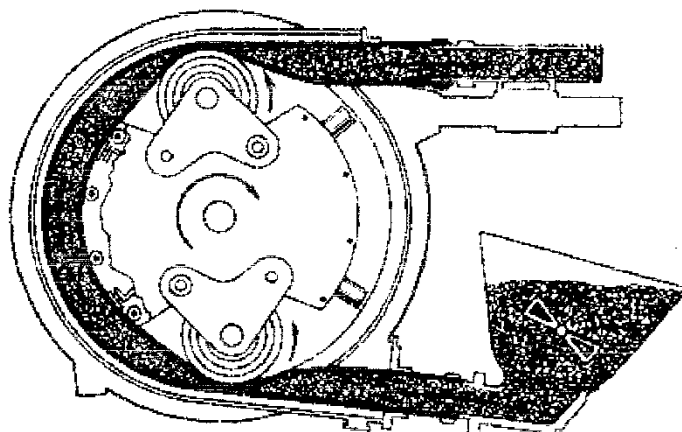


Рис. 7.6, б. Качающий узел роторно-шлангового бетононасоса

Поршневые бетононасосы развивают давление на бетонную смесь 6 МПа и более, но при этом отличаются сложностью гидросхем привода. Роторные бетононасосы развивают давление не более 3 МПа, но благодаря простоте конструкции отличаются большей надежностью и простотой обслуживания.

Бетоноводы бетононасосов собирают из отрезков труб с внутренним диаметром 100–125 мм, соединяемых между собой быстросъемными замками с резиновыми манжетными уплотнениями. Назначение бетоноводов – подача бетонной смеси от бетононасоса к месту укладки. В автобетононасосах бетоноводы прикрепляют к раме и бетонораспределительной стреле-манипулятору.

Стационарные и прицепные бетононасосы нагнетают бетонную смесь в бетоноводы, проложенные по строительной площадке и ее сооружениям.

Бетонораспределительные стрелы автобетононасосов состоят из трех и более шарнирно-сочлененных секций, раскладывающихся с помощью гидроцилиндров.

Вспомогательные механизмы компрессор и водяной насос – обеспечивают промывку и очистку рабочих органов бетононасоса после работы. Бетоновод очищается шарами из губчатой резины, продавливаемыми под давлением, создаваемым компрессором. Прочие узлы технологического оборудования отмываются от бетонной смеси струей из шланга, присоединенного к водяному насосу.

Автобетононасосы, предназначенные для работы при отрицательных температурах, оборудованы кабинами операторов и снабжены системами обогрева технологического оборудования.

Автобетононасос СБ-126Б имеет качающий узел, состоящий из цилиндропоршневой группы и бетонораспределителя (рис. 7.6).

В цилиндропоршневую группу входят два цилиндра 5 бетононасоса диаметром по 180 мм, поршни которых приводятся в движение штоками главных цилиндров 7 гидропривода диаметром по 100 мм. Между цилиндрами гидропривода и цилиндрами бетононасоса расположена промывочная воронка 6, в которую перед работой бетононасоса заливается вода с целью смазывания рабочих поверхностей цилиндров бетононасоса и их обрешиненных поршней.

Поршни цилиндров бетононасоса работают в противофазном режиме: когда один из них обеспечивает всасывание бетонной смеси, другой синхронно осуществляет такт нагнетания, после завершения, которого этот поршень, в свою очередь, становится всасывающим, а первый нагнетающим и т. д. Выходные отверстия нагнетающих цилиндров попеременно соединяются с бетоноводом 2 с помощью поворотного бетонораспределителя 3, помещенного в загрузочную воронку 1 и выполненного в виде трубчатого тройника. Перемещения бетонораспределителя осуществляются с помощью двух плунжерных гидроцилиндров 4.

Согласованная работа всех гидроцилиндров в автоматическом режиме обеспечивается принципиальной гидросхемой (открытого типа), включающей три насоса и ряд гидрораспределителей с гидравлическим управлением. Привод всех насосов осуществляется от дизеля шасси КамАЗ-53213 через коробку отбора мощности.

Бетонораспределительная стрела 2 (рис. 7.5) с вылетом 18 м состоит из трех секций коробчатого сечения; первая (корневая) секция поднимается спаренными гидроцилиндрами диаметром 100 мм, вторая – цилиндром диаметром 125 мм и третья – цилиндром диаметром также 100 мм.

Корневая секция стрелы шарнирно закреплена на стойке, установленной на поворотном круге. Поворот стрелы на 360° осуществляется гидромотором через зубчатое зацепление, венец которого входит в конструкцию поворотного круга.

