

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И.Вавилова

Конструкция наземных транспортно- технологических машин

Часть 1: Строительные машины

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Направление подготовки
23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Профиль подготовки
**Машины и оборудование для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций,
стихийных бедствий и тушения пожаров**

Конструкция наземных транспортно-технологических машин. Часть 1: Строительные машины: методические указания по выполнению лабораторных работ для направления подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы / Сост.: А.В. Русинов // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 116 с.

Методические указания по выполнению лабораторных работ «Конструкция наземных транспортно-технологических машин» составлены в соответствии с программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы. Методические указания по выполнению лабораторных работ содержит описательный курс конструкции, принципа работы, перспективных путей развития наземных транспортно-технологических машин, порядок выполнения работы. Направлены на формирование у студентов навыка производить описание конструктивно-компоновочных схем и принципа работы наземных транспортно-технологических машин. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих специалистов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ.....	6
1.1. Основные узлы и элементы строительных машин.....	6
1.2. Классификация и индексация строительных машин.....	9
1.3. Основы автоматизации строительного производства.....	12
1.4. Контрольные вопросы.....	14
2. МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ.....	15
2.1. Классификация и общая характеристика.....	15
2.2. Одноковшовые строительные экскаваторы	16
2.2.1. Классификация и общая характеристика.....	16
2.2.2. Расчет производительности экскаватора.....	25
2.2.3. Определение модели и числа автосамосвалов.....	27
2.2.4. Контрольные вопросы.....	28
2.3. Экскаваторы непрерывного действия	30
2.3.1. Устройство, назначение, классификация и индексация.....	30
2.3.2. Производительность многоковшовых экскаваторов.....	35
2.3.3. Контрольные вопросы.....	35
2.4. Скреперы	36
2.4.1. Классификация и устройство скреперов.....	36
2.4.2. Расчет производительности скрепера.....	40
2.4.3. Контрольные вопросы.....	42
2.5. Бульдозеры и бульдозеры-рыхлители	43
2.5.1. Бульдозеры.....	43
2.5.2. Бульдозеры-рыхлители.....	47
2.5.3. Контрольные вопросы.....	50
2.6. Автогрейдеры	50
2.6.1. Общая характеристика автогрейдеров.....	50
2.6.2. Производительность автогрейдера.....	53
2.6.3. Контрольные вопросы.....	55
2.7. Машины и оборудование для уплотнения грунта	55
2.7.1. Общая характеристика машин для уплотнения грунта.....	55
2.7.2. Производительность уплотняющих машин.....	59
2.7.3. Контрольные вопросы.....	60
2.8. Машины для буровых работ	61
2.8.1. Классификация машин для буровых работ.....	61
2.8.2. Буровые машины транспортного строительства.....	62
2.8.3. Бурильно-крановые машины и машины для бурения скважин.....	64
2.8.4. Контрольные вопросы.....	65
3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ	66
3.1. Копры и копровое оборудование.....	66
3.2. Свайные погружатели.....	67
3.3. Производительность сваебойной установки.....	69
3.4. Контрольные вопросы.....	70
4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КРАНЫ	71

4.1. Общая характеристика и разновидности грузоподъемных машин.....	71
4.2. Стреловые самоходные краны общего назначения.....	72
4.2.1. Классификация и общая характеристика.....	72
4.2.2. Гусеничные краны.....	75
4.2.3. Пневмоколесные краны.....	75
4.2.4. Автомобильные краны.....	76
4.2.5. Стреловые самоходные краны на специальных шасси.....	77
4.2.6. Железнодорожные стреловые краны.....	79
4.2.7. Тракторные стреловые краны и краны-трубоукладчики.....	80
4.3. Башенные краны.....	82
4.4. Козловые краны.....	85
4.5. Специальные краны для монтажа пролетных строений.....	86
4.6. Производительность грузоподъемных машин.....	87
4.7. Контрольные вопросы.....	88
5. МАШИНЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ....	89
5.1. Виды строительного транспорта.....	89
5.2. Специализированный автомобильный транспорт.....	90
5.3. Производительность транспортного средства.....	94
5.4. Контрольные вопросы.....	96
6. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	96
6.1. Общие сведения.....	96
6.2. Машины для дробления (измельчения) каменных материалов.....	97
6.3. Сортировочные и моечные машины.....	100
6.4. Контрольные вопросы.....	102
7. МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ.....	103
7.1. Машины и установки для приготовления бетонов и растворов.....	103
7.2. Дозаторы.....	106
7.3. Бетононасосы и автобетононасосы.....	107
7.4. Оборудование для уплотнения бетонной смеси.....	111
7.5. Контрольные вопросы.....	114
8. МАШИНЫ ДЛЯ ПУТЕВЫХ РАБОТ.....	115
8.1. Классификация и индексация путевых машин.....	115
8.2. Машины и оборудование для сборки и укладки пути.....	116
8.3. Машины для балластировки и выправки пути.....	119
8.4. Контрольные вопросы.....	122
9. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....	123
9.1. Классификация машин для электрификации железных дорог.....	123
9.2. Котлованокопатели и агрегаты вибропогружения свай.....	124
9.3. Монтажные краны и вышки.....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	129
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	130

ВВЕДЕНИЕ

Современное железнодорожное строительство располагает огромным многофункциональным парком строительных и путевых машин и оборудования, насчитывающим сотни наименований, моделей и типоразмеров. Эффективное применение машин требует от инженера-строителя путей сообщения глубоких профессиональных знаний в области механизации и автоматизации строительства, знакомства с конструктивными и эксплуатационными возможностями различных моделей строительных машин, умений по оптимальному комплектованию ими (по номенклатуре и численному составу) технологических процессов в различных производственных условиях. Этим и определяется содержание учебной дисциплины «Конструкция наземных транспортно-технологических машин», представляющей собой систему знаний о способах и средствах выполнения строительных работ и технологических процессов при строительстве.

Переход нашей страны к рыночной экономике создает возможности для ускоренного создания и внедрения интенсивной технологии производства работ, современных систем машин и механизмов, обеспечивающих комплексную механизацию и автоматизацию строительного производства, что требует дальнейшего расширения и углубления фундаментальной подготовки студентов в области индустриализации строительства.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

1.1. Основные узлы и элементы строительных машин

Строительными машинами называются машины, применяемые для выполнения технологических процессов при производстве строительномонтажных работ.

В строительстве используется большое число машин, различных по многим признакам, но состоящих из одинаковых сборочных единиц и элементов. Любая строительная машина имеет следующие части:

- силовое оборудование (один или несколько двигателей для получения механической энергии);
- рабочее оборудование и рабочие органы для непосредственного воздействия на перерабатываемый материал и выполнения рабочих операций;
- ходовое оборудование (у переносных и стационарных машин отсутствует) для передвижения машин и передачи ее веса и рабочих нагрузок на опорную поверхность;
- передаточные механизмы (трансмиссии), связывающие рабочее и ходовое (у самоходных машин) оборудование с силовым;
- систему управления для запуска, остановки и изменения режимов работы силового оборудования, включения, выключения, реверсирования, регулирования скоростей и торможения механизмов машины;
- рамы (несущей конструкции) для размещения и закрепления на ней всех узлов и механизмов машины

Рама обеспечивает постоянство взаимного расположения всех узлов и элементов, благодаря чему машина сохраняет работоспособность в широком диапазоне эксплуатационных условий. Пространственная конфигурация рамы зависит от величины и направления нагрузок, воспринимаемых машиной, что в свою очередь, определяется ее назначением, типом и типоразмером. Часто роль рамы выполняют усиленные корпусные детали машины, как, например, ковш самоходного скрепера. Наряду с основной рамой на некоторых типах машин используются дополнительные рамы для крепления рабочих органов. В качестве примера можно назвать тяговую раму автогрейдера или универсальную раму бульдозера с поворотным отвалом и др.

Наибольшие структурные отличия машин, прежде всего, связаны с конструкцией рабочего оборудования, которое определяет их назначение.

Рабочее оборудование состоит из рабочего органа (одного или нескольких), а также деталей и узлов, обеспечивающих его ориентацию в пространстве, и входит в состав обязательного оснащения технологических машин. Оно создается с учетом своего функционального назначения и конструктивных особенностей базового шасси и включает в себя агрегаты, узлы и механизмы, наилучшим образом обеспечивающие эффективную работу машины. Рабочий орган взаимодействует со средой, для работы в которой создана машина, а соединительные и крепежные элементы

(подвеска) обеспечивают его конструктивную связь с шасси. Как правило, рабочее оборудование оснащается силовой трансмиссией, снабжающей рабочий орган энергией и позволяющей управлять его положением в пространстве.

Несмотря на чрезвычайно широкую номенклатуру рабочих органов строительных машин и оборудования, обусловленную разнообразным перечнем выполняемых ими работ, по результату взаимодействия с обрабатываемым материалом (или грузом) их можно разделить на пять групп (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Классификация рабочих органов строительных машин

Рабочие органы строительных машин	Переносящие	Ковш
		Крюк
		Захват
		Вилы
		Лента
		Газ
		Жидкость
	Сдвигающие	Отвал
		Лопасть
		Шнек
	Уплотняющие	Валец
		Плита
		Вибратор
	Разрушающие	Зуб
		Нож
		Ударник
		Бур
		Газ
		Жидкость
	Сортирующие	Сито
		Колосник
		Газ
		Жидкость

Силовой установкой машины называют комплект, состоящий из двигателя и обслуживающих его устройств. Например, в случае двигателя внутреннего сгорания – топливного бака, устройств для охлаждения, отвода выхлопных газов и т.п. Силовые установки являются источником или преобразователем энергии в механическую работу.

Силовые передачи (трансмиссии) машин обеспечивают выполнение сложных функций механизмов передвижения, поворота, рабочих операций и т.д. Чем совершеннее передача, тем полезнее функции машины, выше

качество ее работы. В зависимости от типа привода, взаимного расположения силовой установки и механизмов машины применяют механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные передачи. В таблице 1.2 приведены конструктивные типы различных силовых трансмиссий строительных машин.

Таблица 1.2

Классификация силовых передач строительных машин

Силовые передачи (трансмиссии) строительных машин	Механическая	Карданная
		Зубчатая
		Цепная
		Ременная
		Фрикционная
		Канатная
		Шарнирно-рычажная
	Гидравлическая	Гидрообъемная
		Гидродинамическая
	Электрическая	На постоянном токе
		На переменном токе
	Комбинированная	Гидромеханическая
		Электромеханическая
	Пневматическая	—

Системы управления машинами и оборудованием

классифицируют по следующим признакам:

- по назначению (управление тормозами, муфтами, двигателями, положением рабочего органа, движителями и т.д.);
- по способу передачи энергии (механические, электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные);
- по степени автоматизации управления (неавтоматизированные, полуавтоматические и автоматические).

Основные требования к системам управления: простота и надежность регулирования, быстрота воздействия на исполнительные механизмы, мягкость включения, незначительное усилие машиниста, возможность совмещения управляемых операций, удобное расположение в кабине.

Совокупность силовой установки, системы передач (трансмиссии) и системы управления машиной называется **приводом**. Различают одно- и многомоторный привод машин. Привод, при котором все механизмы машины приводятся в движение от одной силовой установки, называют *одномоторным*. Привод, при котором каждый механизм машины или некоторые из них приводятся отдельными двигателями, называют *многомоторным*.

Привод также классифицируется:

- по типу двигателя силовой установки (дизельный, электрический, дизель-электрический);
- по типу трансмиссии (гидравлический, пневматический, комбинированный).

На современных строительных машинах применяют многомоторный гидравлический привод, при котором силовая установка (дизель) приводит в действие гидронасосы, а от них движение передается гидромоторам и гидроцилиндрам механизмов. Используют также смешанный (комбинированный) привод: механический и гидравлический; электрический, механический и гидравлический и др. Например, рабочее оборудование и ходовое устройство машины могут иметь механический привод, а механизм подъема-опускания рабочего органа – гидравлический.

Ходовые устройства строительных машин представляют собой либо ходовую часть базовых машин (тракторов, тягачей) в сочетании с осями прицепного и полуприцепного рабочего оборудования, либо собственные элементы шасси. Ходовое устройство предназначено для передвижения машин, передачи нагрузки от машины на опорную поверхность, обеспечения устойчивости машин, реализации тягового усилия через опорные элементы (движители). У некоторых машин, например катков, ходовое устройство одновременно является и рабочим органом.

Все структурные элементы строительных машин, несмотря на конструктивное разнообразие, состоят в основном из типизированных деталей, узлов и агрегатов. **Деталью** называют конечный элемент машины, который нельзя разобрать на части без нарушения функциональной целостности; **узлом** принято называть конструктивно завершенное соединение деталей.

1.2. Классификация и индексация строительных машин

Классификация строительных машин представляет собой иерархическую схему, которая учитывает назначение машин или выполняемые ими виды работ и включает следующие иерархические подразделения (уровни):

класс – подразделение машин, объединенных общностью назначения в отрасли народного хозяйства;

подкласс – подразделение машин, объединенных общностью назначения для определенного вида работ;

группа – подразделение машин, объединенных общностью назначения, сходных по принципу действия;

подгруппа – подразделение машин, объединенных общностью назначения, принципом действия, методом выполнения технологической операции, конструктивной схемой, ограниченное величинами главного параметра;

вид – разновидность данной подгруппы, характеризующаяся величиной главного параметра;

подвид – разновидность данного вида, отличающаяся конструктивным исполнением ходового устройства;

индекс – конкретное обозначение типоразмера машины данного подвида.

Деление строительных машин на **классы** и **подклассы** показано в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Укрупненная классификация строительных машин

Класс машин	Подкласс машин
Машины строительные общего назначения	Машины для земляных работ
	Машины для свайных работ
	Подъемно-транспортные машины
	Машины для бетонных и железобетонных работ
	Машины для отделочных работ
Машины строительные специальные	Машины и установки для водопонижения
	Машины для сооружения железнодорожного пути
	Машины для сооружения автомобильных дорог и аэродромов
	Машины для сооружения мостов и тоннелей
	Машины для сооружения магистральных трубопроводов
	Машины для устройства каналов и гидротехнических сооружений
	Машины для работ по реконструкции зданий и сооружений
Машины транспортные общего назначения	Бортовые и самосвальные автомобили
	Прицепы и полуприцепы
	Трейлеры
	Тягачи и тракторы
Машины транспортные специального назначения	Автотранспортные средства
	Средства воздушного транспорта
	Средства водного транспорта
	Средства со специальными двигателями
	Специальные тяжеловозы

Деление подклассов машин на группы (табл. 1.4) также учитывает признак их назначения (например, подготовительные земляные работы, разработка грунта, уплотнение грунта и т.д.) или технологический признак (например, машины для свайных работ вибрационного действия, ударного действия и т.п.), либо конструктивные и другие особенности групп машин.

Таблица 1.4

Деление машин строительных общего назначения на подгруппы

Подклассы машин строительных общего назначения	Классификационные группы машин строительных общего назначения				
	1	2	3	4	5
1. Машины для земляных работ	Землеройные	Землеройно-транспортные	Грунтоуплотняющие	Для подготовительных работ	Для гидромеханизации
2. Машины для свайных работ	Ударного действия	Вибрационного действия	Вибровдавляющего действия	Ударно-вибрационного действия	
3. Подъемно-транспортные машины	Грузоподъемные	Для погрузо-разгрузочных работ	Транспортирующие	Транспортные машины	
4. Машины для бетонных и железобетонных работ	Смесители	Для транспортирования бетонной смеси	Бетоноукладочные	Для арматурных работ	Бетоноуплотняющие
5. Машины для отделочных работ	Для штукатурных работ	Для малярных работ	Для устройства полов	Для industrialной отделки	Для устройства кровли

Группы машин, в свою очередь, иногда делятся на подгруппы. Однако любая классификационная схема включает уровень, на котором представлены индексы машин.

Индекс машины – условное буквенно-цифровое обозначение, отражающее вид и модель машины, а также ее главные параметры. При этом буквенная часть индекса характеризует группу (иногда подкласс или подгруппу) машин, цифровая часть – техническую характеристику и/или номер модели машины.

Кроме деления машин по назначению их различают также по другим классификационным признакам, в том числе: по режиму работы, по роду используемой энергии, по способности передвигаться, по типу ходовых устройств, по виду системы управления, по степени автоматизации и др.

По режиму работы (принципу действия) различают машины циклического (периодического) и непрерывного действия. Технологические

операции машины циклического действия выполняются последовательно, образуя в совокупности ее рабочий цикл, по завершении которого выдается одна порция продукции. Например, за один цикл одноковшовый экскаватор разрабатывает объем грунта, равный вместимости его ковша. Машины непрерывного действия выдают продукцию непрерывным потоком. Например, в процессе работы бетононасоса по трубопроводу подается бетонная смесь непрерывным потоком. Машины непрерывного действия имеют более высокую производительность, но являются обычно узко специализированными. Машины циклического действия более универсальны и приспособлены к работе в различных производственных условиях.

По роду используемой энергии и силового оборудования различают машины: с двигателями внутреннего сгорания; с электрическими двигателями; с комбинированным силовым оборудованием.

По способности передвигаться различают машины переносные, стационарные и передвижные, в том числе самоходные, полуприцепные и прицепные.

По типу ходовых устройств машины подразделяются на: гусеничные, пневмоколесные, рельсоколесные и специальные (вездеходные, шагающие и др.).

По системам управления различают машины: с рычажной (механической), электрической, гидравлической и пневматической системой управления, а также с комбинированной системой управления.

По степени автоматизации различают машины с механизированным (неавтоматизированным), автоматизированным и автоматическим управлением. В последние годы все шире стали применяться строительные манипуляторы и роботы, а также роботизированные машины и комплексы.

1.3. Основы автоматизации строительного производства

Автоматизация производства в сфере строительства заключается в основном в применении технических средств и систем управления работой машин или комплектов машин. Автоматика придает машинам новые свойства за счет использования более высоких скоростей и усилий управления, значительно превышающих физические возможности человека.

Автоматизация управления повышает технико-экономические показатели и обеспечивает наилучшие (оптимальные) режимы работы машин; способствует снижению утомляемости операторов и, как следствие, повышению надежности их работы и снижению аварийности; позволяет создавать новые средства управления рабочими процессами в условиях, опасных для жизни и здоровья человека или недоступных для него. При этом система автоматики становится органической частью конструкции

машины, без которой ее рабочее оборудование часто вообще не может быть рационально использовано.

Применение автоматических систем управления, как правило, эффективно только при комплексной механизации производства. Поэтому основой комплексной (полной) автоматизации строительства является комплексная механизация технологических процессов, выполняемых комплектами и комплексами машин с автоматическим управлением.

В современных строительных машинах используются разнообразные автоматические устройства и системы, классифицирующиеся по различным признакам. По назначению различают автоматические системы контроля, регулирования и управления.

Автоматический контроль – это контроль с помощью датчиков различных параметров и характеристик управляемого объекта или процесса с целью анализа качества его структуры и функционирования.

Автоматическое регулирование – это поддержание постоянства или изменения по требуемому закону некоторой физической величины, характеризующей управляемый процесс. Регулирование обеспечивается системой автоматического регулирования (САР).

Автоматическое управление – это осуществление совокупности воздействий, обеспечивающих требуемое состояние или режим работы объекта управления в соответствии с заданным алгоритмом управления. Управление обеспечивается системой автоматического управления (САУ).

Для обработки цифровой информации в настоящее время в системах автоматики используют программно-управляемые устройства на основе больших микроэлектронных схем (БИС), называемых микропроцессорами. Используя необычайно широкие возможности микропроцессорной техники для автоматизации машин, в частности наличие компактных запоминающих устройств, обладающих большой емкостью и позволяющих хранить в них довольно сложные программы управления, создаются более совершенные системы автоматического управления. К ним относятся системы программного управления координатами рабочего органа с целью реализации заданных траекторий движения; следящие системы; системы управления потоками мощности между потребителями энергии в машине; системы оптимального управления рабочим режимом; информационные системы контроля и диагностики машин.

Практическая реализация этих и подобных систем позволяет снизить удельный расход энергии не менее чем на 30%, повысить ресурсы основных агрегатов не менее чем на 15%, повысить производительность в среднем на 25%, а по некоторым машинам на 50...60%.

Дальнейшее развитие автоматизации строительного производства на современном этапе является внедрение нового типа машин – манипуляторов и роботов. Роботизация процессов в строительстве сейчас находится в начальной стадии. Однако уже имеющийся первый опыт использования средств роботизации показывает реальность и

перспективность этого признанного во всем мире направления автоматизации производства и в том числе строительного производства.

1.4. Контрольные вопросы

1. Какими основными факторами предопределено использование машин в строительстве?
2. Дайте определение различных видов строительно-монтажных работ.
3. Какие строительные процессы называют механизированными? Что такое частичная и комплексная механизация производства?
4. Из каких систем и узлов состоит машина? Каково их назначение и конструктивные особенности?
5. Какие составные части относятся к силовому оборудованию машины? Какие типы силового оборудования применяются в строительных машинах?
6. Назначение и состав силовых передач. Для чего предназначена трансмиссия в строительных машинах? Перечислите типы трансмиссий.
7. Что такое привод машины? Из чего он состоит?
8. Перечислите основные виды ходового оборудования по типу движителя. Дайте краткую характеристику каждого вида (конструктивные особенности, область применения).
9. В чем заключается сущность управления машиной? Приведите классификацию систем управления строительными машинами.
10. Перечислите классы строительных машин по виду выполняемых работ. Изложите сущность иерархической схемы классификации строительных машин по их назначению. Приведите примеры.
11. Что такое типоразмер машины, каким фактором он характеризуется? Что такое модель машины? Приведите примеры моделей одного типоразмера.
12. Что такое индекс машины? Приведите пример и расшифруйте его составляющие.
13. На какие группы делятся строительные машины по режиму рабочего процесса, роду используемой энергии, способности передвигаться и типу ходовых устройств? Какими факторами определяется принадлежность машин к определенным группам по указанным признакам?
14. Что такое автоматизация строительных машин? Изложите сущность автоматического управления строительными машинами.
15. Что такое автоматический контроль, автоматическое регулирование, автоматическое управление?
16. Какие возможности дает применение в автоматических системах микропроцессоров? На какой базе они построены?

17. Что вы знаете о применении в строительстве манипуляторов и промышленных роботов? Приведите примеры.
18. Что такое производительность машины? Перечислите и дайте определение категориям производительности машины. Что такое расчетные условия? Приведите примеры.
19. Чем определяется коэффициент использования технологической возможности машины? Приведите примеры.
20. Перечислите основные показатели для оценки технического уровня и уровня эксплуатации машины. Как их определяют? Приведите примеры.

2. МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

2.1. Классификация и общая характеристика

Машины и оборудование для земляных работ классифицируют по назначению – землеройные, землеройно-транспортные, для уплотнения грунта, для подготовительных и вспомогательных работ, специальные, для гидромеханической разработки грунтов.

Землеройные машины предназначены для выполнения преимущественно одной операции – отделения грунта от массива. Поэтому они оснащаются мощным рабочим органом и имеют сравнительно менее развитое ходовое оборудование. К ним относятся одноковшовые и многоковшовые экскаваторы.

Землеройно-транспортные машины (бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдер-элеваторы) не только отделяют грунт от массива, но и перемещают его на определенное расстояние. Поэтому они оснащены не только мощным рабочим органом, но и мощным ходовым оборудованием.

Машины для подготовительных и вспомогательных работ при строительстве дорог выполняют расчистку полосы отчуждения земель от кустарника, валунов, пней, предварительное рыхление грунтов повышенной плотности. К этим машинам относятся кусторезы, корчеватели-собиратели, рыхлители.

При возведении земляных сооружений путем укладки предварительно разработанного грунта (насыпей, дамб, земляных плотин и т.д.) обязательно его уплотнение. Цель уплотнения – придание грунту в сооружении достаточных плотности и прочности, требующихся как для предотвращения деформации земляных сооружений вследствие естественного уплотнения грунта под действием собственной силы тяжести и увлажнения, так и для выдерживания внешних нагрузок. Достижению этой цели служат машины для уплотнения грунта – катки, трамбовочные машины, виброкатки, виброплиты и др.

Развитие технологии и механизации производства земляных работ обусловили создание разнообразных специальных машин, в том числе для

устройства канав, кюветов, траншей, ям, мелиоративных, дноуглубительных, буровых, дрена- и кабелеукладочных, для возведения заглубленных фундаментов, «проколов» железных и шоссейных дорог и др.

В железнодорожном строительстве при соответствующих условиях успешно и широко применяется гидромеханизированный способ производства земляных работ, основанный на использовании скоростного напора струи воды или водяного потока.

Машины для земляных работ классифицируются также:

по виду привода (ДВС, электрический, гидравлический, комбинированный);

по числу двигателей (одnodвигательные, многодвигательные);

по мощности (малой, средней и большой);

по ходовому оборудованию (гусеничные, пневмоколесные, рельсовые, шагающие);

по принципу действия (циклического и непрерывного действия);

в зависимости от климатического исполнения (в обычном, северном, тропическом исполнении).

Машины для земляных работ непрерывно совершенствуются на основе исследований взаимодействия рабочих органов с грунтом, улучшения конструкции агрегатов и узлов, применения новых материалов и технологий для их изготовления. В настоящее время машины для земляных работ являются наиболее развитым классом строительных машин в связи с разнообразием гидрогеологических, климатических и конструктивных характеристик земляных сооружений и способов разработки грунтов.

2.2. Одноковшовые строительные экскаваторы

2.2.1. Классификация и общая характеристика

Одноковшовыми экскаваторами называют позиционные землеройные машины циклического действия, оборудованные ковшовым рабочим органом. Одноковшовые экскаваторы различают по главному параметру – объему ковша, а так же по назначению и виду рабочего оборудования, массе, типу привода и другим признакам классификации (табл. 2.1).

Строительные одноковшовые экскаваторы предназначены для копания в забоях грунтов I – IV группы, а также для разработки предварительно разрыхленных мерзлых и скальных грунтов. При помощи унифицированного сменного оборудования (до 40 видов) строительные экскаваторы могут выполнять профилировочные, зачистные, планировочные операции, а также погрузочные, сваебойные, монтажные и другие виды работ.

Таблица 2.1

Классификация одноковшовых экскаваторов

Одноковшовые экскаваторы	По назначению	Строительные (0,15–6 м ³) – ЭО
		Карьерные гусеничные (5–20 м ³) –ЭКГ
		Вскрышные гусеничн. (6–80 м ³) –ЭВГ
		Вскрышные шагающие (6–200 м ³) –ЭШ
		Туннельные и шахтные (0,5–1 м ³)
	По массе	Микро-экскаваторы (0,02...0,03 м ³)
		Мини-экскаваторы (0,03...0,2 м ³)
		Обычные
	По типу привода	Механические
		Гидравлические
		Гидромеханический
		Электрические
		Смешанного типа
	По типу движителей	Пневмоколесные
		Гусеничные
		Шагающие
	По виду рабочего оборудования	Прямая лопата
		Обратная лопата
		Драглайн
		Грейфер
		Планировочный ковш
		Разрушители
	По исполнению рабочего оборудования	Канатные (механические)
		Гидравлические
		С телескопической стрелой
	По числу двигателей	Одномоторные
		Многомоторные
	По возможности вращения поворотной части	Полноповоротные (360°)
		Неполноповоротные (180...270°)

Строительным экскаваторам общего назначения присвоена индексация, состоящая из букв «ЭО» с четырьмя последующими цифрами. Буквы соответствуют названию машины – «Экскаватор Одноковшовый». Первая цифра индекса обозначает размерную группу, характеризующую эксплуатационную массу экскаватора и номинальный объем ковша (табл. 2.2). Существующей схемой индексации предусмотрено 7 размерных групп. В железнодорожном строительстве экскаваторы 1-й и 2-й размерных групп практически не используются.