Бетоновод 7, проложенный вдоль всех секций стрелы, заканчивается резиноканевым шлангом длиной 5 м. В местах шарнирного соединения секций стрелы секции бетоновода также имеют поворотные уплотненные соединения.

В рабочем положении автобетононасос устанавливают на выдвижные опоры 1 и 5.

Вспомогательные механизмы – компрессор и водяной насос имеют гидравлический привод, каждый из них развивает давление до 0,7 МПа. Вода в водяной насос поступает из бака 3 вместимостью 400 л.

Управление работой бетононасоса 4 и бетонораспределительной стрелы 2 осуществляется с помощью выносного пульта, снабженного кабелем длиной 18 м. Вспомогательные механизмы и выдвижные опоры управляются со стационарного пульта.

Основными показателями технической характеристики бетононасоса являются производительность Q и давление на бетонную смесь p .

Произведение этих величин дает в общем виде формулу затрачиваемой мощности

$$N = \frac{Qp}{\eta_m \eta_{en}},$$

где η_m – механический КПД привода;

η_{en} – КПД гидропривода.

Как видно из выражения, при ограниченной мощности приводного гидронасоса максимальные значения Q и p не могут быть достигнуты одновременно.

Различают теоретическое Q_m и техническое Q_n значения производительности.

Теоретическая производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$Q_m = 60 \frac{\pi D^2}{4} L n$$

где D – диаметр цилиндра бетононасоса, м;

L – ход поршня бетононасоса, м;

n – суммарное число ходов поршней бетононасоса в минуту.

Техническая производительность

$$Q_n = Q_m \eta_o,$$

где η_o – объемный КПД цилиндра бетононасоса.

Значения η_o , характеризующие заполнение цилиндра бетононасоса при всасывании, обусловлены реологическими свойствами бетонных смесей. Для наиболее распространенных марок $\eta_o = 0,7 \dots 0,9$.

Давление на бетонную смесь p , развиваемое поршнем бетононасоса, определяется по формуле

$$p = p_2 \frac{d^2}{D^2} - \Delta p_2,$$

где p_2 – давление в гидросистеме, максимальное значение которого задается настройкой предохранительного клапана;

d – диаметр главного гидроцилиндра;

Δp_2 – потери в гидросистеме, составляющие около $0,1 p_2$.

ИЗУЧЕНИЕ МАШИН ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ**21. 1. Задание к лабораторной работе**

1. Изучить устройство и принцип действия поверхностных и глубинных электромеханических вибраторов.
2. Вычертить принципиальную схему вибратора.
3. Описать устройство вибратора.
4. Определить производительность вибратора при заданных условиях работы.

Т а б л и ц а 21.1

Варианты задания

Показатели	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
Марка вибратора	ИВ-61	ИВ-81	ИВ-75	ИВ-67	ИВ-47	ИВ-79	ИВ-80
Радиус действия вибратора, мм	–	–	200	400	500	450	450
Толщина уплотняемого слоя, мм	200	400	–	–	–	–	–
Продолжительность вибрации на одном месте, с	60	30	60	30	35	35	38

21.2. Общие указания об устройстве и принципе работы вибраторов

Электромеханические вибраторы, применяемые для уплотнения бетона, делятся на поверхностные и глубинные.

Поверхностные вибраторы предназначены для послойного (толщиной 20...40 см) уплотнения бетона при медленном перемещении вибратора на поверхности уплотненного слоя бетонных изделий и отсутствии арматуры, выступающей над поверхностью уплотняемого слоя.

Поверхностные вибраторы ИВ-61, ИВ-81 с круговыми колебаниями имеют электромеханический вибровозбудитель, закрепленный на площадке 9 (рис. 21.1), который представляет собой трехфазный электродвигатель 3 с короткозамкнутым ротором 5. На консолях вала 7 двигателя закреплены дебалансы 1, закрытые литыми алюминиевыми крышками 8, которые вместе с подшипниковыми щитами 2 прикреплены к корпусу шпильками и гайками 6.