Таблица 2.2

Характеристика размерных групп одноковшовых экскаваторов

Привод	Показатель	Размерная группа экскаватора				
		3	4	5	6	7
Механический	Масса, т	11,6	21	36	42	95
	Вместимость ковша, м ³	0,4	0,65	1–1,25	1,6	2,5
Гидравлический	Масса, т	14,5	23	36,5	58	–
	Вместимость ковша, м ³	0,4–0,65	0,65–1,25	1,25–3,0	1,6–3,2	

Вторая цифра индекса обозначает вид ходового устройства, третья цифра – конструктивное исполнение рабочего оборудования (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Типы ходового оборудования и подвески рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов

Вторая цифра индекса машины	Ходовое оборудование	Третья цифра индекса машины	Подвеска рабочего оборудования
1	Гусеничное (Г)	1	Гибкая
2	Гусеничное уширенное (Гу)	2	Жесткая
3	Пневмокошесное (П)	3	С телескопической стрелой
4	Специальное шасси автомобильного типа (Сш)	4	Резерв
5	Шасси автомобиля (А)		
6	Шасси трактора (Тр)		
7	Прицепное (Пр)		

Четвертая цифра индекса обозначает порядковый номер модели данного типа и исполнения: 1, 2, 3, 4, 5, 6 и т.д.

После цифр в индексе экскаватора ставятся дополнительные буквенные обозначения: А, Б, В и т.д. – порядковая модернизация; С – северное исполнение; ХЛ – для холодного климата; Т – тропическое исполнение; ТВ – исполнение для тропических влажных районов. Например, индекс ЭО–3122АС означает: экскаватор одноковшовый с ковшом объемом 0,4...1,0 м³ на гусеничном ходу с гидроприводом и жесткой подвеской рабочего оборудования, второй модели, первой модернизации в северном исполнении.

В настоящее время некоторые российские экскаваторные заводы наряду с российской применяют индексацию с учетом особенностей, принятых в международной системе индексации машин (табл. 1.5).

Рабочее оборудование прямого копания – **прямая лопата** – является основным для канатных (механических) экскаваторов. Оно состоит (рис. 2.1) из стрелы 8, шарнирно соединенной с поворотной платформой 2 и удерживаемой стрелоподъемными канатами 11, рукояти 6, поступательно перемещаемой в седловом подшипнике 7, поворотном относительно стрелы, и ковша 1 на конце рукояти. Ковш вместе с рукоятью может изменять свой вылет относительно стрелы, подниматься и опускаться с помощью подъемных канатов 10.

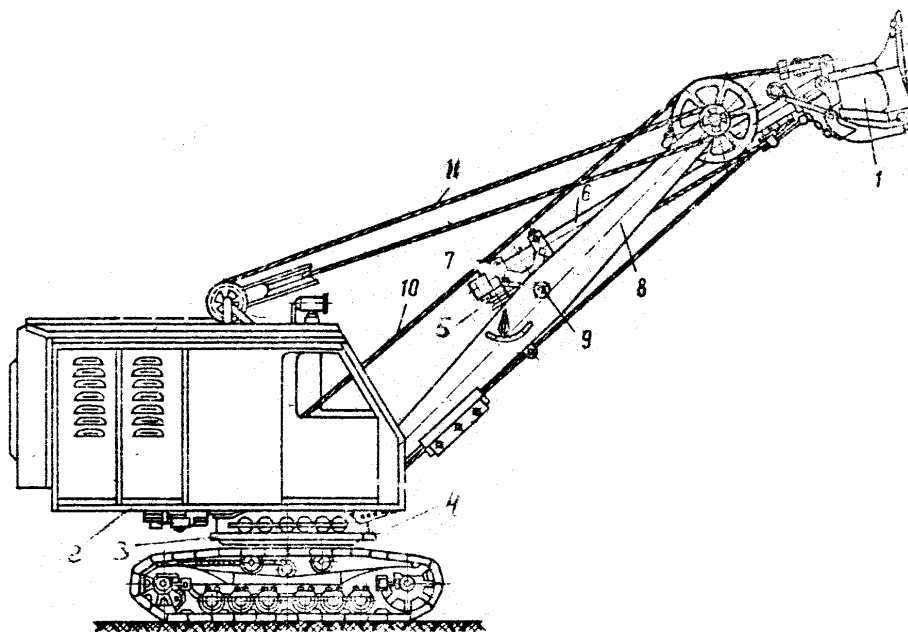


Рис. 2.1. Экскаватор прямая лопата

- 1 – ковш; 2 – поворотная платформа; 3 – зубчатый венец;
 4 – ведущая шестерня; 5 – напорный механизм; 6 – рукоять;
 7 – седловой подшипник; 8 – стрела; 9 – напорный вал;
 10 – подъемный канат; 11 – стреловой канат

На строительных экскаваторах с гибкой подвеской рабочего оборудования в основном применяется гусеничный и пневмоколесный ход (последний при емкости ковша до $0,65 \text{ м}^3$). Гусеничные экскаваторы оборудуются жесткими многокатковыми гусеницами, создающими устойчивую опорную базу.

На ходовую раму через опорно-поворотное устройство передаются все нагрузки, действующие на поворотную платформу 2 (рис. 2.1). Опорно-поворотные устройства экскаваторов обеспечивают свободное вращение платформы вокруг вертикальной оси машины. Поворотные механизмы работают по следующей схеме. При включении вертикального вала, установленного на подшипниках в поворотной платформе, закрепленная на нем ведущая шестерня 4 обегает зубчатый венец 3 и платформа экскаватора поворачивается.

Драглайн. Рабочее оборудование драглайна (рис. 2.2) включает решетчатую стрелу 6, по длине значительно превышающую стрелу лопаты, и ковш 2, перемещаемый тяговым 7 и подъемным 8 канатами, с которыми он соединен посредством цепей 1 и 3.

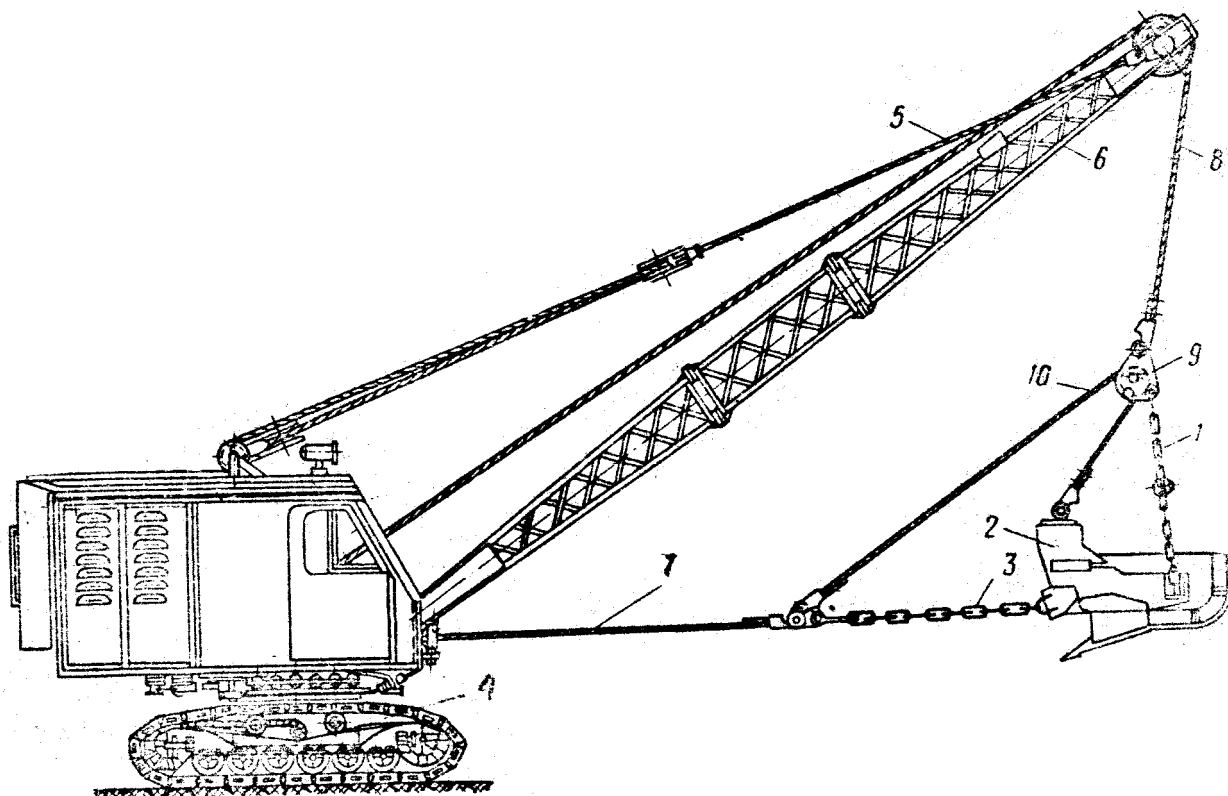


Рис. 2.2. Экскаватор драглайн

1 – подъемная цепь; 2 – ковш; 3 – тяговая цепь; 4 – ходовое оборудование; 5 – стреловой канат; 6 – стрела; 7 – тяговый канат; 8 – подъемный канат; 9 – разгрузочный блок; 10 – разгрузочный канат;

Драглайны работают преимущественно с разгрузкой в отвал. Разгрузка в транспортное средство возможна, но она резко снижает производительность экскаватора из-за необходимости выполнять эту операцию после полной остановки поворотного движения и пониженных скоростей последнего во избежание раскачки ковша.

Грейфер – рабочее оборудование для разработки грунтов выше и ниже уровня стоянки экскаватора, для погрузки и разгрузки сыпучих материалов. Для оборудования грейфера используют решетчатую стрелу драглайна.

Техническая характеристика отечественных одноковшовых экскаваторов с канатной подвеской рабочего оборудования приведена в табл 2.4.

Таблица 2.4

Технические параметры одноковшовых канатных экскаваторов

Индекс экскаватора	Объем ковша, м ³ , с оборудованием			Мощность двигателя, кВт	Масса, Т
	прямой лопаты	обратной лопаты	драглайна		
ЭО–3311Г	0,4	0,4	0,4	37	12,4
ЭО–3311Д	–	0,5	0,4; 0,45; 0,5	37	12,73
ЭО–3211Е	–	0,45	0,45; 0,5	44,4	12,9
ЭО–4111В	0,65	0,65	0,8	55–60	23
ЭО–4112ХЛ	0,65	0,8	0,8	55–60	24,1
ЭО–4112А-1	0,75	0,65; 0,8	0,65; 0,8; 1,0	66	23,4
ЭО–5111Б	1,0	1,0	1,0	103	33,5
ЭО–5111ЕХЛ	1,0	1,0	1,0	80	33,7
ЭО–5119	1,5; 2,0	1,2; 1,5	0,8; 1,2; 1,5	132	35
ЭО–6112БС	1,25	1,4	1,25; 1,5	110	41,5
ЭО–7111	2,5	–	2,5; 3,0	160	94
ЭО–7111С	2,5	–	2,5; 3,0	160	94

В настоящее время почти все виды механических одноковшовых экскаваторов постепенно вытесняются более прогрессивными гидравлическими аналогами.

По виду исполнения рабочего оборудования гидравлические экскаваторы бывают с шарнирно-рычажным и телескопическим рабочим оборудованием. Для удержания и приведения в действие шарнирно-рычажного рабочего оборудования используют жесткие связи – гидравлические цилиндры. Основные рабочие движения шарнирно-рычажного оборудования в вертикальной плоскости: изменение угла наклона стрелы, поворот рукояти с ковшом относительно стрелы и поворот ковша относительно рукояти. Основным рабочим движением телескопического оборудования является выдвижение и втягивание секций телескопической стрелы.

Гидравлические полноповоротные универсальные экскаваторы с шарнирно-рычажным рабочим оборудованием оснащены ковшами вместимостью 0,5–4,0 м³ и предназначены для земляных работ в грунтах I–IV групп. При помощи сменного рабочего оборудования они могут выполнять также погрузочные, монтажные, планировочные и другие работы.

Современные полноповоротные гидравлические экскаваторы (рис. 2.3) созданы на базе единых конструктивных схем и широкой унификации узлов и агрегатов. Они состоят из ходового устройства 8 (пневмоколесного или гусеничного), поворотной платформы 1 с размещенной на ней силовой установкой 2, узлами гидропривода и кабиной машиниста 3 и сменного рабочего оборудования. К платформе прикреплен нижняя часть стрелы 4

с гидроцилиндрами ее подъема.

Конструкция опорно-поворотного 9 и ходового устройств экскаватора не отличается от рассмотренных выше.

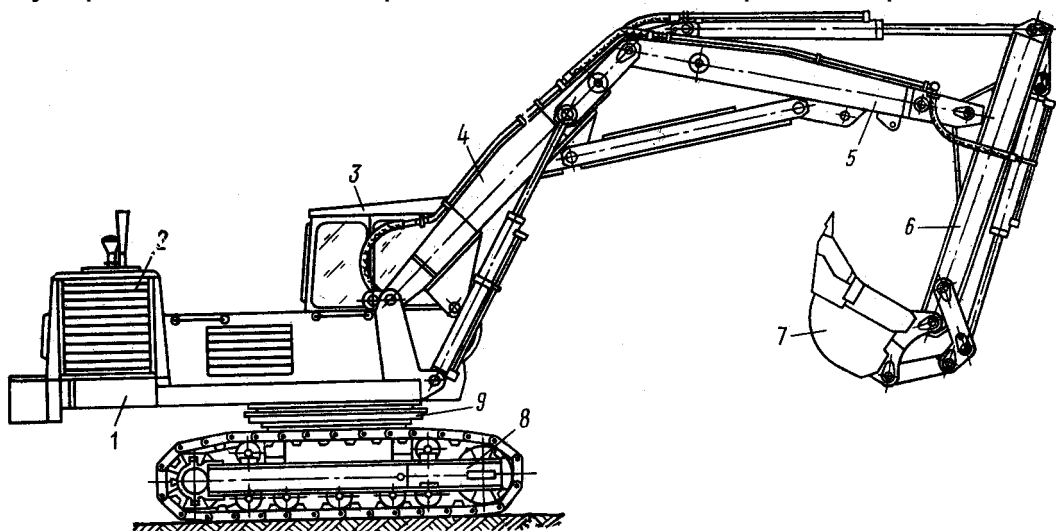


Рис. 2. 3. Гидравлический экскаватор обратная лопата

1– поворотная платформа; 2 – силовая установка; 3 – кабина;

4 – основная стрела; 5 – дополнительная стрела; 6– рукоять;

7 – ковш; 8 – гусеничная тележка; 9 – опорно-поворотное устройство

Обратная лопата является основным рабочим оборудованием гидравлических экскаваторов. Оно состоит из основной 4 и дополнительной 5 стрелы, рукояти 6 с ковшом 7 и гидроцилиндров их привода. Ковш крепится к рукояти с помощью многозвенных рычажных механизмов, обеспечивающих ему необходимую подвижность. Оборудование обратной лопаты в сочетании с гидроприводом обеспечивает наибольшую универсальность машины и позволяет копать грунт выше и ниже уровня стоянки экскаватора.

Прямая лопата гидравлических экскаваторов состоит из следующих основных частей: стрелы, рукояти, ковша и гидроцилиндров подъема стрелы, поворота рукояти и поворота ковша. Поворотным ковшом можно не только разрабатывать грунт, но и планировать забой. В качестве стрелы прямой лопаты используют нижнюю основную стрелу обратной лопаты, а в качестве рукояти – ее верхнюю удлинняющую часть.

Экскаватор с прямой лопатой разрабатывает грунт движением ковша снизу вверх и от машины в сторону забоя. Для разработки легких грунтов I–II групп, а также для погрузки дробленых и сыпучих материалов выпускают экскаваторы с так называемым **погрузочным ковшом**, т.е. увеличенной вместимости прямой лопаты.

Грейферное оборудование с гидравлическим приводом состоит из шарнирного узла с гидравлической подвеской, подвешенного к пальцевому шарниру рукояти, и грейферного ковша с гидроцилиндром управления створками (челюстями). Если грейферным оборудованием разрабатывают

узкие и глубокие выемки (траншеи, скважины под фундаменты на сваях-оболочках и др.), оно подвешивается на штанге, которая крепится либо к рукояти, либо непосредственно к стреле.

Полноповоротные экскаваторы монтируются на гусеничном (табл. 2.5) или пневмоколесном шасси (табл. 2.6).

Таблица 2.5

Технические параметры гидравлических гусеничных экскаваторов

Индекс экскаватора	Объем ковша, м ³ , с оборудованием		Мощность, кВт	Масса, т
	прямой лопаты	обратной лопаты		
ЭО-3122	0,63	0,63	55	14,1
ЭО-3123	0,65	0,65	59,6	14,6
ЭО-3221	—	0,63	55	13,8
ЭО-4121А	1,0	1,0	95,7	23
ЭО-4121Б	1,0	0,65	95,7	23,5
ЭО-4124	1,25	1,25	96	26
ЭО-4125А	1,25	1,25	96	26
ЭО-4225А-07	—	0,6...1,42	125	26,45
ЭО-4228	—	0,6...1,42	169	27,34
ЭО-5122	1,6	1,25	125	35,8
ЭО-5122А	1,6	1,6	125	35,8
ЭО-5123ХЛ	1,6	1,25	125	36,4
ЭО-5124	1,6	2,0	125	39
ЭО-5124-2	1,6	1,6	125	38
ЭО-5225	2,0	1,85	220	38,1
ЭО-6123	3,2	2,5	2×75	67,5
ЭО-6123-1	3,2	2,5	2×75	61,2
ЕТ-14	—	0,65	59,5	14,8
ЕТ-16	—	0,65	77,2	16
ЕТ-18	—	1,0	77,2	18,5
ЕТ-25	—	1,25	114	26,6
ЕК 220-06	—	1,0	127	23
ЕК 270-05	—	1,2	132	29
ЕК 300	—	1,5	183	32
ЕК 400-05	—	1,9	220	42
ВЭКС 30L	1,6	1,25; 1,45	180	31,5

Гидравлические одноковшовые экскаваторы также выпускают с планировочным оборудованием (табл. 2.7), с оборудованием для рыхления грунта (однозубый рыхлитель, гидромолот) и с другими видами рабочего оборудования (всего более 40 видов) [14].

Таблица 2.6

Технические параметры гидравлических пневмоколесных экскаваторов

Индекс экскаватора	Объем ковша, м ³ , с оборудованием		Мощность двигателя, кВт	Масса, т
	прямой лопаты	обратной лопаты		
ЭО–3323	0,63	0,63	59,6	14
ЭО–3322А	–	0,5	55	14,5
ЭО–3322Д	–	0,5	55	12,5
ЭО–3323А	0,63	0,63	73	13,8
ЭО–3333	–	0,4	55	15
ЭО–4321	0,8	0,63	59	19,8
ЭО–4322	1,0	0,63	73	20
ЭО–4321А	1,2	1,0	73	20,4
ЭО–4328	–	0,6...1,42	169	23,84
ЕК–12	–	0,65	59,5	12,85
ЕК–14	–	0,4...0,8	77,2	14
ЕК–18	–	0,65...1,0	77,2	18
ЕА–17	–	0,65	59,5	17,5
ВЭКС 20К	–	1,05	111	21

Таблица 2.7

Техническая характеристика экскаваторов-планировщиков

Параметр	Индекс машины			
	ЭО–43212	ЭО–43214	ЭО–43213	TW–25–M1
Базовое шасси	КамАЗ-53228	КамАЗ-43118	УралАЗ-4320-1911-30	МАЗ-630303
Вместимость ковша, м ³	0,5	0,5	0,5	0,63
Мощность двигателя, кВт	55	55	55	74
Масса, т	19,5	19,5	20,7	21,87

Неполноповоротные гидравлические экскаваторы с объемом ковша 0,15...0,3 м³ изготавливают на базе серийных пневмоколесных тракторов небольшой мощности (ЮМЗ-6КЛН; МТЗ-80.1; МТЗ-82.1 и др.). Это мобильные малогабаритные землеройные машины с большим числом (до 25) сменных видов рабочего оборудования. Наиболее эффективно их используют в стесненных условиях, а также при небольших объемах рассредоточенных земляных работ.

2.2.2. Расчет производительности экскаватора

При изучении и совершенствовании рабочего процесса машины главной целью является повышение ее производительности. Различают конструктивную (теоретическую), техническую и эксплуатационную производительность.

Формула для расчета **теоретической производительности** имеет вид:

$$П_K = 3600 q / t_{ц}, \quad (2.1)$$

где q – вместимость ковша, $м^3$; $t_{ц}$ – минимальная продолжительность рабочего цикла при заданных условиях работы, с.

Техническая производительность экскаватора определяется из выражения:

$$П_T = 3600 q K_H / t_{ц} K_P, \quad (2.2)$$

где K_H – коэффициент наполнения ковша (табл. 2.7);
 K_P – коэффициент разрыхления грунта; $t_{ц}$ – продолжительность цикла (для данных условий), с.

Таблица 2.7

Значения коэффициентов K_H и K_P для грунтов I–IV групп

Группа грунта	Наполнение ковша экскаватора, K_H		Коэффициент разрыхления грунта, K_P
	механического	гидравлического	
I	0,9...1,06	1,05...1,17	1,08...1,16
II	0,96...1,1	1,09...1,23	1,14...1,28
III	1,05...1,15	1,12...1,28	1,24...1,3
IV	1,1...1,2	1,18...1,3	1,26...1,36

Расчетные значения продолжительности цикла одноковшовых экскаваторов приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Продолжительность цикла работы экскаватора, с

Угол поворота, β , град.	Объем ковша, $м^3$	Работа в отвал			Работа в транспорт		
		лопата		драг-лайн	лопата		драг-лайн
		механическая	гидравлическая		механическая	гидравлическая	
40	0,65	20	18	23	21	19	25
	1	21	20	27	25	23	29
	1,6	25	23	30	28	25	33
	2,5	28	25	34	32	27	36
60	0,65	18	17	22	20	18	24
	1	20	19	25	23	22	28
	1,6	23	22	28	26	24	32
	2,5	26	24	31	30	26	34
80	0,65	17	16	20	19	17	23
	1	19	18	24	23	21	27
	1,6	22	21	27	26	23	31
	2,5	24	23	31	30	25	33
100	0,65	16	15	19	18	16	22

	1	18	17	24	22	20	26
	1,6	20	21	27	25	22	30
	2,5	23	22	31	29	24	32
120	0,65	17	16	21	19	17	23
	1	19	18	25	23	21	27
	1,6	23	22	28	26	23	32
	2,5	25	23	32	30	25	34
140	0,65	18	17	22	20	18	24
	1	20	19	26	24	22	28
	1,6	24	23	30	27	25	33
	2,5	27	25	34	31	27	36
160	0,65	19	18	23	21	19	25
	1	22	20	27	26	23	30
	1,6	25	24	31	28	26	34
	2,5	28	26	35	32	29	36
180	0,65	20	19	24	22	20	26
	1	23	22	28	27	25	31
	1,6	26	25	32	29	27	35
	2,5	29	28	36	33	29	38

Эксплуатационная производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$; $\text{м}^3/\text{см.}$; $\text{м}^3/\text{год}$) определяется за час, месяц, год по формуле:

$$\Pi_{\text{э}} = \Pi_{\text{т}} T_{\text{р}} K_{\text{в}}, \quad (2.3)$$

где $\Pi_{\text{т}}$ – техническая производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$; $T_{\text{р}}$ – длительность периода работы, ч; $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования машины по времени за соответствующий период. В таблице 2.9 приведены значения $K_{\text{в}}$ для определения среднечасовой эксплуатационной производительности.

Таблица 2.9

Коэффициенты использования экскаваторов в течение смены, $K_{\text{в}}$

Экскаватор	Объем ковша м^3	Группа грунта			
		I	II	III	IV
Драглайн	0,4–1,0	0,66	0,68	0,7	0,63
	1,5–3,0	0,68	0,71	0,72	0,75
Прямая лопата	0,25–1,5	0,71	0,75	0,76	0,78
	2,0–4,0	0,74	0,76	0,77	0,8
Обратная лопата	0,25–0,65	0,64	0,65	0,66	0,67
	1,0–2,5	0,65	0,66	0,67	0,69

Повышение значений коэффициента использования экскаваторов по времени $K_{\text{в}}$, например, за счет вахтового метода строительства земляного полотна, позволяет увеличить фактическую годовую выработку машины в 1,5...2 раза [11].

2.2.3. Определение модели и числа автосамосвалов

При сооружении земляного полотна железнодорожной линии, как правило, экскаватор разрабатывает грунт с погрузкой в транспортные средства. В качестве транспортных средств чаще всего используются автомобили-самосвалы различной грузоподъемности (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Техническая характеристика автомобилей-самосвалов

Марка	Грузоподъемность, т	Объем кузова, м ³	Мощность, кВт	Масса, кг
ГАЗ-53Б	3,5	5	90,4	3750
ГАЗ-САЗ-3507	4	3	77,2	3840
ЗИЛ-ММЗ-555	4,5	3	110	4,575
ЗИЛ-ММЗ-554М	5,5	6	110	5125
ЗИЛ-ММЗ-4505	6	3,8	110	4905
Урал-5557-31	7	8,8	176	16775
КамАЗ-55102	7	7,9	154	8480
МАЗ-5549	8	5,1	132,4	7225
МАЗ-5551	10	5,5	132,4	7470
КамАЗ-5511	10	6,6	154	8850
КрАЗ-256Б1	12	6	176	10850
КамАЗ-55111	13	7,9	154	10640
КрАЗ-6510	13,5	8	176	11300
КрАЗ-6130С4	15	20	220	28000
КамАЗ-65115	15	9	154	10920
МАЗ-5516-03-23	16,5	10,5	176	28700
КамАЗ-6520	20	12	235	33100
МоАЗ-7505	23	11,5	220,6	19600
БелАЗ-540А	27	15	265	21000
БелАЗ-75401	30	19	265	51360
MAN-18/264FAK	11	7,3	191	18000
Татра14851М	15	9	157	10700
Магirus 290Д	16,6	9,5	229	17600
Volvo FL10	20	11,2	235	34000
Татра 815-24BSK8	22	12,8	270	36000

Число ковшей грунта, необходимое для полной загрузки кузова самосвала, определяется (с округлением) по формуле:

$$A = P_C / P_K, \quad (2.4)$$

где P_C – грузоподъемность автомобиля-самосвала, т; P_K – масса грунта, набираемого в ковш за один цикл, т.

Массу P_K определяют с учетом использования вместимости ковша:

$$P_K = q \gamma K_H / K_P, \quad (2.5)$$

где q – емкость ковша, м³; γ – плотность грунта, т/м³; K_H – коэффициент наполнения ковша; K_P – коэффициент разрыхления грунта.

Полученное число ковшей A проверяется по степени использования емкости кузова автосамосвала:

$$V_A \geq A q K_H, \quad (2.6)$$

где V_A – емкость кузова автосамосвала, m^3 .

Если условие проверки не выполняется, следует повторить расчеты при других значениях A , либо подобрать другую модель автосамосвала.