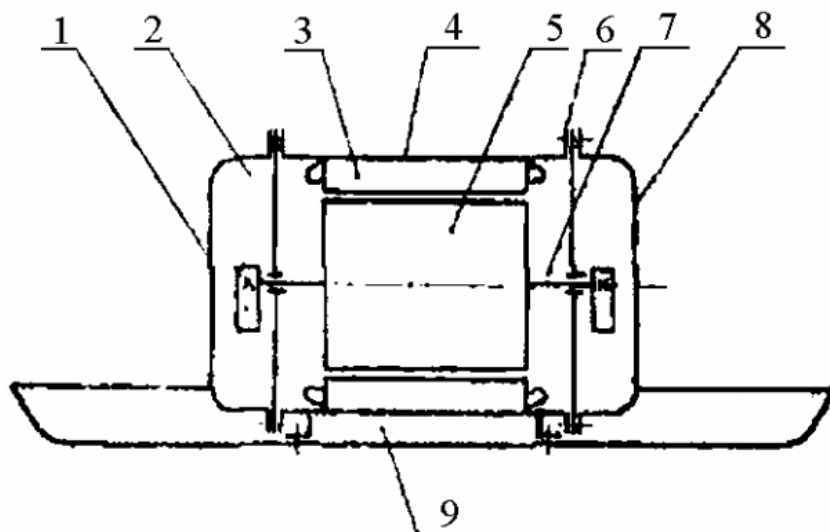


Рис. 21.1. Поверхностный вибратор с круговыми колебаниями

При вращении неуравновешенного вала 7 возникает вынуждающая (центробежная) сила, приводящая в колебание площадку 9, а от нее – бетонную смесь, на которой установлен поверхностный вибратор. При этом частицы бетонной смеси приходят в движение, более мелкие располагаются между средними и более крупными, вытесняя воздух. При работе площадка не отрывается от бетонной смеси, а только меняется сила прижатия ее к бетону.

Площадка 9 вибратора выполнена в виде прямоугольного корытообразного основания, с двух сторон которого приварены рычаги 10 в виде скоб для перемещения вибратора.

Глубинные электромеханические вибраторы выполняются двух типов:

- а) с вынесенным двигателем и гибким валом;
- б) со встроенным двигателем (вибробулавы).

Глубинные вибраторы применяются для послойного уплотнения армированной бетонной смеси. При этом толщина уплотнения слоя

должна не превышать длины вибронаконечника, а расстояние между стержнями арматуры – быть несколько больше его диаметра. Арматура может выступать над поверхностью уплотняемого слоя.

Производительность таких вибраторов зависит от радиуса действия и продолжительности вибрирования на одном месте.

Глубинные вибраторы с гибким валом ИВ-75, ИВ-67, ИВ-47 и др. состоят из приводного асинхронного электродвигателя 1, гибкого вала 9 и вибронаконечника 12 (рис. 21.2).

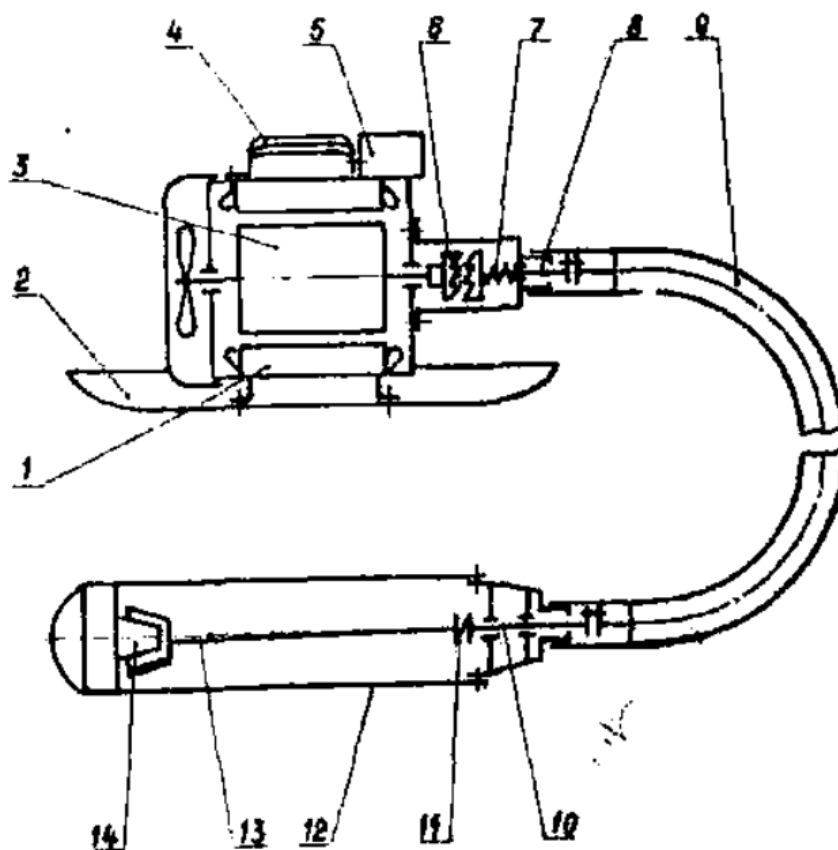


Рис. 21.2. Глубинный вибратор с гибким валом

Корпус электродвигателя крепится на подставке 2 и снабжен ручкой для переноса 4.

При включении выключателем 5 электродвигателя вращающий момент от ротора 3 передается посредством кулачковой муфты 6 с пружиной 7 шпинделю 8, от него через гибкий вал – шпинделю 10 вибронаконечника и далее через упругую муфту 11 – на эксцентричный бегунок 13. При вращении бегунка, центр тяжести которого смещен относительно его оси симметрии, возникает вынуждаю-

щая (центробежная) сила, которая через конус 14 передается корпусу 12 и вызывает его круговые колебания, которые передаются бетонной смеси, прилегающей к погруженному в нее вибронаконечнику, и вызывают ее уплотнение. Под действием возмущающей силы, непрерывно изменяющей направление, частицы бетонной смеси приходят в движение, при этом более мелкие заполняют промежутки между средними и наружными.

Ручные глубинные вибраторы со встроенным высокочастотным электродвигателем ИВ-79, ИВ-80 и др. удобны в работе и дополняют ряд глубинных вибраторов с гибким валом (рис. 21.3).

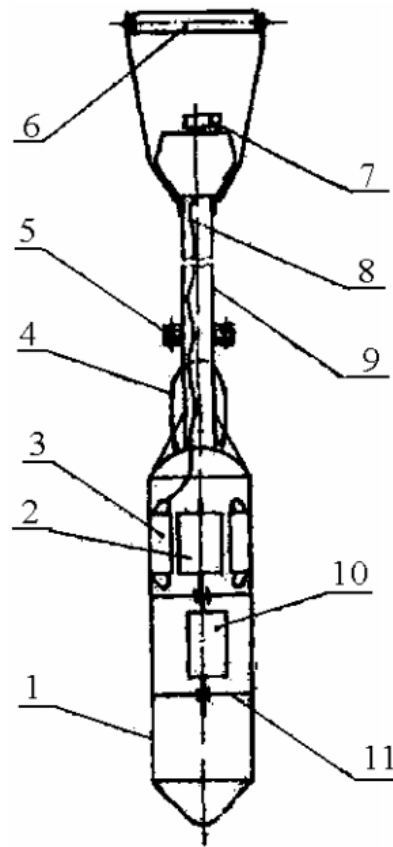


Рис. 21.3. Ручной вибратор со встроенным высокочастотным электродвигателем

Вибратор состоит из корпуса 1, изготовленного из стальной трубы, внутри которого помещен высокочастотный электродвигатель 3. Статор электродвигателя запрессован в корпус, а его обмотка соединена кабелем 8 с выключателем 7. Полая штанга 9 соединена с корпусом через амортизатор 5. Вал с дебалансом 10 установлен на двух подшипниках, воспринимающих вынужденную силу, создаваемую дебалансом. Ротор 2 электродвигателя помещен на валу, который одним концом опирается на дебалансный вал, а другим —

на подшипник 11. Корпус вибратора снизу закрыт массивным наконечником. Возмущающая сила, постоянная по величине, но переменная по направлению, передается на корпус 1 и вызывает его круговые колебания, которые передаются бетонной смеси, прилегающей к погруженному в нее корпусу вибровозбудителя, и вызывают ее уплотнение. Для подъема вибратора и погружения его в бетонную смесь на нем имеются рукоятки 4 и 6.

Т а б л и ц а 21.2

Технические характеристики поверхностных вибраторов
с круговыми колебаниями

Показатели	ИВ-61	ИВ-81
Мощность электродвигателя, кВт	0,4	1,1
Частота колебаний, Гц	22	22
Вынуждающая сила, Н	5000	20000
Размеры основания, мм	830×430	2050×400
Количество дебалансов	2	2
Момент небалансов, Н·м	0,65	0,65

Т а б л и ц а 21.3

Технические характеристики глубинных вибраторов с гибким валом

Показатели	ИВ-75	ИВ-67	ИВ-47
1	2	3	4
Наружный диаметр корпуса вибронаконечника, мм	28	51	75

Окончание табл. 21.3

1	2	3	4
Момент дебаланса, Н·м	0,18	0,103	0,35
Частота колебаний в минуту	2000	16000	10000
Вынуждающая сила, Н	800	3000	4000
Длина рабочей части, мм	400	410	440

Мощность, кВт	0,8	0,8	1,2
Напряжение, В	36	36	36
Масса вибронаконечника, кг	1,2	4,5	8,7

Т а б л и ц а 21.4

Технические характеристики глубинных вибраторов со встроенным высокочастотным электродвигателем

Показатели	ИВ-79	ИВ-80
Наружный диаметр корпуса, мм	75	100
Частота колебаний, Гц	185	185
Возмущающая сила, Н	550G	12000
Мощность электродвигателя, кВт	0,8	1,5
Частота тока, Гц	200	200
Напряжение, В	36	36
Масса, кг	15	21