Выбрав окончательно модель автосамосвала, определяют коэффициент использования его грузоподъемности:

$$\nu = A P_K / P_C. \quad (2.7)$$

При эксплуатации автомобилей перегрузка допускается не более 10% паспортной грузоподъемности, т.е. $\nu \leq 1,1$.

Для обеспечения наибольшей производительности экскаватора при работе на транспорт автосамосвалы необходимо подавать под погрузку непрерывным потоком, не допуская простоев машин. В соответствии с этим количество самосвалов на один экскаватор N_A в зависимости от дальности возки грунта составит

$$N_A = P_э / P_a \quad (2.8)$$

где $P_э$, P_a – соответственно среднечасовая производительность экскаватора и автосамосвала, $m^3/ч$.

Производительность самосвала может быть определена из выражения

$$P_a = 60 P_c / (a + b P_c), \quad (2.9)$$

где P_c – паспортная грузоподъемность самосвала, т; a и b – эмпирические коэффициенты:

$$a = 11,6 \sqrt{S(1 + 0,0127 S^3)}, \quad (2.10)$$

$$b = 60 / \gamma P_э, \quad (2.11)$$

где S – дальность возки грунта, км; γ – плотность грунта.

В случае получения дробного числа N_A его округляют до целого по правилам округления.

2.2.4. Контрольные вопросы к разделу 2.2

1. Приведите общую классификацию машин и оборудования для разработки грунтов

2. Перечислите способы разработки грунтов и охарактеризуйте их. Какие способы реализуются в рабочих процессах землеройных и землеройно-транспортных машин?

3. Перечислите основные виды рабочих органов одноковшовых экскаваторов. Как они устроены?

4. Каковы особенности устройства гидравлических и механических одноковшовых экскаваторов? Дайте их сравнительную характеристику.

5. Какие виды сменного рабочего оборудования могут быть установлены на одноковшовых экскаваторах? Чем отличаются специальные экскаваторы от универсальных?

6. Каковы особенности использования в конструкциях одноковшовых экскаваторов пневмоколесных, гусеничных и шагающих ходовых устройств? Каковы основные области применения экскаваторов с пневмоколесным и гусеничным ходовыми устройствами?

7. Как устроена базовая часть полноповоротных гидравлических экскаваторов? Дайте общую характеристику гидравлической системы экскаватора.

8. Для чего предназначены гидравлические экскаваторы с оборудованием обратной лопаты? Как они устроены и как работают?

9. Для чего предназначены гидравлические экскаваторы с оборудованием прямой лопаты? Как они устроены и как работают?

10. Для чего предназначены экскаваторы с оборудованием драглайна? Как они устроены и как работают?

11. Для чего применяют грейферное рабочее оборудование? Как оно устроено и как работает? Дайте сравнительную оценку работы канатных и гидравлических грейферов.

12. Для чего применяют экскаваторы-планировщики? Как они устроены и как работают?

13. Для чего применяют, как устроено и как работает погрузочное рабочее оборудование одноковшовых экскаваторов?

14. Как устроены и как работают канатные экскаваторы с рабочим оборудованием прямой лопаты? Чем принципиально отличаются схемы работы канатных экскаваторов от гидравлических?

15. Опишите рабочий процесс одноковшового экскаватора. Охарактеризуйте операции цикла экскаватора. Что такое большой цикл экскаватора?

16. Как определяется продолжительность цикла экскаватора при расчете производительности машины?

17. Какие условия производства учитываются при расчете технической и эксплуатационной производительности экскаватора?

18. Какие требования необходимо выполнить при выборе рациональной модели автомобиля-самосвала, обслуживающего работу экскаватора?

19. Как рассчитать оптимальное число автомобилей-самосвалов при формировании экскаваторно-транспортных комплектов машин для производства земляных работ?

20. По каким показателям сравнивается технический уровень строительных машин? Как они определяются?

2.3. Экскаваторы непрерывного действия (ЭНД)

2.3.1. Устройство, назначение, классификация и индексация ЭНД

Экскаваторы, непрерывно разрабатывающие грунт с одновременной погрузкой его в транспортное средство или укладкой в отвал, называют экскаваторами непрерывного действия.

Рабочими органами экскаваторов непрерывного действия являются ковши, скребки или резцы, укрепленные на замкнутой цепи (цепные экскаваторы) либо на роторе (роторные экскаваторы). Благодаря непрерывности процесса копания обеспечивается производительность, в 1,5...2 раза бóльшая, чем у одноковшовых экскаваторов на единицу установленной мощности.

Экскаваторы непрерывного действия классифицируют по многим признакам. В таблице 2.13 приведена общая схема классификации экскаваторов непрерывного действия.

Для экскаваторов непрерывного действия принята соответствующая буквенно-цифровая индексация. В буквенном индексе *траншейных* экскаваторов первые две буквы ЭТ означают: экскаватор траншейный, а третья – тип рабочего органа: Ц – цепной; Р – роторный. В цифровом индексе первые две цифры означают наибольшую глубину отрываемой траншеи (в дм), третья – порядковый номер модели.

Первая из дополнительных букв после цифрового индекса, как и в индексе одноковшовых экскаваторов, означает порядковую модернизацию машины (А, Б, В и т.д.), последующие – климатическое исполнение машины (ХЛ, С, Т, ТВ). Например, индекс ЭТЦ–252 обозначает: экскаватор траншейный цепной с глубиной копания 25 дм (2,5 м), вторая модель, первая модернизация.

Плужно-роторным экскаваторам-каналокопателям присваивается индекс МК (мелиоративный каналокопатель) и порядковый номер по реестру, например, МК–23. Цепным экскаваторам *поперечного копания* присваивается индекс ЭМ (экскаватор мелиоративный) и буквенная часть по аналогии с траншейными экскаваторами продольного копания, в которой первые две цифры означают емкость ковша в л. Например, ЭМ–251А – это экскаватор поперечного копания с ковшами вместимостью 25 л, первая модель, первая модернизация.

Карьерные роторные стреловые экскаваторы имеют индекс ЭР (экскаватор радиального копания) и цифровую часть, в которой первые три цифры – емкость ковша в л (025 – 25 л; 050 – 50 л; 100 – 100 л), а четвертая – номер модели машины. Например, ЭР–1001 – роторный стреловой экскаватор с ковшами вместимостью 100 л, первая модель. Этот экскаватор выполнен на базе одноковшового экскаватора 6-й размерной группы.

Таблица 2.13

Схема классификации экскаваторов непрерывного действия

Признак классификации		
-----------------------	--	--

характер перемещения рабочего органа	тип рабочего органа	назначение	Индекс	Наименование
Продольное копание	Цепной	Траншейные	ЭТЦ (ЭТН, ЭТУ)*	Цепные траншейные экскаваторы
		Дрено-укладочные	ЭТЦ (ЭТН)	Экскаваторы-дреноукладчики
	Роторный	Траншейные	ЭТР (ЭР)	Роторные траншейные экскаваторы
	Шнеко-роторный	Канальные	ЭТР	Шнеко-роторные экскаваторы-каналокопатели
	Двух-роторный	Канальные	ЭТР (КФН)	Двухроторные экскаваторы-каналокопатели
	Плужно-роторный	Канальные	МК	Плужно-роторные каналокопатели
Поперечное копание	Цепной	Крьерные Мелиоративно-ремонтные	ЭМ МР	Цепные экскаваторы поперечного копания
Радиальное копание	Роторный	Карьерные	ЭР	Роторные стреловые экскаваторы

* В скобках указаны встречающиеся в литературе устаревшие индексы

Цепные траншейные экскаваторы (табл. 2.14) смонтированы на колесных и гусеничных тракторах. *Рабочее оборудование* (рис. 2.4) состоит из ковшовой рамы 1, по направляющим которой перемещается ковшовая цепь 2 с укрепленными на ней ковшами 3, плужками или скребками. Поднимается и опускается рама при помощи канатного, гидравлического или цепного привода. Ковшовая цепь приводится в движение при одномоторном приводе через редуктор и цепную передачу от двигателя. На современных экскаваторах часто применяется многомоторный привод и гидродинамическая передача с гидротрансформатором.

Ковшовый рабочий орган траншейного экскаватора представляет собой короткий ковш 3. При очень малой ширине траншеи (0,2...0,5 м) применяют *плужки или скребки*. Для прорезания щелей в мерзлых и полускальных грунтах используют цепи с зубьями (бары). Для изменения ширины траншеи на ковшах крепят боковые ножи-уширители, устанавливают специальные фрезы на ковшовой раме, а также ковши

разной ширины. Ковши снабжают зубьями, которые иногда располагают в шахматном порядке.

Таблица 2.14

Технические параметры цепных многоковшовых траншейных экскаваторов

Модель	Базовый трактор	Мощность двигателя, кВт	Масса, Т	Размеры траншеи, м	
				глубина	ширина
с ковшовыми рабочими органами					
ЭТЦ-171	—	38	9,75	1,85	0,5
ЭТЦ-201	—	39	8,325	2,2	0,5
ЭТУ-353	—	42	12,060	3,5	0,8
ЭТУ-354	—	49	12	3,5	0,8
ЭТЦ–151	ТТ-4	81	19,8	1,5	0,65; 0,8
ЭТЦ-202	—	36,7	9,9	2,0	0,5
ЭТЦ-205С	Т–130МГ-1	82	20,5	2,0	0,65; 0,9
ЭТЦ-252А	ТТ–4	81	19,5	2,5	0,8; 1,0

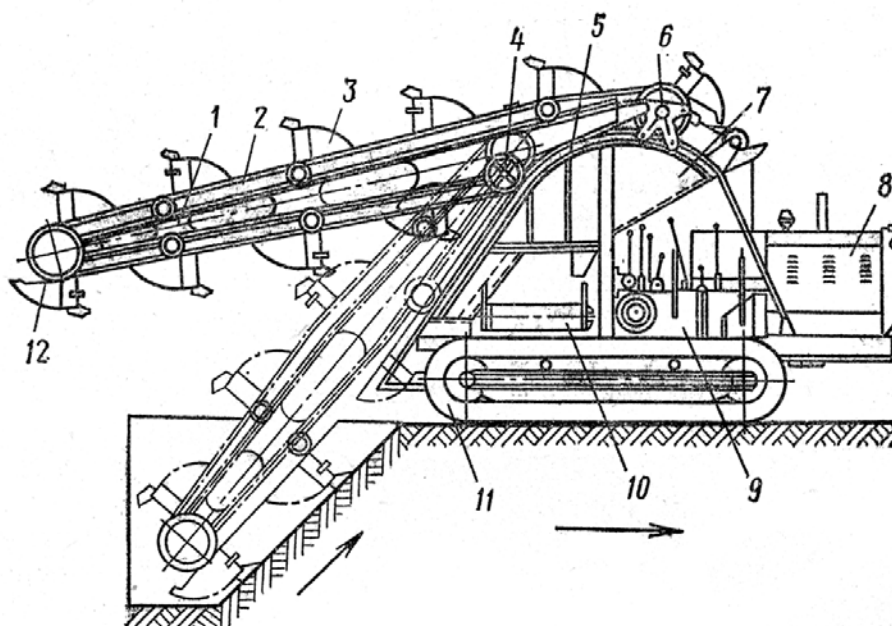


Рис. 2.4. Экскаватор траншейный цепной

1 – ковшовая рама; 2 – цепь; 3 – ковши; 4 – ролики; 5 – направляющая рама; 6 – вал ведущей звездочки; 7 – бункер; 8 – двигатель; 9 – коробка передач; 10 – ленточный конвейер; 11 – ходовое оборудование; 12 – натяжная звездочка

Роторные траншейные экскаваторы по сравнению с цепными отличаются более высоким КПД (нет цепей, работающих в абразивной

среде) и, следовательно, меньшей энергоемкостью разработки грунта. При равной с цепным экскаватором массе роторный экскаватор производительнее, поскольку допускает более высокую скорость резания грунта. Однако роторные экскаваторы имеют большие габаритные размеры и массу, чем цепные. Это связано с тем, что наибольшая глубина траншеи не превышает 0,6 диаметра ротора. Таким образом, например, для копания траншеи глубиной 3,5 м понадобился бы ротор диаметром около 6 м. Поэтому роторные экскаваторы выпускают с максимальной глубиной копания 2,5 м.

Роторный траншейный экскаватор (рис. 2.5) в обычном исполнении является самоходной машиной и состоит из двух основных частей: тягача и рабочего оборудования. Гусеничные тягачи ЭТР выполняют на базе переоборудованных серийных гусеничных тракторов, у которых уширен и удлинен гусеничный ход, в трансмиссию включен ходоуменьшитель для получения рабочих скоростей передвижения машины (10...500 м/ч), имеется дополнительная рама 13 для монтажа рабочего оборудования и механизмы для подъема рабочего оборудования.

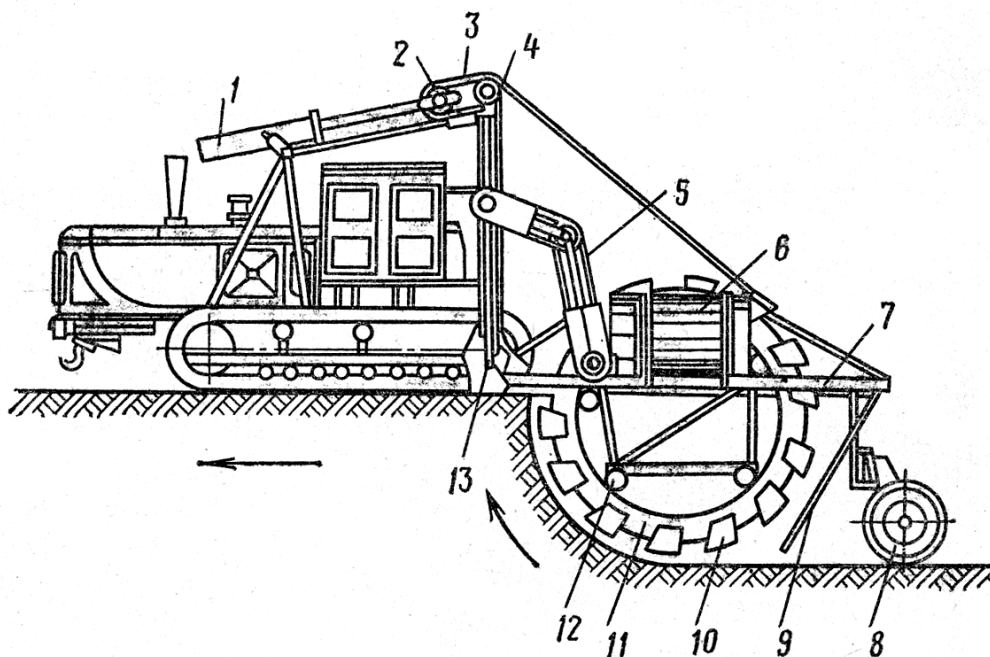


Рис. 2.5. Экскаватор траншейный роторный

1 – гидроцилиндры; 2 – обоймы со звездочками; 3 – цепь; 4 – ведущая звездочка; 5 – двойная цепная передача; 6 – ленточный конвейер; 7 – рама ротора; 8 – колесо; 9 – скребок; 10 – ковши; 11 – ротор; 12 – направляющие ролики; 13 – основная рама

Рабочее оборудование включает в себя ротор 11 с ковшами 10 (либо зубьями), ленточный конвейер 6, скребок (зачистное устройство) 9,

ножевой откосник. Ротор направляется и поддерживается направляющими роликами 12, попарно установленными на раме 7. Для уширения траншей дополнительно навешиваются боковые откосники. Поднимается и опускается рама вместе с ротором подъемным механизмом, состоящим из двух гидроцилиндров 1, на штоках которых укреплены подвижные обоймы со звездочками 2. Вращающий момент на ротор передается от ведущей звездочки 4 двойной цепной передачей 5, которая удлиняется при опускании ротора в грунт.

Техническая характеристика отечественных роторных траншейных экскаваторов приведена в табл. 2.15.

Таблица 2.15

Технические параметры роторных траншейных экскаваторов

Модель	Базовая машина	Мощность двигателя, кВт	Масса, т	Размеры траншеи, м	
				глубина	ширина
с ковшовыми рабочими органами					
ЭТР-141	Т-74	59	11,6	1,4	0,6
ЭТР-161	Т-74	59	13,1	1,6	0,8
ЭТР-162	ДТ-75С2	55	12,33	1,6	0,8
ЭТР-204А	Т-130.1Г-1	118	31,4	2	1,2
ЭТР-223А	Спец. шасси	125	33,5	2,2	1,5
ЭТР-224А	—«—	125	31,6	2,2	0,85
ЭТР-231	—«—	184	35,5	2,3	1,8
ЭТР-253	ДЭТ-250	222,8	59,5	2,5	1,8; 2,1
ЭТР-253А	ДЭТ-250М	220	61,8	2,5	2,1
ЭТР-254А	Т-130; К-701	240	49,5	2,5	1,8; 2,1
ЭТР-301А	Т-150	118	32	3	1,2
ЭР-4А	ДТ-75	59	18,58	1,8	0,9; 1,1
ЭР-5	Т-100	79	25	2,2	1,2
ЭР-51	Т-100	79	26	2,2	1,2; 1,45
ЭР-7АС	Т-100	79	25	2,0	0,9
ЭР-7АМ	Т-100М	79,4	24,45	2,0	1,2
ЭР-7Г	Т-100М	79,4	24,5	2,2	1,7
ЭР-7Е	Т-100М	79,4	24,5	1,7	1,4
ЭР-7П	Т-100М	79,4	25	2,2	0,85...1,1

По способу соединения рабочего оборудования с тягачом роторные траншейные экскаваторы подразделяются на навесные и полуприцепные. У полуприцепных экскаваторов рабочее оборудование опирается спереди на тягач, а сзади – на дополнительную пневмоколесную опору.

2.3.2. Производительность многоковшовых экскаваторов

Техническая производительность цепного траншейного экскаватора определяется по формуле

$$П_T = 3,6 q v_{ц} K_H / s K_P, \quad (2.12)$$

где q – емкость ковша, $м^3$; $v_{ц}$ – скорость движения ковшовой цепи, $м/с$; K_H – коэффициент наполнения ковша; s – шаг ковшей, $м$; K_P – коэффициент разрыхления грунта.

Техническая производительность роторного экскаватора равна:

$$П_T = 0.06 q N \omega K_H / K_P, \quad (2.13)$$

где q – емкость ковша, $м^3$; N – число ковшей на роторном колесе;

ω – число оборотов роторного колеса в минуту; K_H , K_P – см. выше.

Средние значения K_H и K_P :

группа грунта:	I	II	III	IV
K_H :	1,05	0,95	0,87	0,8
K_P :	1,15	1,2	1,27	1,32

Для достижения расчетной производительности траншейных экскаваторов необходимо регулировать скорость движения машины в процессе копания в соответствии с размерами отрываемой траншеи:

$$v_э = П_T / 60 B H, \quad (2.14)$$

где $v_э$ – скорость экскаватора в процессе копания траншеи, $м/мин$; $П_T$ – расчетная техническая производительность машины, $м^3/ч$; $B \times H$ – поперечные размеры траншеи, $м$.

В соответствии с ЕНиР–2–1–88 при определении эксплуатационной производительности значения коэффициента использования машины по времени K_B принимается: для траншейных роторных экскаваторов 0,64; для цепных – 0,8; для карьерных роторных экскаваторов – 0,9.

2.3.3. Контрольные вопросы к разделу 2.3

1. Из каких узлов (систем) состоит экскаватор непрерывного действия. Какими преимуществами обладают эти экскаваторы перед одноковшовыми экскаваторами?

2. Приведите классификацию многоковшовых экскаваторов. Какова область их применения в железнодорожном строительстве?

3. Для чего предназначены траншейные экскаваторы? Какими рабочими органами их оборудуют? Какими рабочими движениями производится копание грунта экскаваторами непрерывного действия?

4. Что является главным параметром траншейных экскаваторов? Какие индексы присваиваются многоковшовым экскаваторам?

5. На базе каких машин изготавливают траншейные экскаваторы? Из каких сборочных единиц состоит экскаватор непрерывного действия? Чем отличается транспортное передвижение от рабочего передвижения этой машины?

6. Дайте характеристику силового оборудования и привода многоковшовых траншейных экскаваторов.

7. Дайте характеристику рабочего и ходового оборудования траншейных экскаваторов.

8. Как устроен и как работает цепной траншейный экскаватор? Какими рабочими движениями обеспечивается разработка грунта цепным экскаватором?

9. Как устроен и как работает роторный траншейный экскаватор? Какими рабочими движениями обеспечивается разработка грунта роторными экскаваторами?

10. Как обеспечивается разработка траншей с откосами? Как обеспечивается зачистка траншей при работе траншейных экскаваторов?

11. Для чего применяют скребковые экскаваторы? Как они устроены и как работают?

12. Для чего применяют роторные экскаваторы радиального копания? Как они устроены и как работают?

13. Для чего применяются многоковшовые экскаваторы поперечного копания? Как они устроены и как работают?

14. Как определяют производительность многоковшовых экскаваторов с различным рабочим оборудованием?

15. Как определяется величина подачи на ковш и скорость рабочего хода экскаватора, при которых достигается наибольшая производительность?

16. Какие автоматические устройства и системы применяются для управления многоковшовыми экскаваторами? Каковы их назначение и эффективность?

2.4. Скреперы

2.4.1. Классификация и устройство скреперов

Скрепер – это землеройно-транспортная машина, рабочим органом которой является большеобъемный ковш на пневмоколесах, снабженный в нижней части ножом для послойного срезания грунта.

Скреперами разрабатывают грунты I и II группы непосредственно, а грунты III и IV группы – после их предварительного разрыхления. Поэтому в скреперные комплекты обычно включают бульдозеры-рыхлители, используемые также в качестве толкачей для повышения силы тяги скреперов.

В качестве **базовых машин** используют для прицепных скреперов гусеничные тракторы, самоходные одноосные колесные тягачи и колесные тракторы. В самоходных скреперах одноосный колесный тягач и скреперное оборудование составляют единое целое.

Классификация скреперов возможна по нескольким признакам (табл. 2.16).

Таблица 2.16

Классификация скреперов

Скреперы	Агрегатирование (компоновка) с базовым тягачом	Прицепные
		Полуприцепные
		Самоходные
	Вместимость ковша	Малая (до 5 м ³)
		Средняя (5...15 м ³)
		Большая (более 15 м ³)
	Способ загрузки ковша	Свободный (тяговый)
		Принудительный (элеваторный)
	Способ разгрузки ковша	Свободный (самосвальный)
		Полупринудительный
		Принудительный
	Трансмиссия	Канатная
		Гидравлическая
		Электромеханическая
	Ходовое оборудование	Одноосное
		Двухосное

Скреперное оборудование (рис. 2.6) включает в себя переднюю ось, тяговую раму, открытый сверху ковш с буфером, задние колеса. С передней стороны ковш закрывается шарнирно закрепленной на боковых стенках заслонкой, а в задней его части размещена подвижная стенка, опирающаяся с помощью роликов на днище ковш и буфер. На передней кромке днища – подножевой плите – крепят сменные ножи для срезания слоя грунта. Ножи также установлены на передней наружной части боковых стенок ковш для подрезания слоя грунта по бокам. Ковш, заслонка и задняя стенка перемещаются с помощью гидроцилиндров, управляемых от гидросистемы тягача.

Основными параметрами скреперов являются: геометрическая вместимость ковш, максимально допускаемая масса груза в ковше (грузоподъемность), ширина резания, максимальное заглубление, толщина слоя отсыпки, тяговый класс базового тягача, мощность двигателя.

Скреперам присваивается индекс, состоящий из букв ДЗ (дорожная машина землеройная) и двух-трех цифр, которые обозначают порядковый номер заводской регистрации модели. Буквы и цифры в индексе, стоящие после цифр номера модели, обозначают очередную модернизацию или климатическое исполнение (С, ХЛ).

Цикл работы скрепера включает заполнение грунтом скреперного ковш, доставку грунта к месту отсыпки, разгрузку грунта, возвращение машины к месту набора грунта (забою). Ковш заполняется следующим образом. С помощью гидроцилиндров заслонка поднимается на небольшую высоту и образует загрузочную щель между своей нижней кромкой и ножами. Ковш из транспортного положения гидроцилиндрами опускается до зарезания ножей в грунт.

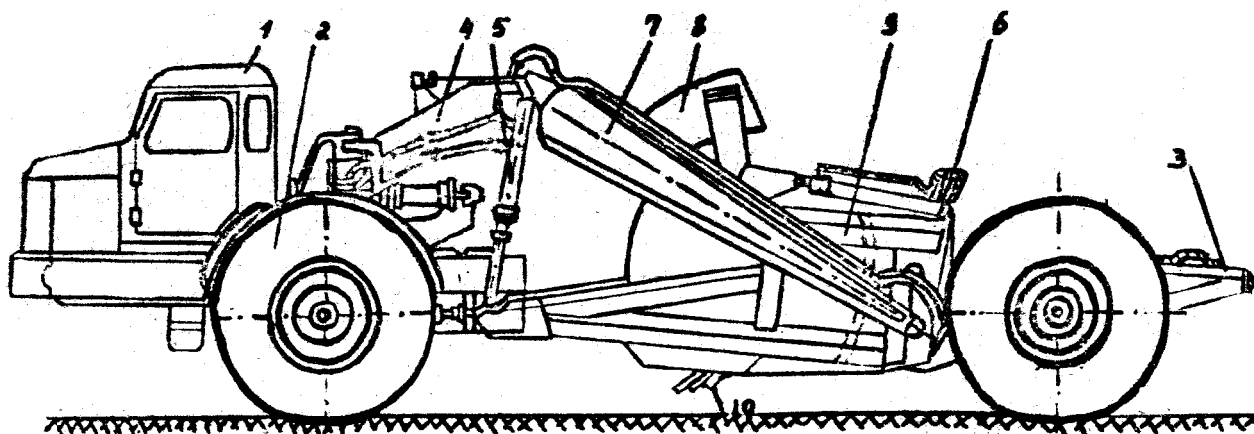


Рис. 2.6. Самоходный скрепер ДЗ–11П

- 1 – тягач; 2 – колесо; 3 – буфер; 4 – передок;
 5 – гидроцилиндры подъема ковша и заслонки; 6 – задняя стенка; 7 – рама;
 8 – заслонка; 9 – ковш; 10 – ножи

При продвижении скрепера вперед срезаемый ножами пласт грунта через загрузочную щель поступает в ковш. Толщина срезаемого слоя грунта зависит от величины тягового усилия тягача. Затем заслонку опускают, перекрыв загрузочную щель для предотвращения высыпания грунта, а ковш поднимают, т.е. переводят его в транспортное положение. Поскольку тягового усилия тягачей (особенно колесных) для загрузки скрепера недостаточно, при наборе грунта применяют толкачи, а также технологию спаренной работы самоходных 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 разгрузке ковша заслонку полностью поднимают и грунт выталкивают с помощью задней стенки, выдвигаемой вперед гидроцилиндрами. Поскольку при этом скрепер продолжает движение, высыпавшийся из ковша грунт разравнивается слоем определенной толщины. Ее можно регулировать, изменяя положение кромки режущих ножей. После окончания выгрузки грунта заслонка и задняя стенка возвращаются в исходное положение и скрепер направляется к забою.

Техническая характеристика отечественных скреперов приведена в табл. 2.17.