21.3. Методические указания к определению производительности вибраторов

Производительность вибраторов зависит от радиуса действия и продолжительности вибрирования на одном месте и определяется по формулам:

для глубинных вибраторов

$$П = 2r^2 \delta \frac{3600}{t + t_1} k_n k_e, \text{ м}^3/\text{ч};$$

для поверхностных вибраторов

$$П = F \delta \frac{3600}{t + t_1} k_n k_e, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где r – радиус действия вибратора, м;

- δ – толщина уплотняемого слоя, м;
 t – продолжительность вибрирования на одном месте, с;
 t_1 – время на перестановку вибраторов на новое место, с
(5...10 с);
 k_n – коэффициент перекрытия уплотняемой зоны (0,82...0,85);
 k_e – коэффициент использования вибратора по времени,
 $k_e = 0,75$;
 F – площадь основания вибратора, м².

Лабораторная работа №14

ИЗУЧЕНИЕ МОСТОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕМОНТА И ОБСЛУЖИВАНИЯ МОСТОВ

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы машины мостовой для строительства, ремонта и обслуживания мостов.

Задание:

1. Изучить конструкцию и принцип работы машины мостовой по методическим указаниям;
2. Вычертить конструктивную схему машины мостовой и кратко составить описание ее принципа работы в отчет.

Теоретические сведения

Машина мостовая ПГММ8-АП10-2.5 устанавливается на базе автомобиля МАЗ 5340Б3 и предназначена для обслуживания и инспекции нижних и фасадных поверхностей пролетных строений мостов и путепроводов при проведении строительно-монтажных работ.

Оборудование приводится в рабочее состояние и транспортное положение средствами объемного гидропривода. В рабочем положении оборудование может перемещаться вдоль моста. Платформа работает в любых климатических условиях и на заснеженных поверхностях.

Техническая характеристика мостовой платформы приведена в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Техническая характеристика мостовой машины ПГММ-АП10-2.5

Наименование параметра	Значение параметра	Единица измерения
Максимальное проникновение по отношению к краю моста	10,0	м
Максимальная глубина опускания	5,2	м
Ширина рабочей платформы	1,0	м
Ширина занимаемого места на мосту	2,5	м
Максимальная грузоподъемность рабочей платформы	400	кг
Максимальная ширина тротуара моста	2,5	м
Угол вращения под мостом	180	градусов
Общий вес	13	т
Длина в транспортном положении	9,85	м
Высота в транспортном положении	4,0	м
Ширина в транспортном положении	2,5	м
Высота перекрываемого шумозащитного экрана	2,5	м