Таблица 2.17

Техническая характеристика скреперов

Индекс	Базовый тягач	Мощность двигателя, кВт	Емкость ковша, м ³	Ширина резания, мм	Масса с тягачом, т
Прицепные скреперы					
ДЗ-111А	Т-4П	96	4,5	2430	12,88
ДЗ-172.5	Т-170	125	8,8-11	2754	24,25
ДЗ-149.5	К-701	221	8,8-11	2850	24,3
ДЗ-79	Т-330	272	15,6-20,5	3040	46,0
ДЗ-161	Т-25	273	16-23	3430	53,6
ДЗ-137	Т-500	368	25-33,6	3550	75,0
Самоходные скреперы					
ДЗ-11П	МоАЗ-546П	158	8-11	2700	20
ДЗ-87-1	МоАЗ-6014	165	8,3-11	2430	24,3
ДЗ-155-1	БелАЗ-7422	265	15-20	3430	38,5
ДЗ-115А	БелАЗ-531	2х265	15-21	3200	44
ДЗ-13Б	БелАЗ-7422	265	16-23	3430	37
ДЗ-107	Спец. шасси	2х405	25-33,6	3796	68

С целью повышения эффективности использования скреперов на планировочных работах используют системы автоматического управления (САУ) на базе лазерной техники. Системой «Копир-Стабилоплан 10Л» оснащен, например, прицепной скрепер ДЗ–172.5 (рис. 2.7).

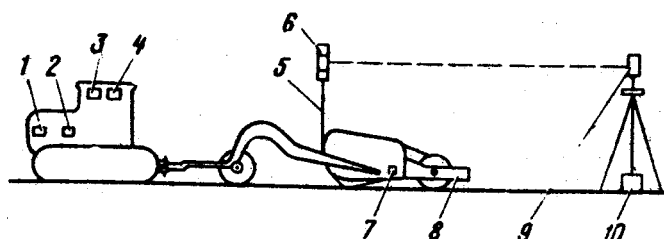


Рис. 2.7. Установка аппаратуры системы "Копир-Стабилоплан-10Л"

1 – датчик частоты вращения ТГ; 2 – исполнительные механизмы (электрозолотники); 3 – блок перегрузки двигателя; 4 – пульт управления; 5 – механизм перемещения; 6 – фотоприемное устройство; 7 – датчики управления задней стенкой (КВД); 8 – датчик углового положения (ДКБ); 9 – лазерный излучатель; 10 – аккумулятор питания лазерного излучателя

Особенности рабочих процессов землеройно-транспортных машин (ЗТМ) затрудняют полную автоматизацию их управления без участия машиниста. Поэтому в настоящее время автоматизированы те операции и рабочие движения этих машин, которые в наибольшей мере определяют

точность и качество технологических операций, а также эффективную работу систем машины.

В рассматриваемых системах САУ ЗТМ обычно используют дискретные электронные схемы на основе полупроводниковых устройств, обеспечивающих надежность работы системы за счет применения бесконтактных элементов. Они имеют сравнительно большой срок службы, малые габаритные размеры, потребляют небольшое количество энергии, работают от простых источников питания.

2.4.2. Расчет производительность скрепера

Техническая производительность скрепера определяется по формуле

$$П_T = 3600 q K_H / t_{\text{ц}} K_P, \quad (2.15)$$

где q – геометрическая емкость ковша, м^3 ; K_H – коэффициент наполнения ковша (табл. 2.18); $t_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла, с; K_P – коэффициент разрыхления грунта в ковше скрепера.

Таблица 2.18

Значения коэффициента наполнения ковша скрепера K_H

Грунт	Значение K_H при работе скрепера	
	без толкача	с толкачом
Песок	0,6...0,8	0,7...0,9
Супесь	0,9...1,1	1,0...1,2
Суглинок	0,8...1,1	0,9...1,2
Глина	1,0...1,2	1,0...1,3

Продолжительность рабочего цикла

$$t_{\text{ц}} = 3,6(S_H/v_H + S_G/v_G + S_P/v_P + S_n/v_n) + t_T + n_1 t_{\text{пп}} + n_2 t_{\text{пов}}, \quad (2.16)$$

где S_H, S_G, S_P, S_n – длины расстояний соответственно при наполнении ковша, транспортировании и разгрузке грунта и порожнем ходе, м; v_H, v_G, v_P, v_n – скорости скрепера при выполнении этих операций, км/ч; t_T – время, необходимое на стыковку скрепера с толкачом (25...30 с); $t_{\text{пп}}$ – время на переключение передач (5...10 с на одно переключение); $t_{\text{пов}}$ – продолжительность одного поворота (табл. 2.19); n_1, n_2 – соответственно число переключений и поворотов за рабочий цикл.

Таблица 2.19

Время, затрачиваемое на 2 поворота скрепера, с

Скрепер	Емкость ковша скрепера, м^3			
	4...6	8...10	12...15	> 15
Прицепной	50	60	70	80
Самоходный	30	40	50	60

Длины путей наполнения и разгрузки ковша равны:

$$S_H = q K_n K_H / 0,7 B h_{\text{CP}} K_P; \quad S_P = q K_H / B h_0, \quad (2.17)$$

где B – ширина захвата ковша, м; $K_n = 1,2$ – коэффициент, учитывающий потери грунта при образовании призмы волочения; $h_{ср}$ – средняя толщина срезаемой стружки, м (табл. 2.20); h_o – толщина слоя отсыпки грунта, м, (определяется толщиной уплотняемого слоя грунта). При отсутствии указаний относительно толщины h_o можно принимать $h_o = (0,7...0,8) h_p$, где h_p – паспортное значение толщины слоя отсыпки грунта.

Если длина пути набора грунта S_n окажется больше рекомендуемого значения (табл. 2.21), следует предусмотреть послойное рыхление грунта бульдозером-рыхлителем. В этом случае по рекомендуемой величине S_k определяют требуемую глубину копания грунта, которая не может превышать предельного (паспортного) значения.

Таблица 2.20

Средняя глубина резания грунта скрепером, мм

Емкость ковша скрепера, м ³	Грунт			
	песок	супесь	суглинок	глина
При работе без толкача				
4	150	120	100	70
6	180	140	110	80
8	200	150	120	100
10	300	200	180	150
15	350	250	210	160
25	400	300	250	200
При работе с толкачом				
6	200	150	140	100
8	300	250	200	140
10	300	300	250	180
15	350	350	300	220
25	450	400	350	250

Расстояния S_r , S_n , а также число поворотов n определяются в соответствии со схемой движения скрепера.

Таблица 2.21

Рекомендуемая длина пути набора грунта скрепером, м

Скрепер				
	4...6	8...10	12...15	> 15
Прицепной	12...20	20...25	25...35	35...50
Самоходный	10...18	18...22	22...33	33...45

Скорость движения скрепера ориентировочно можно принимать по усредненным эксплуатационным показателям (табл. 2.22).

Таблица 2.22

Средние скорости движения скрепера

Скрепер	Скорость, км/ч			
	V_H	V_T	V_P	V_{Π}
Прицепной	1,5...1,6	3,8...4,5	3,5...5,5	6...10
Самоходный	3,5...5,0	5,3...15	4,5...6,4	8...25

Сменная производительность определяется по формуле

$$P_{\Sigma} = T_{\text{см}} P_T K_B, \quad (2.18)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; K_B – коэффициент использования скрепера во времени. В соответствии с ЕНиР 2–1–88 в среднем для прицепных скреперов $K_B = 0,8$; для самоходных – $K_B = 0,75$.

2.4.3. Контрольные вопросы к разделу 2.4

1. Для чего предназначены землеройно-транспортные машины? Как они классифицируются? Какими рабочими органами они оборудованы?
2. Каковы особенности рабочих процессов землеройно-транспортных машин? Какова область их применения?
3. Для чего предназначены скреперы? Из каких операций состоит рабочий цикл скрепера?
4. Из каких частей и сборочных единиц состоит скрепер?
5. Приведите классификацию скреперов. Назовите главный параметр скрепера. Перечислите основные параметры скрепера.
6. Как устроено скреперное оборудование прицепных скреперов?
7. Как устроено скреперное оборудование самоходных скреперов?
8. Рассмотрите устройство привода скреперного оборудования.
9. Какими способами разрабатывают грунт скреперами? Охарактеризуйте способы загрузки скреперных ковшей.
10. Каков состав работ, выполняемых с применением скреперов в железнодорожном строительстве?
11. Охарактеризуйте транспортный цикл скрепера. Как разгружаются скреперы? Какие требования предъявляются к скреперным транспортным путям?
12. Перечислите основные схемы движения прицепных и самоходных скреперов. На каких скоростях работают скреперы?
13. Как определяют техническую и эксплуатационную производительность скрепера?
14. Какие задачи решаются благодаря использованию автоматических систем управления скреперами? Какими типовыми системами автоматического управления оснащаются отечественные скреперы?
15. Охарактеризуйте системы автоматического управления ковшом скрепера «Комбиплан-10» и «Копир-Стабилоплан-10».

2.5. Бульдозеры и бульдозеры-рыхлители

2.5.1. Бульдозеры

Бульдозер – это самоходная гусеничная или колесная машина с регулируемым фронтально-расположенным отвалом, которая режет, перемещает и распределяет материал при движении вперед. Основное отличие бульдозера от исполнения других землеройно-транспортных машин заключается в наличии отвала, с помощью которого разрабатывается грунт и затем перемещается в виде так называемой призмы волочения.

Бульдозеры характеризуются рядом основных параметров, к которым относятся: тяговый класс, мощность двигателя базового трактора, масса машины, размеры отвала, высота подъема отвала, заглубление отвала, скорость движения, удельное давление на грунт, габаритные размеры. Тяговый класс базового трактора – главный параметр бульдозера. Он характеризует напорное усилие или силу тяги, развиваемую при минимальной скорости рабочего хода и минимальном буксовании гусениц или колес.

Бульдозеры классифицируют по назначению, типу ходового устройства, конструкции рабочего оборудования, тяговому классу базового трактора (табл. 2. 23).

Таблица 2.23

Классификация бульдозеров

Строительные бульдозеры	Назначение	Общего назначения
		Специальные
		Многоцелевого назначения
	Ходовое устройство	Колесное
		Гусеничное
	Тип отвала	Неповоротный
		Поворотный
		Универсальный
	Управление отвалом	Канатно-блочное
		Гидравлическое
	Тяговый класс трактора	Малогабаритные (класс до 0,9)
		Легкие (классов 1,4...4)
		Средние (классов 6...15)
		Тяжелые (классов 25...35)
		Сверхтяжелые (класса свыше 35)

Бульдозерам всех исполнений присваивается индекс в виде букв ДЗ и цифровой части, аналогичный индексу скреперов. В последнее время в ряде моделей бульдозеров стала применяться маркировка, состоящая из букв и цифр, которые обозначают индекс базового трактора. Например, индекс Б10МБ означает – бульдозер на базе трактора Т–10МБ; ТМ-25.01 –

бульдозер на тракторе Т-25.01. Используются и другие системы индексации (см. техническую характеристику современных бульдозеров, выпускаемых в России и странах СНГ, табл. 2.24).

Таблица 2.24

Техническая характеристика гусеничных бульдозеров

Индекс	Базовый тягач			Масса, т	
	марка	тяговый класс	мощность, кВт	без тягача	с тягачом
Бульдозеры с неповоротным отвалом					
ДЗ-42Г	ДТ-75М	3	70	0,8	7,985
ДЗ-101А	Т-4АП2	4	96	1,7	10,15
ОБГН-4	Т-4А.01	4	96	1,1	9,97
ОБГН-4М	Т-4АП2.01	10	96	1,5	10,33
Б10МБ-2121	Т-10МБ	10	132	2,87	19,56
Б10М.0100Е	Т-10М	10	132	2,51	16,76
ТС-10	ТС-10	10	132	2,16	16,5
ДЗ-162	ДТ-75Н	10	80	1,6	9,82
ДЗ-54	Т-100МЗ	10	80	1,71	13,71
ДЗ-27	Т-130	10	118	1,85	13,35
ДЗ-110А	Т-130	15	118	1,99	16,02
ДЗ-35	Т-180	15	133	2,06	17,065
ДЗ-35С	Т-180Г	15	133	3,4	18,76
ДЗ-158	Т-25.01	25	272	6,91	40,51
ДЗ-34С	ДЭТ-250	25	222	3,98	31,38
ДЗ-118	ДЭТ-250М	25	243	4,87	34,8
ДЗ-124ХЛ	Т-330	25	250	8,046	46,5
ДЗ-59	Т-330	25	250	6,5	44,0
ДЗ-141ХЛ	Т-500	35	368	8,615	61,35
Бульдозеры с поворотным отвалом					
ДЗ-42П	Д75Д	3	70	0,9	7,43
ДЗ-17	Т-100МЗ	10	79	2,2	14
ДЗ-19	Т-100МЗБГ	10	79	4,73	17,1
ДЗ-28	Т-130.1.Г-1	10	118	2,0	16,32
ДЗ-109Б	Т-130.1.Г-1	10	118	2,25	16,28
ДЗ-171.1	Т-170	10	125	2,8	16,5
ДЗ-25	Т-180ГП	15	132	3,96	19,32
ДЗ-35Б	Т-180КС	15	132	3,9	17,9
ДЗ-60ХЛ	Т-330	25	243	8,42	44,69

Бульдозер (рис. 2.8) состоит из базовой машины и навесного рабочего оборудования. Бульдозерное оборудование включает в себя отвал 2 с ножами 1, толкающее устройство, состоящее из основной рамы 3, двух толкателей 7 и гидросистемы управления отвалом 6. Толкающее усилие, развиваемое двигателем трактора 5, через толкающее устройство

передается на отвал, который ножами срезает грунт. Толщина срезаемой стружки регулируется гидроцилиндрами 4 подъема и опускания отвала.

При резании грунта бульдозер перемещается на рабочей скорости, обычно соответствующей первой передаче, с целью получить возможно большее тяговое усилие. Для сокращения продолжительности цикла желательно предельно сокращать путь копания, для чего грунт следует разрабатывать с возможно большей толщиной стружки. Рекомендуется при разработке слабых грунтов применять прямослойную схему резания грунта, в плотных грунтах – клиновую или гребенчатую схему.

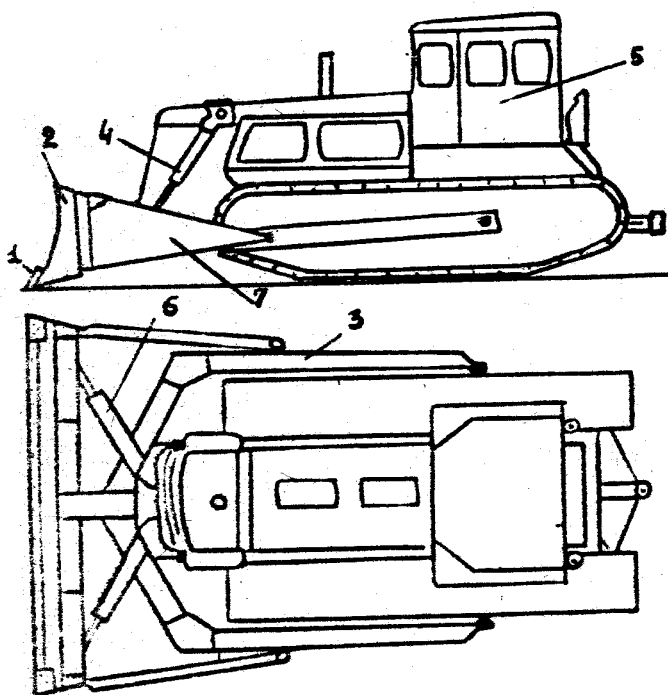


Рис. 2.8. Бульдозер с поворотным отвалом

1 – нож; 2 – отвал; 3 – рама; 4 – гидроцилиндры подъема отвала;
5 – трактор; 6 – гидроцилиндры поворота отвала; 7 – толкатель

После образования перед отвалом призмы грунта его транспортируют при переднем ходе на расстояние и одновременно подрезают. Подрезанием компенсируются потери грунта, высыпавшегося из призмы по бокам отвала. При подходе к месту отсыпки отвал поднимают, призма грунта ссыпается, образуя штабель. С поднятым отвалом бульдозер на максимально возможной скорости возвращается в забой задним ходом (при небольших расстояниях передвижения) или передним ходом с разворотами.

В последнее время некоторые модели неповоротных и поворотных гидравлических бульдозеров снабжаются автоматизированными системами управления отвалом «Копир-Автоплан-10» и «Комбиплан-10»,

осуществляющими автоматическую стабилизацию заданного положения отвала при выполнении окончательных планировочных работ. Эти системы имеют ту же элементную основу, что и рассмотренные выше системы управления скреперами.

Система автоматики «Копир-Автоплан-10» установлена на бульдозере с поворотным отвалом ДЗ-109Б-1 (рис. 2.9). Система «Комбиплан-10» установлена на бульдозерах с неповоротным отвалом ДЗ-110А-1 и ДЗ-110В-1.

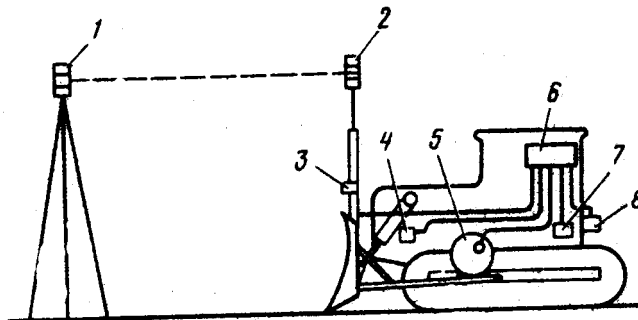


Рис. 2.9. Аппаратура системы "Копир-Автоплан-10"

- 1 – источник лазерного излучения; 2 – фотоприемное устройство (ФПУ);
 3 – механизм перемещения (МП) с датчиком обратной связи;
 4 – тахогенератор (ТГ); 5 – датчик ДКБ; 6 – пульт управления;
 7 – аккумулятор

Техническая производительность бульдозера при резании и перемещении грунта, $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется по формуле

$$П_T = 3600 V_{\text{пр}} K_y K_C / T_{\text{ц}}, \quad (2.21)$$

где $V_{\text{пр}}$ – геометрический объем призмы волочения грунта (в плотном теле), м^3 ;

$$V_{\text{пр}} = 0,5 L H^2 / \text{ctg } \varphi_0 K_p, \quad (2.22)$$

где L , H – соответственно длина и высота отвала; φ_0 – угол естественного откоса при перемещении материала (среднее значение $\varphi_0 = 30^\circ$; $\text{ctg } \varphi_0 = 1,73$); K_p – коэффициент разрыхления грунта (для грунта 1-й группы равен 1,1; 2-й группы – 1,2; 3-й группы – 1,3); K_y – коэффициент, учитывающий влияние уклона местности (табл. 2.22); K_C – коэффициент сохранения грунта при его транспортировке:

$$K_C = 1 - 0,005 S_B, \quad (2.23)$$

где S_B – дальность перемещения (возки) грунта, м; $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, с:

$$T_{\text{ц}} = S_p / v_p + S_B / v_B + S_0 / v_0 + \Sigma t, \quad (2.24)$$

где S_p , S_B , S_0 – длина соответственно пути резания, возки грунта и обратного хода, м; $S_0 = S_p + S_B$; v_p , v_B , v_0 – скорость трактора при резании, перемещении грунта и обратном ходе, м/с, (табл. 2.23); Σt – время на переключение передачи, опускание отвала, остановки в начале и конце рабочего хода и др. вспомогательные операции (в среднем $\Sigma t = 15 \dots 20$ с).

Длина пути резания грунта

$$S_p = V_{пр} / L h_c \quad (2.25)$$

где $V_{пр}$ – объем призмы волочения грунта, m^3 ; L – длина отвала бульдозера, m ; h_c – толщина срезаемого слоя грунта, m , (табл. 2.23).

Таблица 2.22

Влияние уклона местности на производительность бульдозера

Направление резания	Значение коэффициента K_y при уклоне местности, %				
	3	6	10	15	20
Под уклон	1	1,2	1,5	2,0	2,5
На подъем	1	0,85	0,7	0,6	–

Таблица 2.23

Основные технологические параметры работы бульдозера

Группа грунта	Тяговый класс бульдозера	Толщина резания грунта, см	Скорость, м/с, при		
			резании грунта	груженом ходе	обратном ходе
I	1,4...4	18,5	0,7	1,1	2,0
	6...15	25	0,75	1,2	2,5
	25...35	35	0,76	1,0	2,1
II	1,4...4	17,5	0,65	1,0	2,0
	6...15	22	0,7	1,1	2,5
	25...35	31	0,74	0,9	2,1
III	1,4...4	12,5	0,5	0,7	2,0
	6...15	18	0,65	1,0	2,5
	25...35	27	0,72	0,8	2,1

Среднечасовая эксплуатационная производительность бульдозера равна:

$$П_{\Sigma} = П_T K_B, \quad (2.26)$$

где K_B – коэффициент использования машины по времени в течение смены: $K_B = 0,8$ – при мощности бульдозера до 200 кВт; $K_B = 0,75$ – при мощности свыше 200 кВт.

2.5.2. Бульдозеры-рыхлители

В целях совмещения в бульдозере землеройно-транспортной и рыхлительной машины, что расширяет область ее применения в различных грунтовых и погодноклиматических условиях, на задний мост базового гусеничного трактора навешивают рыхлительное оборудование (рис. 2.10).

Рыхлительное оборудование состоит из навесного устройства в виде рамы 1, системы тяг 2, рабочей балки 4, обеспечивающих ориентированную подвижность и фиксированные положения рабочих органов – зуба с наконечником 7 (или нескольких зубьев) в пространстве с использованием гидроцилиндров 3. Навесное оборудование монтируют на

базовом тракторе посредством опорных элементов: рам, балок, кронштейнов, жестко закрепленных на корпусе заднего моста.

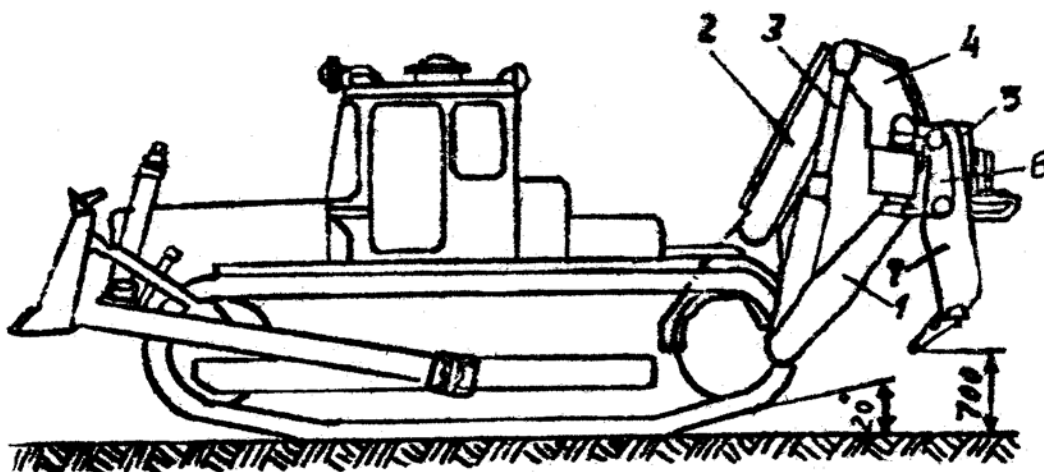


Рис. 2.10. Бульдозер-рыхлитель

1 – рама; 2 – тяга; 3 – гидроцилиндры; 4 – балки; 5 – буфер;
6 – флюгерное устройство; 7 – зуб с наконечником

Конструктивные и классификационные отличия современных рыхлителей обусловлены тяговым классом и ходовым устройством базового трактора, назначением рыхлителя, видом его навесного устройства, способом установки, числом зубьев и их креплением (табл. 2.24).

Таблица 2.24

Классификация рыхлителей

Рыхлители	назначение	общего назначения
		специальные
	вид навески	трехзвенные
		четырёхзвенные
		многозвенные
	число зубьев	однорядные
		трехрядные
		многозубые
	способ крепления	с жестким креплением
		с шарнирным креплением

Главным классификационным параметром рыхлителя, определяющим типоразмер, является тяговый класс базового трактора. Техническая характеристика бульдозеров-рыхлителей приведена в табл. 2.25.

Таблица 2.25

Техническая характеристика бульдозеров-рыхлителей

Индекс	Базовый трактор			Масса, т		
	марка	класс	мощность, кВт	оборудование		машины общая
				бульдозер	рыхлитель	
Б10М.0100	Т-10М	10	132	2,51	1,72	18,24
ЧЕТРА-11	Т-11.01	11	123	2,4	1,0	20,0
Т-15.01	Т-15.01	15	176	3,11	3,575	28,0
Т-20.01	Т-20.01	20	206	4,3	3,575	36
ТМ-25.01	ТМ-25.01	25	279	6,95	4,6	50,98
ДЭТ-320 Б1Р1	ДЭТ- 250М2	25	258	5,2	4,28	45,0
ДЭТ-250М 2Б1Р1	ДЭТ- 250М2	25	237	6,2	3,95	41,34
Т-35.01	Т-35.01	35	353	8,95	6,12	61,55
Т-50.01	Т-50.01	50	550	12,0	12,5	95,5
Т-75.01	Т-800	75	603	16,295	11,2	106

Число зубьев рыхлителей принимают один, три или пять в зависимости от назначения и типоразмера машины. На тракторах мощностью до 100 кВт используют три – пять зубьев рыхлителя для вспомогательных работ при разрушении плотных немерзлых грунтов. При разработке мерзлых и разборно-скальных грунтов на тракторах мощностью свыше 100 кВт устанавливают один – три зуба.

Рабочий цикл рыхлителя состоит из следующих операций: опускание зубьев рыхлителя и их заглубление в грунт, рыхление грунта, выглубление зубьев рыхлителя, возвращение машины в исходное положение холостым ходом. Объем разработанного грунта зависит от глубины рыхления, числа зубьев и расстояния между ними.

Техническая производительность бульдозера-рыхлителя, м³/ч, при рыхлении грунта определяется по формуле

$$P_T = 3600 Q / T_{\text{ц}}, \quad (2.27)$$

где Q – объем грунта, разрыхленного за цикл, м³; $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, с:

$$Q = B h_{\text{ср}} s, \quad (2.28)$$

где B – средняя ширина полосы рыхления, зависящая от числа, шага и толщины зубьев, угла развала (15...60°) и коэффициента перекрытия (0,75...0,8) резов, м; $h_{\text{ср}}$ – средняя глубина рыхления в данных грунтовых условиях, м; s – длина пути рыхления, м.

При челночной схеме работы рыхлителя

$$T_{\text{ц}} = s / v_p + s / v_x + t_c + t_0, \quad (2.29)$$

где v_p , v_x – скорости движения машины соответственно при рыхлении и холостом ходе, м/с; $t_c = 5$ с – среднее время на переключение передач; $t_0 = 2...5$ с – среднее время на опускание рыхлителя.

При круговой схеме работы рыхлителя к времени цикла добавляется продолжительность разворотов машины в конце участка (два разворота) и исключается время холостого хода.