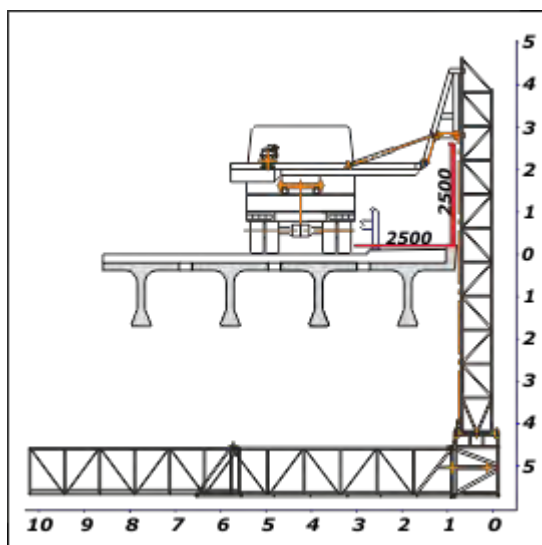


Рисунок 14.1 – Мостовая машина ПГММ-АП10-2.5 в рабочем положении

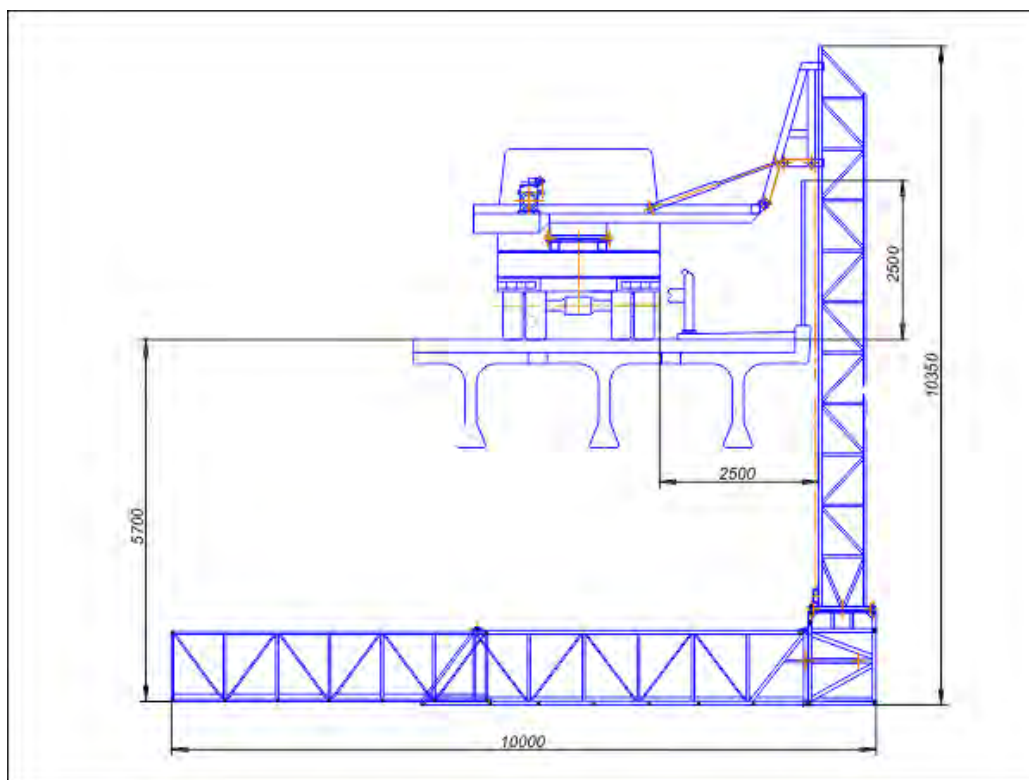


Рисунок 14.2 - Размерные параметры машины мостовой ПГММ-АП10-2.5 в рабочем положении