2.5.3. Контрольные вопросы к разделу 2.5

1. Для чего предназначены бульдозеры? Какие виды работ они могут выполнять? Приведите классификацию бульдозеров.
2. Из каких частей и сборочных единиц состоит бульдозер?
3. Назовите типы и охарактеризуйте принципы действия рабочего оборудования бульдозера.
4. Как устроен и как работает бульдозер с неповоротным и поворотным в плане отвалом?
5. Какими сменными рабочими органами оборудуют бульдозеры? Каково их назначение?
6. Какими способами разрабатывают грунт бульдозером? При каких условиях челночная схема работы бульдозера производительней работы с разворотами на концах захватки?
7. Как определяют техническую производительность бульдозера при разработке грунта в выемках и резервах?
8. Какими мерами снижают потери грунта при его перемещении бульдозером? Какие другие приемы используют для повышения производительности бульдозера?
9. Какие задачи решаются благодаря использованию автоматических систем управления работой бульдозера? Какими типовыми системами автоматического управления оснащаются отечественные бульдозеры?
10. Как устроен рыхлитель? Для чего предназначены бульдозеры-рыхлители?
11. Перечислите состав рабочих операций бульдозера-рыхлителя и способы их выполнения.
12. Как определяют техническую производительность бульдозера-рыхлителя при послойном рыхлении грунта? Какие технологические схемы используются при работе рыхлителя?

2.6. Автогрейдеры

2.6.1. Общая характеристика автогрейдеров

Автогрейдер – самоходная землеройно-транспортная машина с ножевым рабочим органом для профилировочных и точных планировочных земляных работ (рис. 2.11). Рабочим органом автогрейдера является грейдерный отвал с ножами, укрепленный на поворотном круге под тяговой рамой в средней части машины между передними и задними колесами. При движении автогрейдера ножи срезают грунт, и отвал, установленный под углом к продольной оси машины, сдвигает его в сторону.

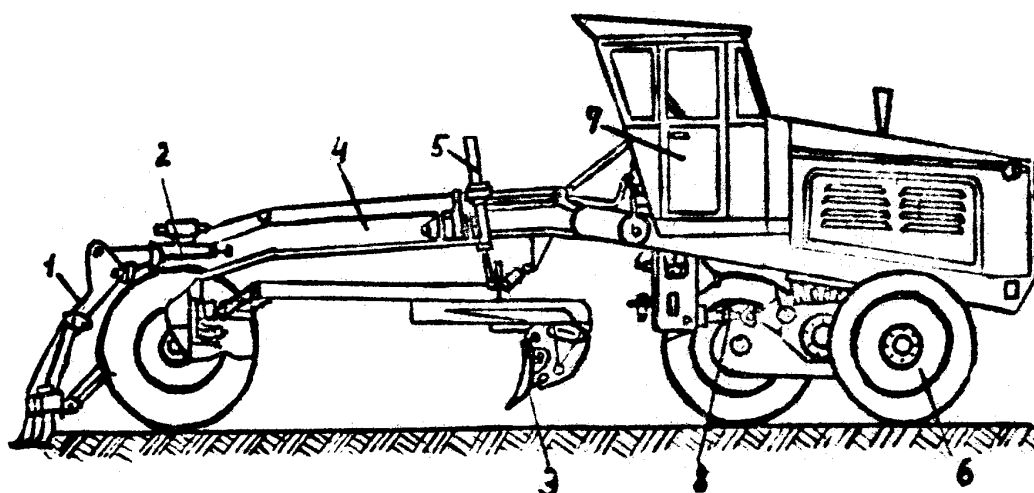


Рис.2.11. Автогрейдер с кировщиком

1 – кировщик; 2 – гидроцилиндр кировщика; 3 – отвал; 4 – рама; 5 – гидроцилиндр отвала; 6 – колеса; 7 – кабина; 8 – карданный вал;

Подвеска отвала в большинстве случаев допускает его вращение вокруг трех ортогональных осей и поступательное перемещение вдоль собственной продольной оси. Таким образом, отвал может поворачиваться в горизонтальной плоскости на 360° в любом направлении, становиться вертикально справа и слева от машины, выдвигаться вправо и влево более чем на треть своей длины и поворачиваться вокруг своей режущей кромки. При необходимости отвал дооборудуют специальными приставками, например для одновременной планировки подошвы и откоса насыпи, верха и откоса выемки и т.д.

Грейдерный отвал – основной, но не единственный рабочий орган машины. Как правило, автогрейдер оборудуется ещё одним постоянным рабочим органом: бульдозерным отвалом, устанавливаемым перед машиной; кировщиком, размещаемым перед передними колесами (рис. 2.11), сразу за ними или за грейдерным отвалом; рыхлителем, располагаемым в задней части машины. Дополнительный рабочий орган предназначен для выполнения вспомогательных рабочих операций и обеспечивает бесперебойное использование основного рабочего органа.

Автогрейдеры имеют общую компоновочную схему, при которой двигатель и кабина расположены в задней части машины, а отвал с механизмом выноса – в середине колесной базы. По конструктивному исполнению ходовых устройств они бывают двухосными (рис. 2.11) и трехосными (рис. 2.12). Особенности конструкции ходового устройства отражаются **колесной формулой**, которая записывается как $AxBxV$, где

А, Б и В – число осей, соответственно управляемых, ведущих и общее. Например, трехосная машина с двумя ведущими (задними) осями и передней осью с управляемыми колесами имеет формулу 1х2х3. Автогрейдеры этой формулы получили наибольшее распространение в строительстве.

Автогрейдеры классифицируют по следующим основным признакам: по классу, мощности двигателя, конструкции рабочего органа, колесной формуле, типу трансмиссии (табл. 2.26).

Таблица 2.26

Схема классификации автогрейдеров

Автогрейдеры	Тип, (класс), мощность	Легкие (класс 100) – 45...75 кВт Средние: (класс 140) – 80...110 кВт; (класс 160) – 120...140 кВт Полутяжелые (класс 180) – 145...160кВт Тяжелые (класс 250) – 170...220 кВт
	Рабочий орган	Неполноповоротные ($\pm 32...45^\circ$) Полноповоротные (360°)
	Колесная схема	1х2х3 – легкого и среднего типа 1х3х3 – тяжелого типа
	Трансмиссия	С механической трансмиссией С гидромеханической трансмиссией

Для обозначения автогрейдеров, как и других землеройно-транспортных машин, принят буквенный индекс – ДЗ. Цифровая часть индекса соответствует номеру, который присваивается при регистрации новой машины (например, ДЗ-98). При модернизации машины прибавляют букву в алфавитном порядке (например, ДЗ-98В.1). Порядковая цифра (.1) означает модификацию машины). После 1991 г. некоторые заводы используют другие системы индексации (табл. 2.27).

Практически все современные автогрейдеры оборудуются **системами автоматического управления**, основной функцией которых является сохранение заданной ориентации грейдерного отвала в пространстве. В зависимости от модификации машины используются системы «Профиль – 10», «Профиль – 20» и «Профиль – 30». **САУ «Профиль – 10»** предназначена для автоматического обеспечения заданного углового положения отвала автогрейдера с гидравлическим управлением в поперечной плоскости независимо от поперечного профиля земляного полотна и применяется при окончательной отделке (планировке) поверхностей. **САУ «Профиль – 20»** включает в себя два канала управления: стабилизации углового положения отвала в поперечном направлении и высотного положения отвала относительно жесткой направляющей (копира).

Аппаратура второго поколения (базовый комплект **«Профиль – 30»**) включает в себя САУ «Профиль – 20», дополнительно оборудованную

подсистемой стабилизации заданного курса движения автогрейдера. Основные элементы САУ «Профиль – 30» показаны на рис. 2.12.

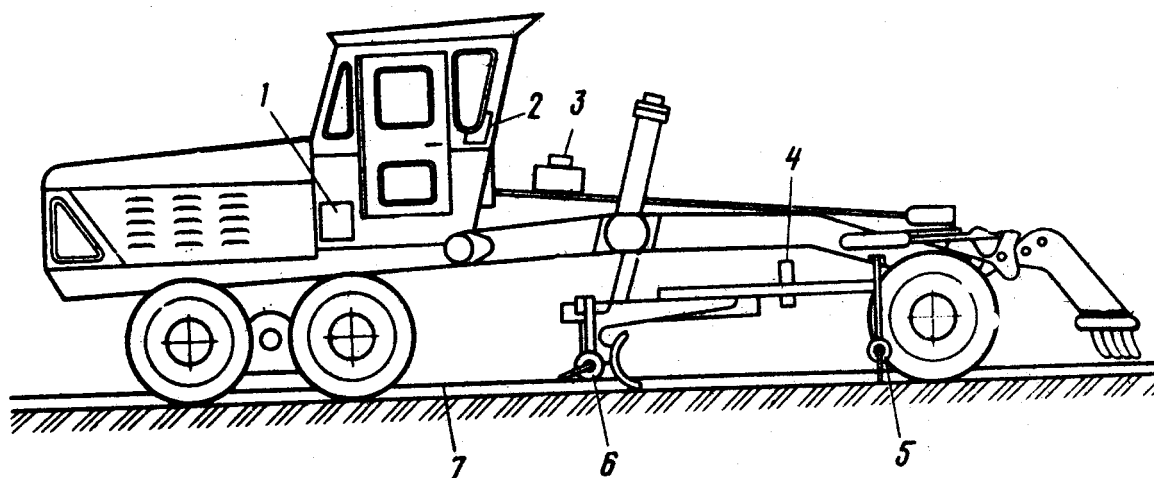


Рис. 2.12. Основные элементы САУ "Профиль-30"

- 1 – бортовой аккумулятор; 2 – пульт управления; 3 – гидрозолотники;
 4 – датчик угла (ДКБ); 5 – датчик курса;
 6 – датчик высотного положения отвала (ДЩБ); 7 – копирная проволока

В рассматриваемые САУ включены также подсистемы, обеспечивающие защиту двигателя от перегрузок за счет регулирования частоты вращения коленчатого вала.

2.6.2. Производительность автогрейдера

Способ расчета производительности автогрейдера зависит от вида выполняемой им работы.

При возведении земляного полотна техническая производительность автогрейдера определяется как

$$\Pi_T = 60 L \sin \alpha H^2 / \operatorname{tg} \varphi K_p (S_1/v_1 + S_2/v_2 + t_0 + t_n), \quad (2.30)$$

где L – длина отвала, м; H – высота отвала, м; α – угол установки отвала (угол захвата) при резании грунта (табл. 2.28); φ – угол внутреннего трения грунта; K_p – коэффициент разрыхления грунта; S_1 – длина пути зарезания (резания) грунта, м; S_2 – длина пути холостого хода, м; v_1, v_2 – соответствующие скорости автогрейдера, м/мин.; t_0 – время на опускание и подъем отвала (0,06...0,07 мин.); t_n – время на переключение передач за один цикл (0,08...0,09 мин.).

Коэффициент использования автогрейдера в течение смены при разработке грунта принимается равным 0,7...0,75.

Таблица 2.27

Техническая характеристика автогрейдеров

Модель	Класс	Мощность, кВт	Масса, т	Колесная схема
ДЗ-201	100	57,4	6,5	1X1X2
ДЗ-201.1	100	44,1	6,25	1X1X2
ГС-10.01	100	58,7	7,5	1X2X2
ДЗ-122Б	140	100	14,6	1X2X3
ДЗ-180А	140	96	13,55	1X2X3
А-120.1	180	132	15,07	1X2X3
ГС-18.03	180	132	18,00	1X2X3
ДЗ-198	180	147	16,00	1X2X3
ДЗ-98В	250	173	19,5	1X2X3
ДЗ-98.1	250	198	19,5	1X3X3

При производстве планировочных работ техническая производительность

$$П_T = 1000(L \sin \alpha - b) v / n, \quad (2.31)$$

где L – длина отвала, м; α – угол установки отвала в плане (табл. 2.28); b – ширина перекрытия смежных полос планировки (0,3...0,5 м); v – скорость движения при планировке, км/ч, (обычно принимается 1-я скорость); n – необходимое число проходов: при ручном управлении 4-10; при автоматическом управлении 2-4.

Таблица 2.28

Рекомендуемые углы установки отвала автогрейдера

Операция	Угол установки отвала, град.	
	захвата (α)	резания (δ)
Зарезание грунта без предварительного рыхления	40...45	30...35
Зарезание грунта с предварительным рыхлением	30...40	35...45
Перемещение влажного грунта	40...50	30...40
Перемещение сухого грунта	35...45	35...45
Планировка верха земляного полотна	45...60	35...45
Планировка откосов	60...65	40...45

Коэффициент использования автогрейдера в течение смены при планировочных работах принимается равным 0,8.

2.6.3. Контрольные вопросы к разделу 2.6

1. Для чего предназначены автогрейдеры? Какие виды работ они могут выполнять? Укажите область эффективного использования автогрейдеров в железнодорожном строительстве.
2. Приведите общую классификацию автогрейдеров. Какова структура колесной формулы автогрейдера? Какие автогрейдеры (с какой колесной схемой) наиболее распространены в строительстве?
3. Как устроен и как работает автогрейдер? Каким образом обеспечивается планировочная способность автогрейдера?
4. Назовите технологические схемы работы автогрейдера. При каких условиях они реализуются?
5. Какие задачи решаются благодаря использованию систем автоматического управления (САУ) автогрейдером? Какие типы САУ используются на автогрейдерах?
6. Перечислите основные элементы САУ и объясните принципы их работы.
7. Как определяют техническую и эксплуатационную производительность автогрейдера при выполнении им разных видов работ?

2.7. Машины и оборудование для уплотнения грунта

2.7.1. Общая характеристика машин для уплотнения грунта

Машины и оборудование для уплотнения грунтов предназначены для восстановления плотности и прочности грунтов, уложенных в земляные сооружения, придания им необходимой устойчивости, несущей способности и водонепроницаемости.

Грунты уплотняют слоями одинаковой толщины, для чего отсыпанный грунт разравнивают бульдозерами или грейдерами. Толщина разравниваемых слоев зависит от условий производства работ, вида грунта и технической характеристики уплотняющих машин и оборудования.

Послойное уплотнение грунта осуществляется укаткой, трамбованием, вибрированием и комбинированным воздействием. Грунтоуплотняющие машины позволяют использовать все способы уплотнения грунтов.

При **укатке** уплотнение грунта происходит в результате давления, создаваемого вальцом или колесом на поверхности уплотняемого слоя.

При **трамбовании** грунт уплотняется падающей массой, обладающей в момент встречи с поверхностью грунта определенной скоростью.

При **вибрировании** уплотняемому слою грунта сообщаются колебательные движения, которые приводят к относительному смещению частиц и более плотной их укладке.

Комбинированные способы уплотнения грунта – **виброукатка** и **вибротрамбование**.

Обобщенная характеристика грунтоуплотняющих машин и оборудования приведена в табл. 2.29.

Таблица 2.29

Схема классификации грунтоуплотняющих машин и оборудования

Машины и оборудование для уплотнения грунтов	Воздействие на грунт	Статическое Динамическое Комбинированное
	Способ уплотнения	Укатка Трамбование Вибрирование Укатка + вибрирование Вибрирование + трамбование
	Способ перемещения рабочего органа	Прицепной Самоходный Полуприцепной Навесной С помощью импульсных реактивных сил
	Вид оборудования	Катки статического действия Виброкатки Трамбовочные машины Вибротрамбовочные машины Виброплиты
	Тип вальца катка	Гладковальцовый Кулачковый Решетчатый Сегментный пневмоколесный

Грунтоуплотняющим машинам присваивается **индекс**, состоящий из букв ДУ и двух цифр, после которых иногда следует порядковая буква (А, Б, В и т.д.) или порядковая цифра (1, 2, 3 и т.д.). Буквы ДУ указывают, что машина относится к группе дорожных машин для уплотнения грунта. Две цифры в индексе – порядковый номер заводской модели. Буквами А, Б, В, Г и т.д. обозначают очередную модернизацию машины. Например, индекс ДУ–16Г расшифровывается так: ДУ – дорожная машина для уплотнения грунта; 16 – заводской номер модели; Г – четвертая модернизация 16-й заводской модели. В последнее время вместо букв для обозначения модернизации используют также цифры, например, ДУ-70-1; ДУ-85-1.

В железнодорожном строительстве наиболее распространены прицепные и полуприцепные пневмоколесные катки, прицепные кулачковые, решетчатые и вибрационные катки, а также грунтоуплотняющие машины ударного и виброударного действия.

Пневмоколесный каток состоит из четырех-пяти пневматических колес и одного или нескольких (по числу колес) балластных ящиков. В последнем случае ось каждого колеса крепится к днищу соответствующего балластного ящика так, что в зависимости от неровностей укатываемой поверхности с грунтом контактирует все колеса катка. В качестве балласта используют чугунные отливки или железобетонные блоки, с помощью которых можно существенно увеличить массу катка. Прицепные пневмоколесные катки работают в сцепе с гусеничными тракторами. Полуприцепные и самоходные пневмоколесные катки, представляют собой самоходные агрегаты, состоящие из одноосных колесных тягачей и соединенных с ними хоботами одноосных катков с колесами на пневматических шинах.

Прицепные **кулачковые катки** работают в сцепе с гусеничным трактором. Это весьма эффективные машины. Однако их применяют лишь на связных грунтах, так как на несвязном грунте происходит выброс грунта кулачками вверх, вследствие чего уплотняемый слой разрыхляется.

Решетчатые и сегментные катки можно применять для уплотнения комковатых и переувлажненных связных грунтов, а также разрыхленных мерзлых и скальных крупнообломочных грунтов.

Вибрационные катки выпускают с гладкими, кулачковыми или решетчатым вальцом, внутри которого вмонтирован вибратор направленных колебаний. Вибратор приводится в движение от автономного двигателя, установленного на раме катка. Максимальный эффект при использовании виброкатков достигается при уплотнении увлажненных песчаных, супесных, гравийно-песчаных и других несвязных грунтов.

В стесненных условиях грунт можно уплотнять самопередвигающимися **виброплитами**. Площадь рабочей поверхности такой плиты 0,5...2 м², толщина уплотняемого слоя несвязного грунта до 0,6 м.

К **трамбовочным машинам** относятся навесные трамбовочные плиты на экскаваторах, трамбовочные машины с падающими плитами и дизель-трамбовками на базе гусеничного трактора. К числу основных преимуществ этих машин относится возможность уплотнять связные и несвязные грунты слоями до 1 м и более. Тем не менее они не нашли широкого применения в транспортном строительстве, так как установки со свободно падающими плитами тихоходны, а машины с дизель-трамбовками эффективны только на предварительно уплотненных грунтах.

Вибро-трамбовочные машины представляют собой навесное оборудование на самоходной машине на базе гусеничного трактора. Рабочее оборудование состоит из двух вибромолотов, получающих привод от гидромотора-редуктора через двухступенчатую клиноременную передачу. Удары вибромолотов передаются на трамбуемую плиту, создавая эффект трамбования и вибрирования. Подвеска трамбуемой плиты позволяет перемещать ее в поперечном направлении на 0,5...0,7 м

от следа базового трактора с целью уплотнения бровочной части насыпи с соблюдением требований техники безопасности.

В табл. 2.30 приведены технические характеристики некоторых моделей отечественных грунтоуплотняющих машин.

Таблица 2.30

Техническая характеристика машин для уплотнения грунтов

Индекс	Масса, т		Скорость, км/ч	Ширина уплотнения, м
	без балласта	с балластом		
Прицепные кулачковые и решетчатые катки				
ДУ-2	9,2	17,6	0-3	4
ДУ-3	13	29	0-3	2,8
ДУ-26	4,68	9	0-3	1,8
ДУ-27	9,2	17,6	0-3	4
ДУ-32А	9	18	0-3	2,6
ЗУР-25		25	0-3	2,9
Прицепные пневмоколесные катки				
ДУ-4	5,65	25	0- 5	2,5
ДУ-5	12,05	45	0-4,5	3,3
ДУ-30	4	12,5	0- 5	2,2
ДУ-39Б	6	25	0- 5	2,6
Полуприцепные пневмоколесные катки				
ДУ-16В	25,4	35,9	0-40	2,6
ДУ-21	27,8	56,7	0- 15	2,08
ДУ-37А	13	22,75	0—30	2,61
ДУ-37В	5,7	15	0—30	2,61
ДУ-74	9	—	0—7	1,7
Самоходные пневмоколесные катки				
ДУ-29	23	30	0-23	2,22
ДУ-31А	8,44	16	0-23	1,9
ДУ-55	—	20	0-15	2,5
ДУ-65	12	—	0-16	1,7
ДУ-100	14	—	0-16	1,95
Самоходные вибрационные (комбинированные) катки				
ДУ-52	16	—	0-10,8	2,0
ДУ58	15	16	0-6,5	2,0
ДУ-62	13,5	14,1	0-10	2,2
ДУ-64	9,5	—	0-10	1,7
ДУ-99	9,5	—	0-10	1,7
Прицепной вибрационный каток				
А-4	3,8	—	по	1,5
А-8	8	—	тягачу	1,6
А-12	11.8	—		2.0

2.7.2. Производительность грунтоуплотняющих машин

Техническая производительность грунтоуплотняющей машины, м³/ч, определяется по формуле

$$P_T = 3600 (B - b) H v_{cp} / n, \quad (2.32)$$

где B – ширина катка, м; b – величина перекрытия полос ($b = 0,2 \dots 0,3$ м); H – толщина уплотняемого слоя, м; v_{cp} – средняя рабочая скорость движения машины, м/с; n – число проходов машины по следу.

Основные технологические параметры уплотняющих машин приведены в табл. 2.31.

Таблица 2.31

Основные технологические параметры катков

Масса катка, т	Рабочая скорость, м/с	Толщина слоя грунта, см		Ширина насыпи, м, из условий	
		связного	несвязного	безопасной работы	разворота
Прицепные кулачковые и решетчатые катки					
5	1...1,75	15...20		2,7	15
5x2	0,65...1,8	15...20		3,7	20
9	1,25...1,85	20...25		2,7	15
9x2	0,66...1,8	20...25		4,3	20
17	0,66...1,8	30...35		3,6	15
29	0,8...1,8	50		3,7	20
Прицепные пневмоколесные катки					
12,5	1,25...1,85	15...20	20...25	3,2	15
25	0,66...1,8	30...35	35...40	3,6	15
45	0,66...1,8	35...40	40...50	3,3	15
Полуприцепные пневмоколесные катки					
24	0,7...1,9	35...40	40...45	3,8	30
48	0,8...2,0	40...45	45...50	3,6	30
Самоходные пневмоколесные катки					
10	0,7...2	20...35	25...30	3,6	15
30	0,7...2	30...35	35...40	4,1	20
Самоходные вибрационные и комбинированные катки					
6	0,44...1,0	20	30	3	3
10	0,5...1,8	25	40	3	3
16	0,6...1,94	30	50	3	3
Прицепные вибрационные катки					
4	0,33...0,4	20	30	2,5	12
8	0,4...0,5	30	40	2,5	12
12	0,44...0,55	40	50	2,5	12

Рекомендуемое число проходов катков по следу при уплотнении насыпи можно принимать по табл. 2.32.

Таблица 2.32

Необходимое число проходов катков при уплотнении насыпей

Каток	Коэффициент уплотнения грунта, K_y			
	связного		несвязного	
	0,95	0,98	0,95	0,98
Пневмоколесный	8–10	12–15	6–8	10–12
Кулачковый	6–8	8–12	–	–
Решетчатый	6–8	11–13	5–7	10–12
Вибрационный массой 4 т	7–9	8–10	6–8	7–9
Вибрационный массой 8 т	6–8	7–9	5–7	6–8
Вибрационный массой 12 т	5–7	6–8	4–6	5–7

Эксплуатационная производительность уплотняющих машин определяется при следующих значениях K_b :

- при работе прицепных пневмоколесных, кулачковых и решетчатых катков – 0,8;
- при работе самоходных пневмоколесных катков – 0,79;
- при работе виброкатков – 0,77;
- при работе трамбовочных машин – 0,7.

2.7.3. Контрольные вопросы к разделу

1. Для чего уплотняют грунты? Объясните сущность уплотнения грунтов. Какими показателями оценивают степень уплотнения насыпей?
2. По каким признакам классифицируют машины и оборудование для уплотнения грунта?
3. Какими способами уплотняют грунт, в чем их отличие и какова область применения?
4. Для чего предназначены, как устроены и как работают катки с металлическими вальцами (гладкими, кулачковыми, решетчатыми, сегментными)?
5. Для чего предназначены, как устроены и как работают пневмоколесные катки (прицепные, полуприцепные, самоходные)?
6. Как устроены и как уплотняют грунт трамбовочные машины? Каковы достоинства и недостатки этого способа уплотнения?
7. Как устроены и как работают виброкатки? Какова область их применения?
8. Для чего применяют, как устроены и как работают виброплиты?
9. Для чего предназначена, как устроена и как работает вибро-трамбовочная машина?
10. Для чего применяется двухстадийное уплотнение грунтов легкими и тяжелыми машинами? Оцените его эффективность по сравнению с одностадийным уплотнением тяжелыми машинами.

2.8. Машины для буровых работ

2.8.1. Классификация машин для бурения грунтов

Основными параметрами машин для производства буровых работ являются диаметр, глубина и угол наклона скважин и шпуров. В этих машинах для разрушения горной породы используют различные способы бурения, которые принято подразделять на две группы. Первая группа – механические способы: ударный, вращательный, ударно-вращательный. Вторая группа – физические способы: термический, гидродинамический, электроимпульсный, электрогидравлический, ультразвуковой и др. (способы бурения)

Основные признаки классификации машин для бурения приведены в табл. 2.33.

Таблица 2.33

Классификация машин для бурения

Машины для бурения	Класс машины (по глубине бурения)	Легкий (до 5 м)
		Средний (5...20 м)
		Тяжелый (свыше 20 м)
	Способ бурения	Вращательный
		Ударный
		Ударно-вращательный
		Огневой
	Буровой инструмент (рабочее оборудование)	Ковшовый
		Шнековый
		Шарошечный
		Ударно-канатный
		Пневмоударный
		Горелка реактивного типа
	Привод рабочего оборудования	Механический
		Гидравлический
		Электрический
	Базовая машина	Автомобиль
		Трактор
		Экскаватор
		Стреловой кран
		Спецшасси
	Назначение (индекс)	Для бурения шпуров (перфораторы: ПР; ПК)
		Для бурения скального грунта (БТС; СБШ)
		Бурильно-крановые машины (БКМ)
		Машины для бурения скважин под набивные сваи (БМ)

2.8.2. Буровые машины транспортного строительства

Для бурения мерзлых и скальных грунтов в железнодорожном строительстве применяются в основном машины шарошечного бурения БТС-150, СБШ-160 и 2СБШ-200. Машины БТС-75 и БТСМ считаются универсальными, так как могут работать и с шарошечным долотом, и с погружным пневмоударником. Устройство машин шарошечного бурения рассмотрим на примере буровой машины транспортного строительства БТС-150.

Буровая машина БТС-150 (рис. 2.13) смонтирована на базе гусеничного трактора Т-130. Буровое навесное оборудование состоит из основной рамы 4, буровой рамы 5, на которой укреплены вращатель с гидроцилиндром подачи штанг 6, барабан для штанг 7, силовые гидроцилиндры и редукторы приводов. Для выравнивания машины в рабочем положении служат один передний 3 и два задних 10 опорных домкрата.