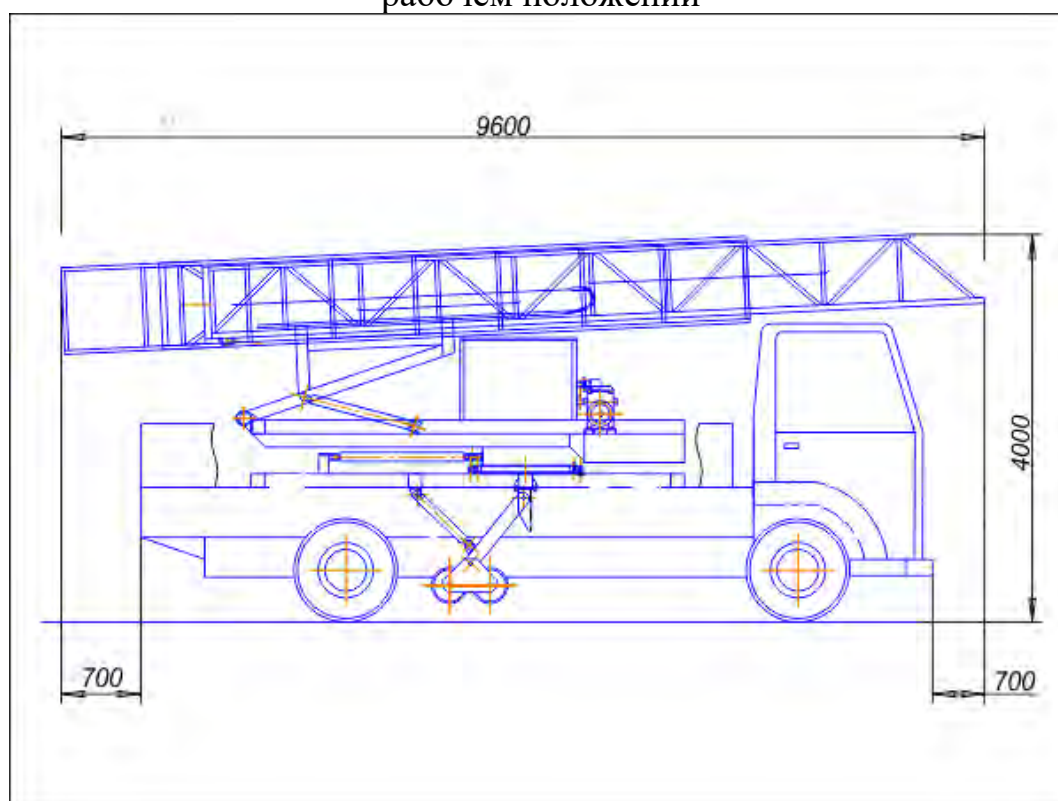


Рисунок 14.3 – Машина мостовая ПГММ-АП10-2.5 в транспортном положении

III КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

Вопросы для самоконтроля

1. Какие механические передачи применяются в строительных машинах?
2. Какое силовое оборудование применяется в строительных машинах?
3. Из каких элементов состоит гидравлический привод?
4. Поясните принцип действия гидравлического привода.
5. Из каких элементов состоит пневматический привод?
6. Поясните принцип действия пневматического привода.
7. Какие виды ходового оборудования применяются в конструкциях строительных машин?
8. Какие технико-эксплуатационные показатели характеризуют машины для транспортного строительства?
9. Приведите общую классификацию строительных машин по видам работ.
10. Какие машины относятся к специализированным транспортным средствам?
11. Для каких видов работ применяются транспортирующие машины?
12. Приведите общую характеристику грузоподъемных машин.
13. Поясните конструкцию и принцип работы домкратов.
14. Поясните систему индексации строительных башенных кранов.
15. Перечислите основные механизмы и конструктивные элементы строительных башенных кранов.
16. Поясните конструкцию и принцип работы козлового крана.
17. Какие рабочие органы устанавливаются на землеройных машинах?
18. Как определяется производительность землеройных машин?
19. Поясните систему индексации одноковшовых строительных экскаваторов.
20. Как определяется производительность одноковшовых строительных экскаваторов?
21. Поясните систему индексации многоковшовых экскаваторов.
22. Поясните конструкцию и принцип работы машин для бестраншейной прокладки коммуникаций.
23. Как классифицируются и для каких видов работ применяются бурильно-крановые машины?
24. Поясните принцип работы машин для уплотнения грунтов.
25. Поясните конструкцию и принцип работы машин для заглубления свай.
26. Перечислите основные способы дробления каменных материалов.
27. Поясните особенности конструкций и принцип работы дробилок с простым и сложным движением подвижной щеки.
28. поясните принцип работы конусных дробилок.
29. Поясните конструкцию и принцип работы молотковых дробилок.

30. Приведите классификацию, конструктивные схемы и поясните принцип работы грохотов.
31. Поясните классификацию и принцип действия бетоносмесителей.
32. Какие машины применяют для подачи готовой бетонной смеси к строительному объекту?
33. Приведите классификацию и поясните принцип работы машин для уплотнения бетонной смеси.
34. Поясните конструкцию и принцип работы машин для обслуживания

IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Учебная программа

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 7-07-0732-03-2023 и учебного плана по специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций», профилизация «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены».

4.1.1 Пояснительная записка

Учебная программа по учебной дисциплине «Машины для транспортного строительства» разработана для специальности 6-05-0715-07 специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций», профилизация «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены».

Целью изучения учебной дисциплины является – изучить общие схемы устройства машин для транспортного строительства, их принцип работы и технологические возможности в различных режимах эксплуатации при строительстве мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов.

Основными задачами преподавания учебной дисциплины являются изучение:

- классификации, назначения и областей применения машин для транспортного строительства;
- основных (базовых) принципов устройства и работы мобильных, передвижных и стационарных машин строительного комплекса;
- методики построения символических (графических) изображений конструктивных, кинематических и принципиальных гидравлических схем приводов и общих схем конструкций;
- рабочие процессы, технологические возможности основного и вспомогательного рабочего оборудования машин, рациональные приемы выполнения работ по строительству транспортных объектов;
- основные конструктивные и эксплуатационные параметры машин;
- методику определения производительности.

Для освоения учебной дисциплины «Машины для транспортного строительства» необходимо также наличие у обучающихся академических компетенций по математике – решение линейных алгебраических уравнений, основы математического анализа; по теоретической механике – основные понятия и аксиомы статики, условия равновесия сил, кинематики твердого тела; по физике – физические основы классической механики и электротехники.

Знания и умения, полученные студентами при изучении данной учебной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин и дисциплин профилизации, связанных со строительством,

содержанием, реконструкцией и ремонтом мостов, транспортных тоннелей, метрополитенов, подземных и транспортных сооружений.

В результате изучения учебной дисциплины «Машины для транспортного строительства» студент должен

знать:

- область и порядок применения машин для транспортного строительства;
- общее устройство и основные технические характеристики машин, участвующих в строительстве мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов;

уметь:

- оценивать режимы работы машин для транспортного строительства;
- составлять техническую документацию и технологические процессы с применением технологических машин: при строительстве мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов; при обслуживании, реконструкции и ремонте транспортных сооружений;

иметь навык:

- выбора строительных машин для выполнения технологических задач строительства мостов, транспортных тоннелей и метрополитенов;
- применения строительных машин для обслуживания, реконструкции и ремонта транспортных сооружений.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

СК-20. Собирать, хранить, анализировать и графически визуализировать пространственные (географические) данные и связанную с ними информацию о необходимых транспортных объектах.

Согласно учебному плану для очной (дневной) формы получения высшего образования на изучение учебной дисциплины отведено всего 100 часов, из них аудиторных - 52 часа.

4.1.2 Содержание учебного материала

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНАХ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Тема 1.1. Общие сведения о конструкциях машин для транспортного строительства

Классификация машин для транспортного строительства.

Конструктивные составляющие машин для транспортного строительства. Рабочее оборудование. Ходовое оборудование. Системы управления машин.

Тема 1.2. Техничко-эксплуатационные показатели машин для транспортного строительства

Общие требования к машинам для транспортного строительства. Маневренность. Проходимость. Устойчивость. Производительность машин.

Тема 1.3. Приводы машин для транспортного строительства

Силовое оборудование машин для транспортного строительства.

Трансмиссии строительных машин.

Механические передачи.

Гидравлический привод.

Пневматический привод.

РАЗДЕЛ II. УСТРОЙСТВО И РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Тема 2.1. Подъемно-транспортные машины

Машины и установки непрерывного транспорта: строительные конвейеры, оборудование для пневматического транспортирования.

Подъемные машины и оборудование: домкраты, лебедки, строительные подъемники, башенные краны, мобильные краны, козловые краны.

Тема 2.2. Машины землеройные и оборудование

Общая характеристика рабочего процесса взаимодействия рабочего органа машины с грунтом.

Бульдозеры, погрузчики, скреперы, грейдеры.

Экскаваторы: гидравлические, канатные, многоковшовые.

Оборудование для горизонтального направленного бурения по бестраншейной технологии.

Тема 2.3. Фундаментное и буровое оборудование

Оборудование для погружения и извлечения свай.

Оборудование для формовки свай (буровое оборудование).

Тема 2.4. Машины и оборудование для производства, транспортирования и уплотнения строительных смесей

Машины и оборудование для измельчения каменных материалов.

Машины и оборудование для сортирования материалов.

Машины и оборудование для приготовления бетонных смесей.

Машины и оборудование для транспортирования бетонных смесей.

Машины для уплотнения бетонных смесей.

Тема 2.5. Машины и оборудование для обслуживания мостов

Мостовые платформы для строительства, ремонта и обслуживания мостов, тепловых проводов и эстакад.

4.1.3 Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Доценко, А.И. Строительные машины : учебник для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 "Строительство" / А.И. Доценко. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 531 с.
2. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Механизация в строительстве» для специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса" ; сост. А. В. Вавилов. – Минск : БНТУ, 2020.
3. Строительные, дорожные и транспортные машины : практикум для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / сост. : А.В. Вавилов [и др.]. – Минск : БНТУ, 2017. – 89 с.
4. Механизация в строительстве : практикум для студентов специальности 1-70 02 01 "Промышленное и гражданское строительство" / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Строительные и дорожные машины" ; сост. И. В. Бурмак [и др.]. – Минск : БНТУ, 2017. – 93 с.
5. Строительные машины и механизмы : методические указания к выполнению практических и контрольных работ для студентов направления специальности 1-08 01 01-05 "Профессиональное обучение (в строительстве)" заочной формы обучения / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Строительные и дорожные машины" ; сост. И. М. Черепанов. – Минск : БНТУ, 2015. – 35 с.
6. Машины для земляных работ : лабораторный практикум для студентов специальности 1-36 11 01 "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Строительные и дорожные машины" ; сост. В. В. Яцкевич, А. А. Бежик, Ю. В. Соколовский. – Минск : БНТУ, 2012. – 93 с.
7. Механизация в строительстве : [методическое пособие для вузов по специальности 1-70 02 01 "Промышленное и гражданское строительство"] / Антон Владимирович Вавилов. — Минск : БНТУ, 2008. — 127 с.

Дополнительная литература

1. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Введение в специальность» для специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)» [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса" ; сост. А. В. Вавилов. – Минск : БНТУ, 2020.
2. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Строительные, дорожные и мелиоративные машины». Часть 1 для специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)» [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса" ; сост. А. А. Бежик. – Минск : БНТУ, 2020.
3. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Строительные, дорожные и мелиоративные машины». Часть 2 для специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)» [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса" ; сост. И. В. Бурмак. – Минск : БНТУ, 2020.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Образец оформления титульного листа
к отчету о лабораторной работе

Беларусский национальный технический университет

Факультет транспортных коммуникаций

*Кафедра: "Механизация и автоматизация
дорожно-строительного комплекса"*

Дисциплина: "Машины для транспортного строительства"

группа 11404125

Отчет

о лабораторной работе №1

*Определение основных параметров
механических передач*

Исполнитель: _____ *Фамилия И.О.*
(подпись)

Руководитель: _____ *Фамилия И.О.*
должность (подпись)

Минск, 2025