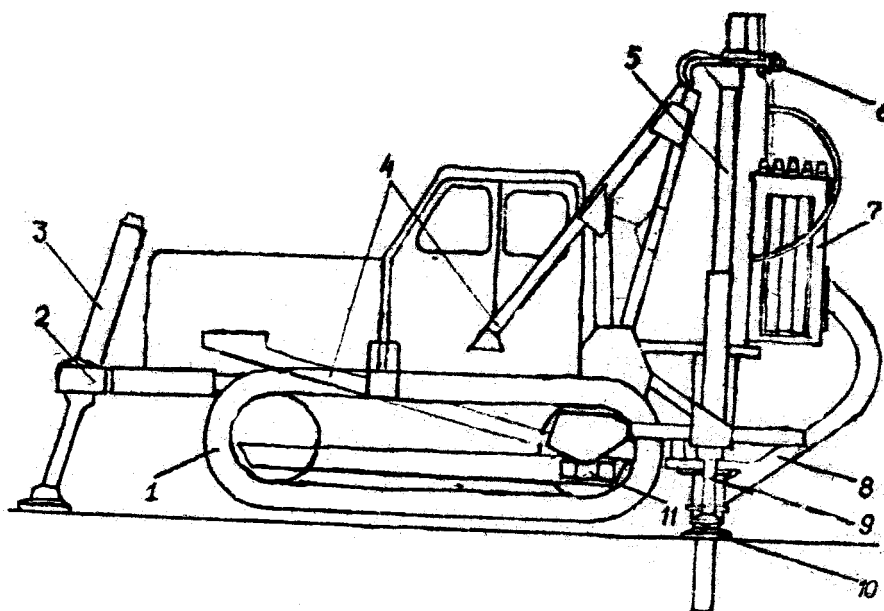


Рис.13 Буровая машина БТС-150

- 1 – трактор; 2 – балка подвески переднего опорного домкрата;
3 – передний опорный домкрат; 4 – основная рама; 5 – буровая рама;
6 – гидроцилиндр подачи штанг; 7 – барабан; 8 – рукав;
9 – буровая штанга; 10 – задний опорный домкрат; 11 – кронштейн

Охлаждение шарошечного инструмента и вынос из забоя бурового шлама осуществляется с помощью сжатого воздуха, подаваемого в скважину компрессором. Разбуренная порода и пыль отсасываются вентилятором через пылесборник по рукаву 9 в улавливающий бункер, где шлам оседает, а пыль через фильтры выпускается в атмосферу.

Шарошечное бурение машинами БТС-150, СБШ-160 и 2СБШ-200Н используется в транспортном строительстве для бурения в грунтах V–X групп. Также широко применяется универсальная машина БТС-75, предназначенная для бурения скважин диаметром 70...132 мм глубиной до 15 м в грунтах до X группы.. Базой машины служит трактор Т-130.1Г. Эта машина имеет сменные рабочие органы и инструмент для бурения выносным и погружным ударниками, а также для шарошечного бурения.

Для бурения скважин и шпуров в сезонно- и вечномёрзлых грунтах применяют машину БТС-М (диаметр скважин 60...125 мм; глубина бурения 10 м). Машина смонтирована на базе трактора Т-4А, она обладает хорошей проходимостью и маневренностью, может самостоятельно передвигаться на большие расстояния. Машина может быть использована также для бурения в скальных породах.

Ударное бурение с погружными ударниками в транспортном строительстве применяется главным образом при разработке скальных уступов в карьерах щебеночных заводов. Отличительной особенностью станков ударного бурения является возможность бурения в породах IV–XI групп взрывных скважин диаметром 105...200 мм глубиной до 40 м. В строительстве используются много конструкций буровых станков с погружными пневмоударниками: 1СБУ-125; СБУ-100Г; БМК-4; БС-1М и др.

Ударное бурение с перфораторами применяется при небольших объемах работ в выемках. Перфораторы являются инструментом ударно-поворотного действия для бурения шпуров диаметром 36 и 44 мм в крепких породах и породах средней крепости. Они работают от энергии сжатого воздуха передвижных компрессорных станций. Конструктивные особенности современных перфораторов приведены в табл. 2.34.

Таблица 2.34

Классификация перфораторов

Перфораторы	Способ применения	Ручной (массой 18...35 кг)
		Колонковый (50...75 кг)
		Телескопный (46; 52 кг)
	Частота удара	Быстроударные
		Обычные
	Способ очистки шпура	Отсос пыли
		Осевая продувка и промывка
		Боковая продувка и промывка

Ручные перфораторы делятся на три класса: легкие массой до 18 кг для вертикального и горизонтального бурения в породах с коэффициентом крепости до 10; средние перфораторы массой до 25 кг – не выше 15; тяжелые ручные перфораторы массой до 35 кг – для вертикального бурения пород с коэффициентом крепости до 20.

2.8.3. Бурильно-крановые машины и машины для бурения скважин под набивные сваи

Бурильно-крановые машины представляют собой совместно действующее бурильное и специальное крановое оборудование, смонтированное на шасси серийных автомобилей и тракторов, привод которого осуществляется от двигателя базовой машины или самостоятельной силовой установки. Бурильным оборудованием проходят способом вращательного бурения вертикальные и наклонные скважины в талых и сезонно промерзающих грунтах, а специальным крановым – устанавливают в пробуренные скважины сваи, столбы, железобетонные опоры, секции свай-оболочек и другие элементы.

В табл. 2.34 приведена схема классификации бурильно-крановых машин.

Таблица 2.34

Классификация рабочего оборудования бурильно-крановых машин

Бурильно-крановые машины	Принцип действия	Циклического действия
		Непрерывного действия
	Тип привода рабочего оборудования	Механический
		Гидравлический
		Гидромеханический
	Исполнение рабочего оборудования	Раздельное (кран на стреле; бур на мачте)
		Совмещенное (кран и бур на мачте)
	Возможность поворота рабочего оборудования в плане	Неповоротное
		Поворотное
	Расположение рабочего оборудования на шасси	Заднее и боковое у неповоротных машин
		На поворотной платформе у поворотных

Главный параметр бурильно-крановых машин – максимальная глубина разбуриваемой скважины (2...30 м). К основным параметрам относятся: диаметр скважины (0,3...3,0 м); угол бурения (до 90°); грузоподъемность кранового оборудования (1...7 т).

В качестве сменного бурильного инструмента бурильно-крановых машин используются лопастные, ковшовые и шнековые буры. При бурении в мерзлых грунтах применяются резцы и забурники, армированные твердосплавными пластинками. Для бурения скважин различных диаметров бурильно-крановые машины комплектуются набором сменного бурильного инструмента.

Машины для бурения скважин под набивные сваи. Технологический цикл изготовления буронабивных свай включает операции бурения

скважины, изготовление и установку арматурного каркаса, укладку бетонной смеси. Бурение скважин осуществляется с помощью специальных (бурильных) машин или навесного оборудования, смонтированного на базе одноковшовых экскаваторов или стреловых кранов.

Оборудование специальной бурильной машины включает мачту, телескопическую штангу, лебедку, вращатель с электродвигателем и редуктором, комплект бурильного инструмента, обсадное оборудование для защиты стенок скважины от возможного обрушения при проходке неустойчивых грунтов, гидроцилиндры подъема–опускания мачты и перемещения вращателя. Навесное бурильное оборудование состоит из направляющей стойки, удерживаемой в вертикальном положении стрелой базовой машины и специальной распоркой, вращателя, бурильного инструмента, обсадного оборудования.

В комплект бурильного инструмента обычно входят винтовой и ковшовый буры для обычных грунтов, также винтовой и ковшовый буры для скальных и мерзлых грунтов, грейфер штанговый, долото ударное, устройство для расширения пяты скважины. Большой набор инструментов и оборудования позволят выполнять работу в различных инженерно-геологических условиях. Например, долото и грейфер используются для преодоления каменистых прослоек в обычном грунте.

Кроме бурового оборудования некоторые машины оснащаются специальным устройством – опорным столом с оборудованием для погружения обсадной трубы на всю глубину скважины и последующего ее извлечения.

2.8.4. Контрольные вопросы к разделу 2.8

1. Что такое бурение? Как называются земляные сооружения, образованные бурением? Для чего в строительстве применяют бурение грунтов?

2. Перечислите способы бурения и охарактеризуйте их. Какие существуют виды бурового инструмента, каков принцип их работы?

3. Какие машины являются базовыми для изготовления машин для бурения грунтов? Назовите главный и основные параметры машин для бурения грунтов. Приведите классификацию машин для бурения грунтов.

4. Для чего предназначены, как устроены и как работают машины транспортного строительства для бурения скальных и мерзлых грунтов?

5. Для чего предназначены, как устроены, как классифицируются и как используются перфораторы?

6. Для чего предназначены, как устроены и как работают бурильно-крановые машины? Каким рабочим инструментом их оснащают?

7. Как устроены и как работают машины для бурения скважин под набивные сваи? Каким дополнительным рабочим инструментом оснащаются эти машины и для чего оно предназначено?

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ

3.1. Копры и копровое оборудование

Для погружения готовых свай и шпунта применяют сваепогружающее оборудование, включающее копры и копровые установки со свайными погружателями ударного, вибрационного, виброударного, вдавливающего и вибровдавливающего действия и для завинчивания свай. Некоторые виды оборудования используют также для извлечения из грунта ранее погруженных элементов (свае- и шпунтовыдергиватели).

Технологический цикл погружения свай включает следующие операции:

- захват и установку свай над точкой погружения;
- погружение сваи сваепогружателем в грунт до проектной отметки (или до отказа);
- перемещение сваебойной установки к месту погружения очередной сваи.

Оборудованием для захвата, перемещения, установки, поддержания и направления свай при погружении, а также для крепления погружателя являются **копры и копровые установки**, классификация которых приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Типы копров и копровых установок

Копры и копровое оборудование	Копры	Копры навесные (КН)	На тракторах
			На экскаваторах
			На автомобилях
		Копры рельсовые (КР)	На поворотных тележках
			На неповоротных тележках
			На траверсных тележках
	Копровые установки	Копры мостовые (КМ)	На рельсовом ходу
			На гусеничном ходу
		Копровые стрелы навесного и подвесного типа (КО)	На тракторах
			На экскаваторах
			На гусеничных кранах
			На пневмоколесных кранах
			На автомобильных кранах

Главным параметром копров и копровых установок, входящим в их индекс, является максимальная длина погружаемых свай (до 8, 12, 16 и 25 м). Так, например, индекс КН-12 расшифровывается как копер навесной для свай длиной не более 12 м. Основными параметрами копров и копровых установок являются: грузоподъемность, высота мачты, вылет мачты и ее изменение, наклон мачты (продольный, поперечный и установочный), ширина колеи ходового устройства и общая масса копра (установки).

На рис. 3.1 показан широко применяемый копер на базе канатного экскаватора. Копровую стрелу 2 соединяют с головой экскаваторной стрелы 3 универсальным шарниром (сферической опорой) 1, позволяющим стреле наклоняться в любом направлении (до $20...35^\circ$ продольно и до $1,5...5^\circ$ в поперечном направлении) и поворачиваться относительно вертикальной оси. В нижней части коповую стрелу соединяют с поворотной платформой экскаватора двумя гидроцилиндрами 4. В верхней части мачты смонтированы наголовник и грузовые блоки для установки свай и молота, а также их подъема и опускания.

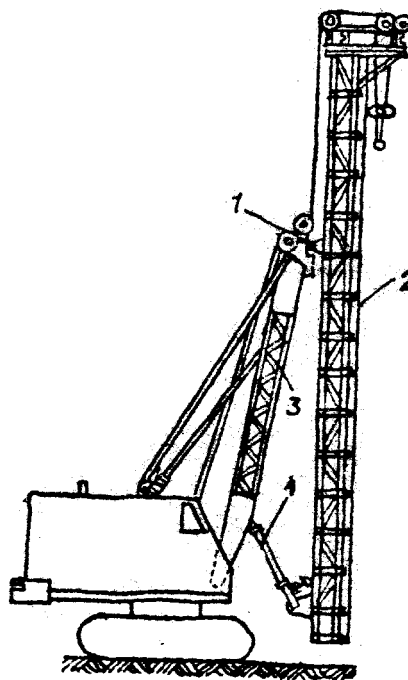


Рис. 3.1. Навесной копер на базе экскаватора

1 – сферическая опора; 2 – коповая стрела;
3 – стрела экскаватора; 4 – гидроцилиндры

Копры на экскаваторной базе применяют для погружения свай длиной до 16 м.

3.2. Свайные погружатели

Для погружения свай применяют молоты или специальные механизмы для вибропогружения, вдавливания и завинчивания.

Сваепогружающее оборудование различают:

- по методу погружения: ударного, вибрационного, виброударного, смешанного действия;
- по роду привода: механические (применяются редко и серийно не выпускаются), дизельные, гидравлические, вибрационные молоты и вибропогружатели;

- по погружающей способности: масса ударной части, вынуждающая сила, мощность двигателя и др.;
- по конструктивным особенностям;
- по типу управления: с ручным, полуавтоматическим, автоматическим управлением.

Классификация свайных погружателей приведена в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Классификация свайных погружателей

Свайные погружатели	Машины ударного действия	Механические (подвесные) молоты	с разъединяющим устройством
			без разъединяющего устройства
		Паровоздушные молоты	простого действия
			двойного действия
		Дизельные молоты	трубчатые
			штанговые
	Машины Вибрационного действия	Гидравлические молоты	трубчатые
			штанговые
		Вибромолоты	
		Вибропогружатели	высокочастотные
			низкочастотные

Механический молот – это чугунная или стальная болванка массой до 3 т,двигающаяся по направляющим в стреле копра. Принцип действия молота заключается в попеременном подъеме его с помощью лебедки на некоторую высоту (1,5...3 м) и свободном падении на голову сваи. Из-за низкой производительности их применяют в редких случаях – при отсутствии других видов молотов или малых объемах работ.

Паровоздушные молоты представляют собой пару «цилиндр–поршень». Они бывают простого и двойного действия. В первом случае энергию привода (пар или сжатый воздух) используют только для подъема ударной части. В молотах двойного действия энергия привода идет также на движение ударной части вниз, увеличивая ее скорость и, следовательно, силу удара.

Дизель-молоты получили наибольшее распространение в строительстве. Они бывают штанговые и трубчатые. Ударная часть **штанговых молотов** представляет собой подвижный цилиндр, открытый снизу и перемещающийся в направляющих штангах. При падении цилиндра на неподвижный поршень, опирающийся на наголовник сваи, в камере сгорания воспламеняется смесь воздуха и топлива. Образующаяся при этом энергия отбрасывает ударную часть вверх, откуда она снова падает, повторяя процесс.

У **трубчатых дизель-молотов** в отличие от штанговых молотов ударной частью является подвижный поршень с головкой,

перемещающийся в направляющем цилиндре. Цилиндр крепится к наголовнику сваи через шабот. **Шабот** – металлическая пробка, закрывающая отверстие цилиндра со стороны сваи и способная перемещаться относительно цилиндра в осевом направлении при ударах поршня. Трубчатые молоты по сравнению со штанговыми, при одинаковой массе ударной части обладают значительно большей (в 2–3 раза) энергией удара, так как работают при меньшей (в 2 раза) степени сжатия и большей (на 30...40%) высоте подъема ударной части.

Вибропогружатели и вибромолоты представляют собой возбудители колебаний с неуравновешенными грузами (дебалансами), устанавливаемые на свае. Колебания, возбуждаемые вибромеханизмом, от сваи передаются грунту, разрушая связь между частицами грунта и поверхностью сваи. В результате свая погружается в грунт под действием собственной массы и массы вибропогружателя.

Вибропогружатели подразделяются на низкочастотные (300...600 мин.⁻¹) и высокочастотные (600...1500 мин.⁻¹). В пределах своего назначения – погружение свай в песчаные и супесчаные водонасыщенные грунты – вибропогружатели в 2,5...3 раза производительнее дизель-молотов. Основными их недостатками являются относительно небольшой срок службы из-за вредного влияния вибрации и непригодность работы в связных грунтах.

Последнего недостатка лишен **вибромолот**, в котором для погружения свай кроме вибрации используется энергия удара, развиваемая самим вибратором. В строительстве используются в основном пружинные вибромолоты.

Гидромолоты являются разновидностью ударных машин простого или двойного действия, у которых в качестве рабочего тела используется жидкость, подаваемая под давлением от гидронасоса. По принципу действия гидромолоты аналогичны паровоздушным, но отличаются от них компактностью и автономностью источника энергии. Вместо парового котла или компрессора, необходимых для паровоздушных молотов, гидромолоты могут работать от гидросистемы базовой машины или приводной станции, подключаемой к электросети.

В настоящее время гидромолотами оборудуются одноковшовые экскаваторы в основном для рыхления мерзлого грунта, но их также можно использовать и для погружения свай.

3.3. Производительность сваебойной установки

Производительность сваебойной установки определяют числом погруженных свай за единицу времени.

Сменную производительность установки можно определить из выражения

$$P_{\text{см}} = (60 / T_{\text{ц}}) T_{\text{см}} K_{\text{в}}, \quad (3.1)$$

где $T_{\text{ц}}$ – время полного цикла погружения сваи, мин.,

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (3.2)$$

где t_1 – время на подтягивание сваи к копру с установкой отводных блоков, мин.,

$$t_1 = S / v_1 + t_{\text{СТР}}, \quad (3.3)$$

где S – длина пути подтягивания сваи (10...20 м); v_1 – скорость подтягивания сваи (10...30 м/мин); $t_{\text{СТР}}$ – время на строповку сваи и установку отводных блоков (0,5...2 мин.); t_2 – время на подъем и установку сваи, мин.,

$$t_2 = H / v_2 + t_y, \quad (3.4)$$

где H – высота подъема сваи, равная ее длине, м; v_2 – скорость подъема сваи, м/мин.; t_y – время на установку сваи (2...5 мин.); t_3 – время на установку наголовника и молота (1...4 мин.); t_4 – время на забивку сваи (зависит от характера грунта, типа и массы молота), мин.; t_5 – время на снятие наголовника и подъем молота (1...4 мин); t_6 – время на установку копра над местом погружения следующей сваи, определяемое суммарным временем поворота копра и его передвижения на очередную стоянку, мин.; $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования в течение смены сваебойной установки; принимается $K_{\text{в}} = 0,6...0,7$.

3.4, Контрольные вопросы

1. Каковы назначение, состав свайных работ и виды оборудования для их выполнения?
2. Какие способы применяют для погружения забивных свай?
3. Какие факторы оказывают влияние на выбор методов производства свайных работ?
4. Для чего предназначены копры? Какие машины используют в качестве базовых для работы с копровым оборудованием?
5. Приведите классификацию копров. Как устроены копры и как они работают?
6. Чем отличаются копровые установки от копров? Для каких условий предпочтительнее использовать копровые установки?
7. Приведите классификацию копровых установок.
8. Перечислите виды свайных молотов. Как они устроены и как работают?
9. Назовите основные параметры свайных молотов. Какими преимуществами и недостатками обладают различные виды свайных молотов?
10. Для чего предназначены, как устроены и как работают вибропогружатели свай? Перечислите их преимущества и недостатки.
11. Для чего предназначены, как устроены и как работают вибромолоты? Назовите их основные характеристики.
12. Как определяется производительность сваебойных установок?

4. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ

4.1. Общая характеристика и разновидности грузоподъемных машин

Краны представляют собой грузоподъемные машины циклического действия, предназначенные для перемещения грузов и конструкций в горизонтальном и вертикальном направлениях. Классификационные группы и подгруппы грузоподъемных машин показаны в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Классификация грузоподъемных машин

Грузоподъемные машины	Домкраты	Винтовые
		Зубчато-реечные
		Гидравлические
	Лебедки	Подъемные
		Тяговые
	Краны	Самоходные стреловые
		Башенные
		Мостовые, козловые
		Кабельные
	Подъемники	Мачтовые
		Скиповые (ковшовые)
		Шахтные
		Рычажные (бесканатные)
		Гидравлические
		Вышки (выжимные)

Домкраты представляют собой винтовые, реечные или поршневые толкатели для подъема грузов на небольшую высоту (до 0,6 м). Их используют на монтажных и ремонтных работах. Максимальная грузоподъемность винтового домкрата 50 т; реечного – 6 т; гидравлического – 500 т и более.

Лебедки – грузоподъемные устройства в виде приводимого вручную или двигателем барабана с тяговым рабочим органом – канатом. Их применяют для прямолинейного перемещения грузов и используют как самостоятельные машины и как составные части более сложных машин.

Подъемники применяют для вертикального перемещения грузов (*грузовые подъемники*) и людей (*пассажирские подъемники*), размещаемых на площадках или в кабинах. Выпускают также *грузопассажирские подъемники*.

Основной характеристикой грузоподъемных машин является *грузоподъемность*, под которой понимают наибольшую допустимую массу поднимаемого груза вместе с массой грузозахватных устройств. Кроме

того, грузоподъемные машины характеризуются *зоной обслуживания*, в том числе *высотой подъема груза*, а также *скоростями рабочих движений*.

Наиболее сложными и универсальными грузоподъемными машинами являются **краны**. Краны могут перемещать груз по произвольной траектории, находящейся внутри зоны его действия. **Строительными** называют краны, для которых строительство является основной областью применения. Существует более 20 типов строительных кранов.

В транспортном строительстве наиболее распространены самоходные стреловые краны общего назначения, башенные краны, пролетные (козловые и мостовые) краны, а также специальные краны (для монтажа пролетных строений мостов, звеньев пути и др.).

4.2. Стреловые самоходные краны

4.2.1. Классификация и общая характеристика

К стреловым самоходным кранам относятся краны с собственным приводом, способные свободно перемещаться вместе с грузом, и предназначенные для выполнения строительно-монтажных и поргузо-разгрузочных работ с помощью одного из видов сменного рабочего оборудования. Они представляют собой стреловое или башенно-стреловое крановое оборудование, смонтированное на самоходном гусеничном (рис. 4.1) или пневмоколесном шасси.

8

Рис. 4.1. Гусеничный самоходный стреловой кран

- 1 – гусеничные тележки; 2 – опорно-поворотное устройство;
3 – поворотная платформа; 4 – кабина; 5 – стрела; 6 – основной крюк;
7 – вспомогательный крюк; 8 – гусек

Стреловые самоходные краны классифицируют по грузоподъемности, конструкции ходового устройства, типу привода, исполнению и виду стрелового оборудования (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Классификация стреловых самоходных кранов

Стреловые самоходные краны	По грузоподъемности	Легкие (грузоподъемностью до 10 т)
		Средние (10...25 т)
		Тяжелые (свыше 25 т)
	По типу движителей	Гусеничные
		Пневмоколесные
		Автомобильные (автокраны)
		На специальном шасси автомобильного типа
	По типу привода	С одномоторным приводом
		С многомоторным приводом
	По типу двигателей	С двигателями внутреннего сгорания
		С электрическими двигателями
		С дизель-электрическими двигателями
	По конструкции стрелы	С прямолинейной стрелой
		С телескопической стрелой
		С башенно-стреловым оборудованием
		С гуськом
	По способу подвески стрелы	С канатной (гибкой) подвеской
		С жесткой (с помощью гидроцилиндров) подвеской

Стреловым самоходным кранам общего назначения присвоена индексация, состоящая из букв «КС» с четырьмя последующими цифрами. Буквы соответствуют названию машины – «Кран Стреловой». Первая цифра индекса обозначает размерную группу (табл. 4.3), характеризующую грузоподъемность крана.

Таблица 4.3

Размерные группы стреловых самоходных кранов общего назначения

Размерная группа крана	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, т	4	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250

Вторая цифра индекса обозначает тип ходового устройства, третья цифра – конструктивное исполнение рабочего оборудования (табл. 4.4).

Последняя (четвертая) цифра индекса (цифры 1...9) обозначает порядковый номер модели данного типа и исполнения. Дополнительная буква (А, Б, В и т.д.) обозначает порядковую модернизацию данной модели

машины. Последующие буквы (ХЛ, Т или ТВ) – климатическое исполнение машины: ХЛ – для холодного климата; Т – для тропического; ТВ – для работы во влажных тропиках.

Таблица 4.4

Типы ходового оборудования и подвески стрелового оборудования стреловых самоходных кранов общего назначения

Вторая цифра индекса крана	Тип ходового оборудования	Третья цифра индекса крана	Исполнение стрелового оборудования
1	Гусеничное (Г)		
2	Гусеничное уширенное (Гу)		
3	Пневмоколесное (П)		
4	Специальное шасси (Сш)		
5	Шасси автомобиля (А)		
6	Шасси трактора (Тр)	6	Гибкая
7	Прицепное (Пр)	7	Жесткая
8, 9	Резерв	8	Телескопическая стрела

Наряду с рассмотренной системой индексации кранов используются и другие буквенно-цифровые индексы, буквенная часть которых обозначает принадлежность машины к группе кранов, а цифровая часть – грузоподъемность крана и порядковый номер модели.

Используются следующие буквенные обозначения кранов: К – кран; АК – автомобильный кран; МКГ, МКП или МКА – монтажный кран гусеничный, пневмоколесный или автомобильный; ДЭК – дизель-электрический кран; СКГ – специальный кран гусеничный; СМК – специальный монтажный кран.

Каждый стреловой самоходный кран (рис. 4.1) состоит из следующих основных частей: ходового устройства 1, поворотной платформы 3 (с размещенными на ней силовой установкой, узлами привода, всеми механизмами, кабиной машиниста), опорно-поворотного устройства 2 и сменного рабочего оборудования (стрелы 5, гуська 8, крюков: основного 6 и вспомогательного 7). Исполнительными механизмами кранов являются: механизм подъема груза, изменения вылета стрелы (крюка), вращения поворотной платформы и передвижения крана.

Строительные краны оборудуют устройствами безопасности (рис. 4.2, 4.3): для автоматической остановки механизмов подъема крюка в его крайних (верхнем и нижнем) положениях; изменения вылета в крайних положениях; поворота и подъема стрелы; передвижения рельсовых кранов и грузовых тележек; всех других механизмов при необходимости ограничения их хода.

4.2.2. Гусеничные краны

Гусеничные краны (табл. 4.5) применяют для выполнения больших объемов монтажных работ, главным образом на строительстве одноэтажных промышленных зданий и вертикальных сооружений, где используются строительные конструкции и технологическое оборудование большой массы, в том числе сблокированное в виде строительных, строительно-технологических и технологических блоков. Типоразмерный ряд включает краны грузоподъемностью 16; 25; 40; 63; 100; 160 и 250 т.

Гусеничные краны имеют основные и дополнительные решетчатые стрелы на гибкой подвеске, неуправляемые и управляемые гуськи (рис. 4.1), башенно-стреловое оборудование. Гусеничный ход и большая конструктивная масса крана обеспечивает их устойчивость, возможность работать без аутригеров и перемещение с грузом, масса которого составляет до 90% от максимальной грузоподъемности на данном вылете.

Все гусеничные краны имеют дизельный или дизель-электрический привод с возможностью питания электроэнергией от внешней сети. Приводы всех механизмов (грузового, стрелоподъемного, поворотного, ходового и других) построены по стандартным схемам: электродвигатель – тормоз – редуктор – рабочий орган.

Ходовая часть гусеничных кранов состоит из неповоротной рамы, опирающейся на две приводные гусеничные тележки с многоопорными гусеничными звеньями, обеспечивающими низкие (до 0,1 МПа) давления на грунт. Каждая гусеница приводится в движение собственным механизмом.

Кроме кранов на собственной гусеничной базе в строительстве используются также гусеничные краны, изготовленные на базе универсальных одноковшовых экскаваторов с параметрами в пределах технической возможности базовых машин, а также изготовленные из сборочных единиц экскаваторов с ковшем вместимостью 1,25 и 2,5 м³. Грузоподъемность этих кранов составляет 20...63 т.

4.2.3. Пневмоколесные краны

Пневмоколесные (табл. 4.5) краны имеют одинаковое с гусеничными кранами назначение и сходное с ними устройство поворотной части, но отличаются пневмоколесным ходовым оборудованием. Типоразмерный ряд включает краны грузоподъемностью 16; 25; 40; 63 и 100 т.

Пневмоколесное ходовое оборудование может быть *нормальным* и *короткобазовым*. Короткобазовые краны смонтированы на специальных двухосных шасси с укороченной базой, что обеспечивает повышенную маневренность машины. Нормальное ходовое оборудование может быть двухосным и многоосным (до пяти осей).

Пневмоколесные краны оборудуют решетчатыми стрелами длиной до 15 м (основное оборудование), удлиненными прямыми стрелами длиной до 45 м, удлиненными стрелами с гуськами длиной до 12 м (краны грузоподъемностью 16, 25, 40 т), башенно-стреловым оборудованием со

стрелами 10-20 м и длиной башни 15-45 м (краны грузоподъемностью 25, 40, 63 и 100 т).

Все грузоподъемные операции пневмоколесные краны по условиям обеспечения грузовой устойчивости обычно выполняют будучи установленными на выносные опоры (рис. 4.2). Работа без выносных опор (аутригеров) допускается только с малыми грузами (не более 50% паспортной грузоподъемности). Краны, кроме того, имеют различные автоматические устройства безопасности (см. выше).

Рис. 4.2. Схема стрелового строительного крана с автоматической защитой от перегрузок

- 1 – задающее устройство (датчик угла наклона стрелы); 2 – датчик усилия;
3 – устройство сравнения и индикации; 4 – стрела; 5 – корень стрелы;
6 – грузовой крюк; 7 – стреловой полиспаст; 8 – выносные опоры (аутригеры); 9 – ограничитель высоты подъема крюка

4.2.4. Автомобильные краны

Автомобильными (табл. 4.5) называются стреловые полноповоротные краны, смонтированные на шасси серийных грузовых автомобилей нормальной и повышенной проходимости.

Грузоподъемность автокрана обусловлена параметрами базового автомобиля. Отечественные автокраны имеют грузоподъемность 4; 6,3; 10; 16; 25 и 32 т. Паспортная грузоподъемность обеспечивается только при работе на четырех выносных опорах.

Базовый автомобиль является ходовой неповоротной частью крана. Поворотная часть крана с закрепленной на ней стрелой, кабиной и крановыми механизмами соединена с его неповоротной частью опорно-поворотным устройством роликового режешарикового типа.

По типу стрелового оборудования различают краны с жесткими (нераздвижными) и телескопическими (раздвижными) стрелами. Жесткие стрелы обычно решетчатые, поддерживаются в требуемом положении канатами стрелоподъемного механизма, т.е. имеют гибкую подвеску рабочего оборудования. Это оборудование может также укомплектовываться удлиненной стрелой (за счет вставок), гуськом или башенно-стреловым оборудованием.

Краны с телескопической стрелой имеют жесткую подвеску рабочего оборудования. Телескопическая стрела имеет коробчатое сечение и управляется с помощью гидроцилиндров. В современных кранах телескопическая стрела может раздвигаться с грузом на крюке, обеспечивая этим высокую точность установки, например монтируемого элемента.

Механизмы крана приводятся в движение от двигателя базового автомобиля через коробку отбора мощности с использованием электрической или гидравлической трансмиссии.

Управление передвижением крана осуществляется из кабины шасси. В кабине шасси размещается также рычаг включения коробки отбора мощности. В кабине машиниста расположены органы управления лебедками и механизмом поворота крана.

4.2.5. Стреловые самоходные краны на специальном шасси

Гидравлические стреловые краны на специальном шасси (табл. 4.5) оснащены телескопическими, жестко подвешенными стрелами, имеют индивидуальный гидравлический привод каждого механизма и смонтированы на специальных шасси, приспособленных для специфических крановых режимов работы. Выдвижение – втягивание телескопической стрелы может выполняться с грузом на крюке. Сменное рабочее оборудование кранов – удлинители, неуправляемые гуськи, неуправляемые гуськи с удлинителями, управляемые гуськи (башенно-стреловое оборудование). Шасси автомобильного типа изготавливаются многоосными (3...8 осей в зависимости от грузоподъемности) с использованием сборочных единиц серийных грузовых автомобилей. Краны на таких шасси обладают высокой мобильностью и значительными скоростями передвижения (до 50...70 км/ч). Габаритные размеры и высокие мобильные свойства позволяют таким кранам двигаться в составе транспортных потоков (свободно перемещаться в пределах населенных пунктов).

Краны на специальном шасси автомобильного типа являются развитием автокранов, обладают теми же преимуществами и используются для тех же технологических операций и процессов. Их типоразмерный ряд включает краны грузоподъемностью 25, 40, 63, 100, 160, и 250 т. В ряде стран освоен выпуск таких кранов грузоподъемностью до 1000 т.

Таблица 4.5

Техническая характеристика стреловых самоходных кранов

Марка	Грузоподъемность, т	Мощность, кВт	Масса, т
Гусеничные краны			
МКГ-16	16	55	25,5
МКГ-25	25	79	39
МКГ-40	40	61	59,7
СКГ-63	63	110	87,2
СКГ-100 (КС-8162)	100	110	132,5
МКГС-125.1	125	—	142
СКГ-160	160	221	206
МКГС-250 (МКТ-250)	250	—	320
Пневмоколесные краны			
КС-4362	16	59	23
КС-5363	25	132	33
КС-6362	40	132	48
КС-7362	63	132	75
КС-8362	100	132	114
Автомобильные краны (автокраны)			
КС-1562	4	77	7,1
КС-2561	6,3	85	8,7
КС-3562А	10	77	14,3
КС-35714	16	132	18,7
КС-45717А	25	176	22,38
КС-45721	22,5	154	22,1
КС-55715	30	176	31
КС-55717А	32	176	26,09
МКТ-25.6	25	220	24,5
Краны на спецшасси автомобильного типа			
КС-5473	25	147	27,8
КС-6471	40	177	44
КС-7471	63	236	67,8
КС-8471	100	335	87
КС-6973А*	50	243	37,1
КС-7976*	70	300	58
КС-10976*	160	345	72
Короткобазовые краны			
КС-5361	25	132	26
КС-6371	40	132	37,2

* — краны на шасси повышенной проходимости

Краны этого типа состоят из двух частей – неповоротной (собственно специального шасси) и поворотной части, которые соединены между собой опрно-поворотным устройством обычной конструкции. Колесная форма отечественных кранов – 6×4; 8×4; 12×6; 14×6.

Краны на специальных короткобазовых шасси (табл. 4.5). Ходовая часть таких машин представляет собой специальное двухосное полноприводное короткобазовое шасси повышенной проходимости с колесной формулой 4×4×4. У этих кранов отношение колеи К к базе Б шасси составляет примерно 0,8...0,9. Два однотипных ведущих, независимо работающих и управляемых моста обеспечивают кранам высокую мобильность и маневренность, повышенную проходимость и возможность работы в стесненных условиях. Конструкция короткобазового шасси позволяет крану передвигаться боком («крабом») и с малыми радиусами поворота.

Высокие скорости кранов (до 40...45 км/ч) обеспечивают их эффективное использование на рассредоточенных объектах с небольшими и средними объемами строительно-монтажных работ.

Короткобазовые краны имеют единую компоновочную схему и оснащены трехсекционными телескопическими стрелами, подвижные секции которых синхронно выдвигаются длинноходовыми гидроцилиндрами. Дополнительное оборудование кранов – удлинители стрел и гуськи. Краны способны работать без выносных опор и передвигаться по ровной площадке с грузом на крюке, а также производить телескопирование стрелы под нагрузкой.

При работе короткобазовых кранов можно совмещать следующие операции: подъем – опускание крюка и вращение поворотной платформы; подъем – опускание крюка и подъем – опускание стрелы; телескопирование (выдвижение – втягивание) и подъем – опускание стрелы; телескопирование стрелы и вращение поворотной платформы.

4.2.6. Железнодорожные стреловые краны

Железнодорожными называются краны, оборудованные ходовым устройством для передвижения по железнодорожным путям нормальной и узкой колеи. Грузоподъемность кранов достигает 250 т и они широко применяются в транспортном строительстве при возведении искусственных сооружений, на звеносборочных базах, при электрификации железных дорог, на погрузо-разгрузочных и др. работах.

Отечественные железнодорожные стреловые краны не имеют единой системы индексации. Наиболее часто используются буквенные индексы: КДЭ и КЖДЭ, использовались также индексы КДВ, МК, СК, ЦУМЗ и др. В настоящее время выпускаются стреловые железнодорожные краны серии КЖС (кран железнодорожный стреловой). Техническая характеристика некоторых типов железнодорожных кранов приведена в таблице 4.6.

Цифровая часть индекса обычно обозначает грузоподъемность крана, т, и номер модели.

Таблица 4.6

Техническая характеристика железнодорожных стреловых кранов

Индекс	Грузоподъемность, т	Высота подъема, м	Мощность, кВт	Масса, т
КДЭ-163	16	14	91,5	53,1
КДЭ-253	25	14	91,5	66,4
КЖДЭ-4-25	25	10	128,5	68,2
СК-30	30	14,5	87,5	73,7
КДВ-15П	15	18	—	50
КЖС-16	16	14,4	100	67
КЖС-462	16	14,4	100	55
КЖС-562	25	14,4	100	67
КЖС-472	15	21,7	—	57
КЖС-871	50	—	—	—
КЖС-971	80	12	—	120

Устройство и кинематика механизмов железнодорожных стреловых кранов мало отличаются от кинематики и устройства соответствующих механизмов гусеничных и пневмоколесных кранов с дизель-электрическим приводом.

В зависимости от грузоподъемности в качестве ходовой части крана применяется укороченная железнодорожная платформа: при грузоподъемности до 10 т – двухосная; при грузоподъемности 16–25 т – четырехосная (на двух двухосных тележках); при грузоподъемности более 25 т – шестиосная (на двух трехосных тележках). Для передвижения крана в составе поезда по действующим линиям железных дорог его ходовая часть оборудуется тормозными приборами, автосцепкой и прочими устройствами в соответствии с Правилами технической эксплуатации железных дорог. Скорость самостоятельного передвижения железнодорожных кранов не превышает 10 км/ч, однако в составе поезда достигает 100 км/ч и более, что позволяет осуществлять быструю перебазировку кранов на большие расстояния.

Железнодорожные краны ввиду малых размеров колеи (1520 мм) обладают небольшой поперечной устойчивостью и при грузоподъемности более 10 т оборудуются выносными опорами (аутригерами).

4.2.7. Тракторные стреловые краны и краны-трубоукладчики

Тракторные стреловые краны – это грузоподъемное навесное оборудование, смонтированное на серийных тракторах. По конструкции и характеру работы они подразделяются на поворотные и краны-трубоукладчики. Основным преимуществом тракторных кранов по сравнению с автомобильными является возможность работать без

выносных опор и свободное передвижение их по неподготовленной рабочей площадке.

Тракторные поворотные краны представляют собой стреловые поворотные краны грузоподъемностью 5–10 т, рабочее оборудование которых размещается либо над шасси, либо над кабиной трактора. Эти краны имеют буквенный индекс вида КТС (кран тракторный стреловой), КМТ, МТК, МКТ (монтажный тракторный кран).

В транспортном строительстве используется универсальный *тракторный кран* БТК-5 (рис. 4.3), который предназначен для проведения обвалования, механизации подъемно-транспортных работ, связанных с укладкой и перекладкой труб пульпопровода, монтажом и демонтажом земснарядов при производстве гидромеханизированных земляных работ.

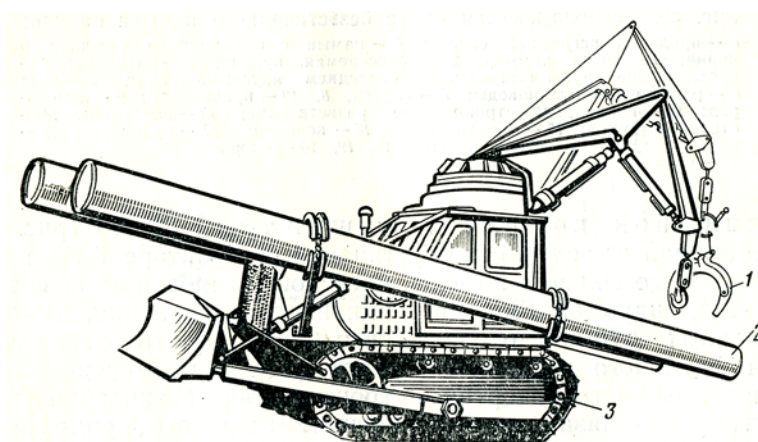


Рис.4.3.
Бульдозер-трубоукладчик БТК-5

1 – захват; 2 – труба пульпопровода; 3– бульдозер

Краны-трубоукладчики – это специальные тракторные краны с боковой неповоротной маневровой стрелой, шарнирно закрепленной на раме гусеничного шасси трактора. С противоположной стороны размещается противовесная стрела и контргруз для уравнивания стрелового оборудования.

Боковое расположение стрелы трубоукладчика наилучшим образом обеспечивает работу по укладке трубопроводов при продольном перемещении кранов вдоль траншей. Для обеспечения устойчивости трубоукладчиков грузоподъемностью свыше 15 т удлиняют ходовое оборудование и увеличивают расстояние между гусеничными тележками. При необходимости для увеличения силы тяги и уменьшения скорости передвижения машины оборудуют ходоуменьшителями.

Кроме основного грузоподъемного оборудования трубоукладчики могут быть оснащены бульдозерным, рыхлительным, бурильно-крановым и сваебойным оборудованием.

Основными параметрами кранов-трубоукладчиков являются момент устойчивости и грузоподъемность.

Буквенный индекс трубоукладчика имеет вид ТГ (трубоукладчик гусеничный) или ТК (трубоукладчик колесный).

4.3. Башенные краны

Башенными называют краны со стрелой, закрепленной в верхней части вертикально установленной башни. Вследствие Г-образной компоновки башенные краны полностью охватывают строящееся здание, обеспечивая подачу грузов в любую точку строительного объема. Эти краны используют как основные грузоподъемные машины для выполнения строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в гражданском, промышленном и энергетическом строительстве. Грузоподъемность кранов, применяемых в жилищном строительстве, достигает 25 т, выпускаются также башенные краны грузоподъемностью до 50 т и более (до 250 т).

Основные признаки классификации башенных кранов приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Классификационные признаки башенных кранов

Башенные краны	По типу башни	С поворотной башней
		С неповоротной башней
	По типу стрелы	С подъемной (маневровой) стрелой
		С балочной стрелой (с грузовой тележкой)
		С шарнирно-сочлененной стрелой (с гуськом)
	По системе уравнивания	Без противовеса
		С неподвижно установленным противовесом
		С подвижным противовесом
	По мобильности (способу установки на объекте)	Передвижные (рельсовые)
		Стационарные (приставные)
		Самоподъемные
	По способу изменения вылета	Без изменения вылета
		С установочным изменением вылета (без груза на крюке)
		С маневровым изменением вылета (с грузом на крюке)

Для маркировки башенных кранов используется **система индексации** бывшего Миндорстроймаша СССР вида КБ–0000. Для конкретной модели

крана нули заменяют цифрами. При этом первая цифра обозначает размерную группу крана (от 1 до 9 соответственно грузovým моментам до 30; 75; 125; 175; 300; 550; 800; 1200 и более 1200 т·м). Следующие две цифры обозначают порядковый номер модели: краны с поворотной башней нумеруют цифрами от 01 до 69, а краны с неповоротной башней – от 71 до 99. Четвертой цифрой обозначают порядковый номер исполнения, отличающегося от базовой модели, например, длиной стрелы, высотой подъема, грузоподъемностью. Буквы (А, Б, В,...), стоящие после цифр, обозначают очередную модернизацию (А – первая модернизация Б – вторая и т.д.) и климатическое исполнение крана (ХЛ – для холодного, Т – тропического, ТВ – тропического влажного климата). Иногда в индексе после букв КБ ставятся дополнительные буквы для обозначения особенностей крана: Г, ГС – для гидротехнического строительства, М – модульная система, Р – для ремонта зданий. Техническая характеристика отечественных башенных кранов приведена в табл. 4.8.

Большинство моделей башенных кранов выполнены по единой конструктивной схеме с максимальным использованием унифицированных узлов и механизмов, а также устройствами плавного пуска и торможения механизмов и посадки грузов с малой скоростью. Краны имеют, как правило, электрический многомоторный привод переменного тока с питанием от сети напряжением 220/380 В.

Таблица 4.8

Краткая техническая характеристика башенных кранов

Марка	Грузо- подъемность, т	Вылет, м	Высота подъема, м	Мощность, кВт
КБ-100.3	4...8	12,5...25	33...48	41,5
КБ-301	5	10...20	31...44	34
КБМ-301	8	25	32	—
КБ-308	3,2...8	12,5...25	32,5...42	75
КБ-309.04.АХЛ	5...10	12,5...25	9...20	63,1
КБ-401Б	5...8	13...25	46,1...60,5	58,6
КБ-403А	4...8	5,5...30	41...57,5	85
КБМ-401ХЛ	6,3...10	6...30	47,2...60,5	113,8
КБГС-450	10...25	18...40	45,2	161
КБ-504	6,2...10	25...40	60...77	110,5
КБМ-501	12,5	40	78	—
КБМ-571	12,5	40	75...150	—
КБ-674А	10...25	16...35	46	138,5
КБ-676	5,6...12,5	25,6...50,5	83	138,5
КБ-676-1	5,6...12,5	3,5...50	150	124
КБМ-671	10...25	16...35	46...150	154,7
КБГС-630	10...25	25...50	45	233
КБР-2	4...8	12,5...25	32...42	55,1

Башенный кран состоит из башни, стрелы, опорной части, опорно-поворотного устройства, кабины машиниста, механизмов подъема груза, поворота, изменения вылета, устройств безопасности (рис. 4.4). Всеми механизмами крана управляет машинист из кабины, в которой размещается аппаратура управления.

Башня крана представляет собой жесткую пространственную конструкцию, установленную строго вертикально на поворотной платформе (поворотная башня) или ходовой раме (неповоротная башня). В верхней части башни посредством проушин крепится стрела, которая устанавливается в требуемое положение стрелоподъемным полиспастом. На уровне проушин стрелы с противоположной стороны башни устанавливается распорка (на кранах с поворотной башней) или противовесная консоль с грузовой лебедкой и противовесом на конце (на кранах с поворотной головкой). Кабина машиниста для лучшего обзора устанавливается на верху башни или на поворотной головке. На поворотной платформе крана с поворотной башней находится стрелоподъемная и грузовая лебедки, механизм поворота и противовес. Для лучшей устойчивости крана с поворотной головкой на ходовой раме устанавливается балласт. Кран движется на четырех ходовых тележках, две из которых, расположенные по диагонали являются приводными.

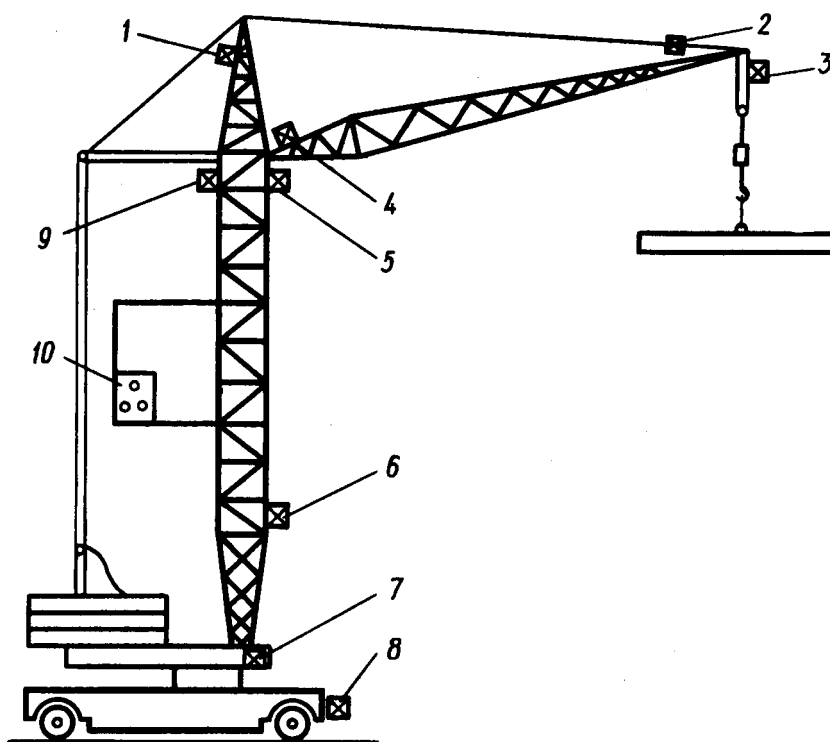


Рис. 4.4. Схема размещения автоматических устройств контроля на башенном кране

1 – датчик анемометра; 2 – датчик усилия;
3 – ограничитель высоты подъема крюка; 4 – датчик угла наклона стрелы;

- 5 – исполнительное устройство датчика угла наклона; 6 – ограничитель высоты подъема башни; 7 – ограничитель поворота; 8 – ограничитель передвижения; 9 – исполнительное устройство анемометра; 10 – блок управления ограничителем грузоподъемности

Приставные (стационарные) башенные краны с поворотной головкой и балочной стрелой применяются при строительстве высотных сооружений (до 150 м и более). Эти краны монтируют на специальном фундаменте или части фундамента здания. Кран крепят к зданию с помощью закладных рам. По мере возведения здания башню наращивают сверху промежуточными секциями длиной 2,5...7 м. Для этого промежуточную секцию поднимают крюковой подвеской и навешивают на специальную выдвижную раму. Далее две верхние секции крепят к монтажной стойке и расстыковывают между собой. С помощью монтажной лебедки поднимают по направляющим монтажной стойки поворотную часть крана вместе с отсоединенной верхней секцией башни. Затем в образовавшийся зазор ручной лебедкой заводят промежуточную секцию, после чего ее соединяют со смежными верхней и нижней секциями.

4.4. Козловые краны

Конструктивно козловой кран (рис. 4.5) представляет собой пролетное строение в виде мостовой балки (моста) 1, установленного на опорах-козлах 2, перемещающихся с помощью ходовых тележек 3 по наземному крановому пути. По ригелю перемещается грузовая тележка 4.

Козловые краны относятся к кранам пролетного типа, у которых перемещаемый груз располагается в пределах опорного контура. Пространственная траектория груза образуется из сочетания траекторий трех простых движений – подъема груза, перемещения тележки вдоль моста и перемещения всего крана. Пролет козлового крана равен расстоянию между осями рельсов, измеренному по горизонтали.

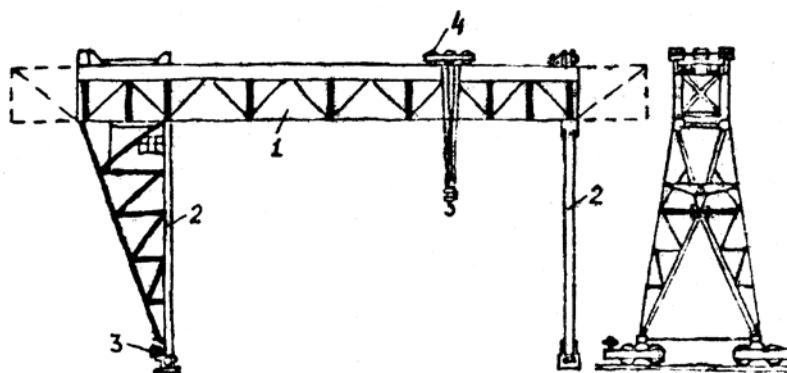


Рис.4.5. Козловой кран (К-182, К-405, К-505)

1 – мостовая балка; 2 – опоры; 3 – ходовые тележки; 4 – грузовая тележка;

Козловые краны в зависимости от условий применения изготавливаются бесконсольными и с одной или двумя консолями.

Основными параметрами козловых кранов являются грузоподъемность, пролет, длина консолей, высота подъема груза и скорости движения.

В транспортном строительстве козловые краны применяются при сооружении мостов и путепроводов, монтаже промышленных и гражданских зданий, на заводах и полигонах по изготовлению железобетонных и металлических конструкций, на звеносборочных базах и складах предприятий.

Широкое распространение в строительстве получили краны серии К (бесконсольные). Краны этой серии представлены в погрузо-разгрузочном (с высотой подъема до 11,2 м: К-182, К-305Н, К-405, К-505) и в монтажном варианте (с высотой подъема до 28 м: К-182-2М, К-253, К-25-52, К-305М, К-309, К-451М). Первые две цифры индекса – грузоподъемность, т; следующие цифры номер модели. Краны серии КК – консольные (КК – с грузовой тележкой, ККТ – с электроталью). Ранее выпускались козловые краны других марок: ККУ, ККС, КДКК, ККТС и др. Например, на звеносборочных базах широко применяются краны типа КДКК-10 (двухконсольный козловой кран грузоподъемностью 10 т с крюковым грузозахватным устройством). Для подъема звеньев и рельсов длиной 25 м два крана соединяются штангами, электрооборудование объединяется и управляют кранами из одной кабины.

4.5. Специальные краны для монтажа пролетных строений

Для монтажа пролетных строений железнодорожных мостов применяются габаритные электрифицированные консольные краны на рельсовом ходу ГЭК-80 и ГЭПК-130 (рис. 4.6).

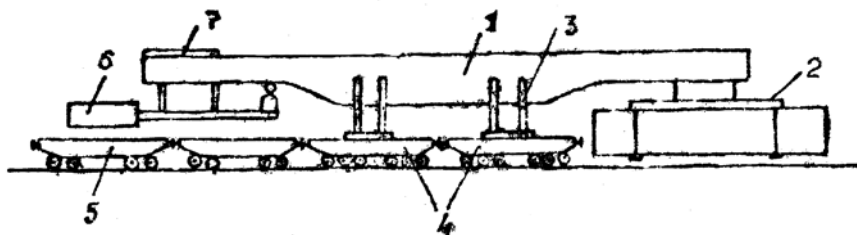


Рис. 4.6. Габаритно-консольный кран ГЭПК-130/17,5

1 – главная ферма; 2 – грузоподъемная траверса; 3 – опорная башня;
4 – восьмиосная платформа; 5 – четырехосная платформа; 6 – подвесной противовес; 7 – откатной противовес

Эти краны имеют главную ферму 1, которая удерживается двумя опорными башнями 3. К главной ферме прикреплены симметричные

консоли с двух сторон. Устанавливаемое пролетное строение может подниматься с любой из двух консолей крана, одновременно с этим на противоположной консоли поднимается противовес. Краны снабжены автоматической системой регулирования продольной и поперечной устойчивости и автоматической блокировкой против перегрузки.

Габаритно-консольный кран ГЭК-80 грузоподъемностью 80 т неповоротный. Его ходовая часть состоит из трех шестиосных, трех четырехосных и одной двухосной платформ. Две четырехосных платформы используются для размещения консоли при транспортировании крана.

Ходовая часть поворотного габаритно-консольного крана ГЭК-130/17,5 грузоподъемностью 130 т и вылетом 17,5 м состоит из двух опорных восьмиосных платформ специальной конструкции и четырех нормальных четырехосных платформ. Кран оснащен канатно-полиспастными системами подъема и поворота главной фермы, передвижения собственным ходом и подъема грузов. Наличие поворотной главной фермы позволяет производить захват груза с подвижного состава, стоящего на соседнем пути, что значительно упрощает технологию работ.

4.6. Производительность грузоподъемных машин

Грузоподъемные машины относятся к машинам циклического действия. Однако определение их производительности по общепринятой для таких машин формуле как произведение массы поднимаемого груза на число циклов представляет определенную трудность. Эта трудность заключается в большом разбросе значений как числа и длительности выполняемых в единицу времени циклов, так и массы поднимаемого груза. В связи с этим производительность может существенно меняться, а точный учет ее практически невозможен. Поэтому целесообразно определять среднюю эксплуатационную производительность машины, используя для этого усредненные исходные данные.

Таким образом, среднечасовая эксплуатационная производительность строительных кранов $P_э$, т/ч, определяется массой поднятых грузов за 1 ч с учетом поправочных коэффициентов:

$$P_э = G K_r K_b / T_ц, \quad (4.1)$$

где G – грузоподъемность крана, т; K_r – коэффициент использования крана по грузоподъемности; K_b – коэффициент использования крана по времени; $T_ц$ – продолжительность цикла, с.

$$T_ц = f [2(S_п/v_п + S_т/v_т + S_{кр}/v_{кр}) + n_{кр}/n] + t_в, \quad (4.2)$$

где f – коэффициент совмещения операций цикла; $S_п$, $S_т$, $S_{кр}$ – путь, проходимый соответственно грузом при подъеме (опускании), грузовой тележкой и краном (стрелой); $v_п$, $v_т$, $v_{кр}$ – скорости движений соответственно подъема (опускания) груза, грузовой тележки и крана (стрелы), с; $n_{кр}$ – число оборотов крана, выполняемых за один цикл; n – частота вращения крана, об/с; $t_в$ – продолжительность вспомогательных операций (строповка, установка, расстроповка груза и др.).

Исследования показывают, что коэффициент f совмещения операций, существенно зависящий от квалификации крановщика, типа крана и схемы организации работ, может составлять 0,5...0,75. Величина коэффициента K_b использования крана по времени в зависимости от типа крана в предварительных расчетах принимается 0,7...0,9.

4.7. Контрольные вопросы к разделу 4

1. Как классифицируются грузоподъемные машины?
2. Для чего предназначены строительные подъемники, как они устроены и каков принцип их работы?
3. Для чего предназначены строительные вышки, как они устроены?
4. Для чего в строительстве применяются краны, каковы их основные типы и структура. Назовите основные параметры кранов.
5. Перечислите типы самоходных стреловых кранов, приведите их общие характеристики. Из каких основных частей состоят стреловые краны?
6. Для чего предназначены, как устроены и как работают гусеничные краны?
7. Чем отличаются пневмоколесные краны от гусеничных? Каковы их параметры, как они устроены и как работают?
8. Для чего предназначены, как устроены и как работают автомобильные краны? Какие они имеют преимущества и недостатки?
9. Какие особенности имеют краны на специальном шасси автомобильного типа и короткобазовые краны, для чего предназначены, как устроены и как работают?
10. Для чего предназначены, как устроены и как работают железнодорожные краны?
11. Для чего предназначены, как устроены и как работают тракторные краны и краны-трубоукладчики?
12. Для чего предназначены башенные краны, как их классифицируют и как они устроены?
13. Опишите системы индексации башенных кранов и дайте сравнительную характеристику различных видов башенных кранов.
14. Для чего предназначены козловые краны, как они устроены и как работают?
15. Для чего предназначены, как устроены и как работают специальные краны для монтажа пролетных строений мостов?
16. Какими устройствами безопасности оборудуют строительные краны? Опишите принципы работы автоматических устройств безопасной работы кранов.
17. Какими сигнальными устройствами оборудуют краны? Для чего и в каких случаях применяют блокировочные устройства?
18. Изложите методику определения производительности строительных кранов.

19. Изложите основные требования по технике безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин.

5. МАШИНЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ

5.1. Виды строительного транспорта

Транспортирование грузов в процессе строительного производства и при его подготовке осуществляется всеми видами транспорта. Транспортные средства, обеспечивающие доставку строительных грузов, могут быть наземные, водные и воздушные (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Транспортные средства для доставки строительных грузов

Строительные транспортные средства	Наземные	Железнодорожные
		Автомобильные
		Трубопроводные
	Водные	Речные
		Морские
	Воздушные	Вертолеты
		Дирижабли

Железнодорожный транспорт в строительстве выполняет внешние, внутрикарьерные, технологические перевозки и является органической частью технологического процесса в железнодорожном строительстве. Классификация подвижного состава железнодорожного транспорта приведена в табл. 5.2.

Таблица 5.2.

Классификация подвижного состава железнодорожного транспорта

Подвижной состав железнодорожного транспорта	Локомотивы	Паравозы
		Тепловозы
		Электровозы
		Паротурбовозы
		Газотурбовозы
	Самодвижущиеся единицы	Мото-вагоны (мотодрезины)
		Мотовозы
	Вагоны грузовые	Крытые
		Платформы
		Полувагоны
		Цистерны
		Думпкары
		Хопперы (хоппер-дозаторы)

Автомобильный транспорт – наиболее мобильный из всех видов транспорта. С его помощью осуществляется повседневная связь между

строительно-монтажными организациями и другими участниками строительства. Автомобильный транспорт целесообразно использовать при доставке грузов до 200 км, а при строительстве в труднодоступных районах и при больших расстояниях.

Подвижной состав автомобильного транспорта для перевозок строительных грузов классифицируется по типу кузова, роду двигателя, проходимости и грузоподъемности (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Классификация подвижного состава автомобильного транспорта

Признаки классификации и типы подвижного состав автомобильного транспорта	По типу кузова	Общего назначения
		Специализированные
		Специальные
	По роду двигателя	С карбюраторными двигателями
		С дизельными двигателями
		Газобаллонные
		Газотурбинные
		Электромобили
	По проходимости	Дорожные
		Повышенной и высокой проходимости
		Внедорожные (карьерные)
	По грузоподъемности	Особо малой (до 1 т)
		Малой (1...2 т)
		Средней (2...5 т)
		Большой (6...25 т)
		Особо большой (свыше 25 т)

К *водному* транспорту для доставки грузов относятся морские и речные суда. Морские суда могут быть транспортными, служебно-вспомогательными и техническими. Речные суда, выпускаемые для внутренних водных путей и для смешанного плавания «река–море», могут быть самоходными, несамоходными и буксирами.

Воздушный транспорт используется для доставки строительных грузов в места, недоступные для других видов транспорта. К воздушному грузовому транспорту относятся самолеты, вертолеты и дирижабли. Наибольшее распространение в строительстве получили вертолеты.

Трубопроводный транспорт используется преимущественно при производстве строительных материалов и изделий.

5.2. Специализированный автомобильный транспорт

Специализированные транспортные средства предназначены для перевозки одного или нескольких однородных грузов, отличающихся специфическими условиями их транспортировки. Наибольшее

распространение в строительстве получили: автомобили-самосвалы; автомобильные тягачи седельного типа; прицепы и полуприцепы к грузовым автомобилям, седельным тягачам и тракторам; автомобили-самопогрузчики с бортовыми кранами-манипуляторами.

Специализированные автотранспортные средства применяют в строительстве в соответствии с их назначением и видом груза. Основные виды специализированных автотранспортных средств приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Основные виды специализированных автотранспортных средств

Виды строительных грузов	Транспортные средства
Сыпучие и навалочные грузы (грунт, нерудные материалы и т.д.)	Самосвалы общего назначения
Грунт	Землевозы (думперы)
Карьерные материалы, перевозимые по специальным дорогам	Самосвалы карьерные
Сыпучие грузы с малой плотностью	Керамзитовозы
Панели плиты, перевозимые в вертикальном или наклонном положении	Панелевозы
Фермы	Фермовозы
Плиты	Плитовозы
Балки, ригели, прогоны	Балковозы
Колонны, стойки	Колонновозы
Объемные блоки	Блоковозы
Сантехкабины	Сантехкабиновозы
Железобетонные полуарки	Арковозы
Железобетонные полурамы	Рамовозы
Битум в разогретом состоянии	Битумовозы
Нефтепродукты	Топливозы
Бетонные смеси	Бетоновозы
Растворы строительные	Растворовозы
Известковое молоко	Известковозы
Вода	Водовозы
Порошкообразные материалы (известь, цемент, алебастр и др.)	Цементовозы
Трубы и плети труб	Трубовозы
Металлопрокат	Металловозы
Рельсы	Рельсовозы
Специализированные и универсальные контейнеры (3...15 т)	Контейнеровозы
Мелкоштучные и тарные грузы	Контейнеровозы с краном-манипулятором
Строительные машины и оборудование	Тяжеловозы (трейлеры)

Марка (индекс) **грузового автомобиля** состоит из буквенной и цифровой частей (табл. 5.5). Буквенные обозначения чаще всего указывают логотип завода-изготовителя (ГАЗ, КамАЗ, МАЗ и т.д.). Первые две цифры в цифровой части индекса обозначают класс автомобиля (по его полной массе), вторые две цифры (третья и четвертая) – номер модели. Модификации модели имеют дополнительную пятую цифру.

Таблица 5.5

Индексация грузовых автомобилей (первые две цифры индекса)

Полная масса, т	Тип грузового автомобиля					
	бортовой	тягач	самосвал	цистерна	фургон	специальный
до 1,2	13	14	15	16	17	19
1,2–2	23	24	25	26	27	29
2–8	33	34	35	36	37	39
8–14	43	44	45	46	47	49
14–20	53	54	55	56	57	59
20–40	63	64	65	66	67	69
свыше 40	73	74	75	76	77	79

Автомобильные **прицепы и полуприцепы** имеют *индексы*, в основу которых заложены признаки их эксплуатационного назначения. Базовую модель полуприцепа, прицепа обозначают индексом, состоящим из шести или семи знаков: двух или трех букв и четырех цифр. Буквенная часть индексов полуприцепов и прицепов приведена в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Буквенные индексы автомобильных прицепов и полуприцепов

Название (назначение)	Прицеп	Полуприцеп
Панелевоз	П	ПП
Балковоз, колонновоз	К	ПК
Фермовоз, арковоз	Ф	ПФ
Плитовоз, площадка	Л	ПЛ
Металловоз, лесовоз	М	ПМ
Бортовой контейнеровоз (общего назначения)	Б	ПБ
Блоковоз, сантехкабиновоз (для объемных блоков)	Э	ПЭ
Керамзитовоз	С	ПС
Роспуск с переменной базой (для длинномерных грузов)	Р	ПР
Цистерна	Ц	ПЦ
Низкорамная платформа (для перевозки строительных машин и оборудования)	Н	ПН
Трубовоз-плетевоз	В	ПВ

Для всех типов специализированных прицепов и полуприцепов универсального назначения добавляется буква «У» (УП; УПП; УК; УПК и т.д.).

За буквенными обозначениями следует цифровой индекс, содержащий характеристику основных параметров транспортного средства. Две первые цифры обозначают грузоподъемность средства, т. Две следующие цифры:

- для средств, перевозящих сыпучие и полужидкие материалы – объем емкости (платформы), м³;
- для остальных средств – длину грузовой площадки (длину перевозимой конструкции), м.

Например, индекс УПП-1207 расшифровывается так: универсальный полуприцеп-панелевоз грузоподъемностью 12 т с погрузочной площадкой длиной 7 м; индекс АС-0704 означает: автомобильный прицеп самосвальный грузоподъемностью 7 т и объемом кузова 4 м³.

Буквы А, Б, В и т.д., следующие за цифрами, означают номер модернизации транспортного средства.

Трейлеры (тяжеловозы) – прицепы и полуприцепы, предназначенные для перевозки строительных машин и технологического оборудования. Их классифицируют по разным признакам (табл. 5.7).

Таблица 5.7

Классификация тяжеловозов (трейлеров)

Признаки классификации трейлеров	По грузоподъемности	Средней (до 40 т)
		Большой 40...100 т)
		Особо большой (свыше 100 т)
	По назначению	Универсальные
		Специализированные
		Узкоспециализированные
	По конструктивному исполнению	Самоходные
		Прицепные
		Полуприцепные
	По дорожным условиям	Для дорог общей сети
		Для дорог внутрипостроечной сети
	По погрузочной высоте платформы	Высокорамные
		Полунизкорамные
		Низкорамные

Автомобили, оборудованные **кранами-манипуляторами**, применяют для доставки контейнеров, пакетированных строительных грузов и грузов на поддонах. Оборудование крана-манипулятора состоит из шарнирно-сочлененной телескопической стрелы, установленной на поворотной колонке с углом поворота до 200°. Крановые устройства устанавливают на платформе автомобиля, на раме седельного тягача и на платформе полуприцепа.

5.3. Производительность транспортного средства

Производительность грузовых автотранспортных средств характеризуется количеством перевезенного груза в тоннах или выполненной транспортной работой в тонно-километрах за единицу времени. Она зависит вида и массы перевозимого груза, скорости движения автомобиля и условий его работы.

Техническая производительность автотранспортного средства, т/ч,

$$П_T = 60G K_r / T_{ца}, \quad (5.1)$$

где G – грузоподъемность, т; K_r – коэффициент использования по грузоподъемности; $T_{ца}$ – время рейса (цикла транспортного средства), мин.

Время цикла (рейса) определяется по формуле

$$T_{ца} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (5.2)$$

где t_1 – время маневров при постановке транспортного средства под погрузку; t_2 – время погрузки; t_3 – время хода груженого транспортного средства; t_4 – время разгрузки доставленного груза; t_5 – время маневров при разгрузке; t_6 – время хода порожнего транспортного средства к месту погрузки. В предварительных расчетах можно принимать $t_3 = t_6$, а также $t_1 = t_5 \approx 10 \dots 15$ мин.

Скорость движения груженых транспортных средств определяется требованиями сохранности перевозимого груза. По дорогам I и II категорий расчетную скорость при перевозке сборных элементов прицепами и полуприцепами можно принимать 15...20 км/ч; III категории – 12 км/ч; IV и V – 9 км/ч.

Время на погрузку и разгрузку автотранспортных средств определяют по нормам ЕНиР:

Е-1. Внутрипостроечные транспортные работы (сыпучие и пакетированные грузы);

Е-25. Такелажные работы (сборные конструкции).

В табл. 5.8 приведены нормы затрат труда, чел.-ч/шт., на некоторые виды сборных бетонных и железобетонных элементов. Время на погрузку и разгрузку машин, мин., определяется из выражений:

$$t_2 = 60 H_n N / 2; \quad (5.3)$$

$$t_4 = 60 H_p N / 2, \quad (5.4)$$

где t_2 – время погрузки машины на складе, мин; t_4 – время разгрузки машины на объекте, мин; H_n ; H_p – норма времени соответственно погрузки и разгрузки на один элемент, чел.-ч; N – количество доставленных элементов за один рейс, шт; 2 – количество такелажников в звене, чел.

Величина коэффициента использования грузоподъемности транспортного средства

$$K_r = m_i N / G, \quad (5.5)$$

где m_i – масса одного элемента, т; N – количество элементов на один рейс; G – грузоподъемность транспортного средства.

Сменная производительность машины определяется по формуле

$$П_{см} = П_T \check{T}_{см} K_B \quad (5.6)$$

где P_T – техническая производительность, т/ч; $\dot{T}_{cm}$ – чистое время работы в смену, ч ($\dot{T}_{cm} = 7,5$ ч; 0,5 ч отводится для выезда машины и возвращение в парк); K_B – коэффициент использования сменного времени (принимается равным 0,8...0,9 в зависимости от характера трассы и дальности транспортирования груза).

Таблица 5.8

Нормы затрат труда на погрузку и выгрузку сборных железобетонных элементов

Элемент	Размерный признак	Норма на 1 элемент, чел.-ч		Состав звена, чел.
		погрузка	разгрузка	
Колонны	Масса, т:			Такелажники: 2р. – 2
	2	0,14	0,09	
	3	0,16	0,11	
	4	0,17	0,12	
	6	0,2	0,14	
	8	0,24	0,17	
	10	0,26	0,18	
	15	0,34	0,24	
	20	0,42	0,29	
	25	0,48	0,35	
	30	0,56	0,41	
Балки, фермы стропильные	Пролет/шаг, м:			Такелажники: 4р. – 1; 2р. – 1.
	12/6	0,92	0,5	
	18/6	1,32	0,7	
	18/12	1,6	0,8	
	24/6	2,1	1,1	
	24/12	2,64	1,35	
	30/6	3,22	1,65	
	30/12	3,8	1,95	
Балки подстропильные	Длина, м:			То же
	12	1,7	1,2	
Плиты покрытий	Ширина × длина, м:			То же
	1,5×6	0,14	0,8	
	1,5×12	0,16	0,9	
	3×6	0,2	0,1	
	3×12	0,23	0,11	

Потребность в автотранспортных средствах для перевозки технологического комплекта одного вида конструкций (колонн, балок, ферм, плит и т.д.) составит

$$N_a = V / (P_{cm} T_{гр} A), \quad (5.7)$$

где V – грузопоток (объем поставки) рассматриваемого вида конструкций, т; $T_{гр}$ – расчетный период переработки грузопотока, сутки; A – сменность работы по перевозке конструкций.

5.4. Контрольные вопросы к разделу 5

1. Какие виды транспорта используются в строительстве? Приведите краткую характеристику каждого из них, особенности их использования.
2. Приведите классификацию подвижного состава железнодорожного транспорта. Как используются различные виды подвижного состава в железнодорожном строительстве?
3. Укажите область применения в строительстве автомобильного транспорта, дайте классификацию подвижного состава автомобильного транспорта.
4. Какие виды грузов перемещают по трубам? Для чего (для каких видов работ) в строительстве применяют вертолеты?
5. Как устроен грузовой автомобиль общего назначения? Чем отличаются прицепы от полуприцепов? Что такое автопоезд?
6. Как классифицируют автотранспортные средства? Расскажите об индексации автомобилей, прицепов и полуприцепов в строительстве.
7. Какие транспортные средства относятся к специализированным? Приведите краткую характеристику каждого из них (назначение, устройство, техническую характеристику).
8. Как определяют производительность транспортного средства? Как рассчитывают количество транспортных средств для доставки строительных грузов?

6. Машины и оборудование для переработки каменных материалов

6.1. Общие сведения

В строительном производстве используют большое количество *нерудных материалов*: камня, щебня, гравия, песка и каменной крошки. *Гравий и песок* добывают в естественных отложениях в полуготовом виде. Дальнейшая переработка этих материалов заключается в промывке и сортировке их на специальных установках. *Щебень* получают из твердых горных пород, добываемых в карьерах с последующей технологической обработкой (обогащением).

Технологическая обработка каменных материалов включает следующие операции:

- предварительное сортирование для отделения мелочи перед первичным дроблением;
- дробление для получения требуемых по крупности фракций щебня;
- сортирование продуктов дробления на заданные фракции;
- промывку от загрязнений.

Основным технологическим оборудованием для производства нерудных строительных материалов являются: дробилки, грохоты, промывочные и обезвоживающие машины, классификаторы и вспомогательное оборудование.

6.2. Машины для дробления (измельчения) каменных материалов

Установки, измельчающие каменные материалы до размеров щебня, называются *камнедробилками (дробилками)*. Каменные материалы дробят *раздавливанием, раскалыванием, ударом, изломом и истиранием*. Конструкции современных дробилок позволяют воздействовать на породу одновременно несколькими способами.

По способу дробления и устройству рабочего оборудования различают щековые, конусные, молотковые, роторные и валковые дробилки (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Классификации камнедробилок	
Классификационный признак	Тип дробилки
Крупность конечного продукта	Крупного дробления (100...350 мм)
	Среднего дробления (40...100 мм)
	Мелкого дробления (5...40 мм)
Технологическое назначение	Первичного дробления
	Вторичного дробления
Конструкция и принцип действия	Щековые с простым движением щеки
	Щековые со сложным движением щеки
	Конусные с крутым конусом (крупного дробления)
	Конусные с пологим конусом (среднего и мелкого дробления)
	Кулачковые
	Роторные
	Молотковые
	Валковые

Процесс дробления материала принято оценивать *степенью измельчения i* , представляющей собой отношение средних поперечных размеров кусков исходного материала к средним поперечным размерам дробленого материала. Дробилки обычно позволяют получать степень измельчения от 3 до 8. Когда необходима бóльшая степень измельчения, горную массу дробят в несколько стадий: первая стадия – первичное дробление; последующие стадии – вторичное, третичное дробление и т.д. Дробилки последних стадий работают, как правило, в замкнутом цикле, при котором материал крупнее заданного возвращается в ту же дробилку для повторного дробления. Если материал проходит через дробилку один раз – цикл открытый.

Щековые дробилки используются для крупного и среднего дробления пород средней крепости и крепких. Разрушение кусков в щековых дробилках осуществляется в основном раздавливанием их между подвижной и неподвижной плитами – щеками. По характеру движения рабочего органа различают дробилки с простым и сложным движением щеки (рис. 3.1).

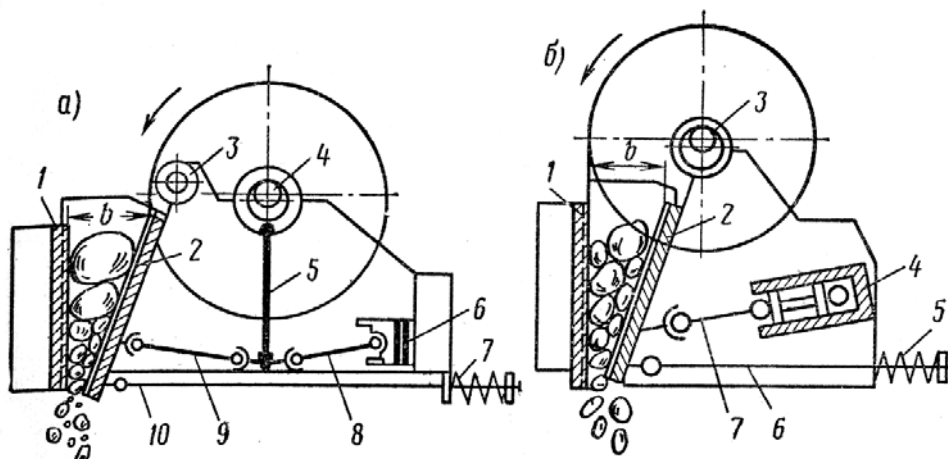


Рис. 3.1. Щековые камнедробилки:
а) с простым движением щеки; б) со сложным движением щеки

1 – неподвижная дробящая плита; 2 – подвижная плита; 3 – ось подвески подвижной плиты; 4 – эксцентриковый вал; 5 – шатун; 6 – регулировочный механизм; 7 – пружина; 8, 9 – распорные плиты; 10 – тяга

В первом случае точки подвижной щеки совершают возвратно-поступательное движение по дуге окружности. По мере измельчения куски породы опускаются под действием собственной массы к разгрузочному отверстию. При сложном движении точки подвижной щеки перемещаются по замкнутым эллиптическим траекториям, что способствует более ускоренному выходу раздробленного материала из камеры дробления и соответственно повышает (на 15...20%) производительность дробилки.

Основными параметрами щековых дробилок являются: ширина и длина приемного отверстия $B \times L$. Ширина B определяется максимальным размером $D_{\max}$ загружаемых кусков: $B = 1,2 D_{\max}$. Минимальный размер кусков раздробленного материала определяется зазором (щелью) между нижними кромками дробящих плит при максимальном отходе подвижной щеки. Ширина выходной щели b – еще один основной параметр дробилки. Второй размер щели – длина – равен длине приемного отверстия.

Отечественная промышленность выпускает щековые дробилки с размерами $B \times L$ от 160×250 до 1500×2100 мм (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Характеристики щековых дробилок

Тип дробилки	Приемное отверстие, мм	Ширина выходной щели, мм	Мощность, кВт	Масса, т	Производительность, м ³ /ч
С простым движением щеки					
СМД-111А	900×1200	130	110	63,2	180
СМД-184	900×1200	130	2×55	63,2	180
СМД-118А	1200×1500	155	160	123	310
СМД-117А	1500×2100	180	250	250	600
Со сложным движением щеки					
СМД-115	160×250	30	5	1,5	2,8
СМД-116А	250×400	40	17	3	7
СМД-108А	250×900	40	45	8,4	18
СМД-109А	400×900	60	55	10,85	35
СМД-110А	600×900	100	75	18,5	75

Производительность щековых дробилок.

Техническая производительность (Π_T) щековой дробилки зависит от размеров камеры дробления, числа оборотов приводного вала и категории дробимого материала. При частоте вращения вала n она составит

$$\Pi_T = 30 S L n \mu (2Z + S) / \operatorname{tg} \alpha, \quad (6.1)$$

где S – максимальный отход щеки, м; L – длина разгрузочной щели, м; n – число оборотов приводного вала, с⁻¹; μ – коэффициент разрыхления дробимого материала, равный примерно 0,4...0,6; Z – минимальный просвет между неподвижной и подвижной щеками дробилки, м; α – угол захвата (угол между неподвижной и подвижной щеками).

Приближенно можно принимать

$$n = 62 \sqrt{\operatorname{tg} \alpha / S}. \quad (6.2)$$

Мощность дробилки при дроблении конкретной породы определяют из выражения

$$N = 1,1 E_i K_M \Pi_T \gamma_o (\sqrt{i} - 1) / \sqrt{D_{CB}}, \quad (6.3)$$

где E_i – энергетический показатель дробления (в предварительных расчетах принимают максимальное значение $E_i = 8$ кВт·ч/т); K_M – масштабный фактор, характеризующий изменение E_i в зависимости от крупности крупности материала:

$$D_{CB}, \text{ мм: } 65 \quad 100 \quad 120 \quad 160 \quad 240 \quad 280 \quad 370 \quad 460 \quad 600$$

$$K_M: 1,58 \quad 1,4 \quad 1,34 \quad 1,18 \quad 1,0 \quad 0,95 \quad 0,85 \quad 0,8 \quad 0,68$$

$i = D_{CB} / d_{CB}$ – степень измельчения материала; D_{CB} – средневзвешенный размер исходного материала, мм; d_{CB} – средневзвешенный размер дробленного продукта, мм; γ_o – плотность породы, т/м³; Π_T – техническая производительность дробилки, м³/ч.

Средневзвешенный размер исходного материала для дробилок с шириной приемного отверстия 600 мм и менее принимается равным ширине приемного отверстия B , для дробилок с шириной приемного отверстия 900 мм и более – $(0,3... 0,4) B$. Размер $d_{св}$ принимается: для дробилок с шириной приемного отверстия 600 мм и менее $d_{св} = 0,65b$; с шириной приемного отверстия 900 мм и более – $d_{св} = 0,8b$, где b – ширина разгрузочной щели

$$b = S + Z. \quad (6.4)$$

Конусные дробилки состоят из двух усеченных конусов, в кольцевом пространстве между которыми происходит дробление материала. Конусные дробилки подразделяются на два основных вида: с *крутым конусом*, предназначенным для крупного и среднего дробления и с *пологим конусом*, – для среднего и мелкого дробления. В дробилках с крутым конусом вершины конусов обращены в разные стороны, благодаря чему в верхней части образуется загрузочное отверстие, позволяющее обеспечить захват крупных кусков. Поэтому эти дробилки применяют на первой стадии дробления. У дробилок с пологим конусом вершины конусов обращены в одну сторону и ширина загрузочного отверстия небольшая, поэтому их используют на второй стадии дробления.

Основными параметрами конусных дробилок являются ширина загрузочного отверстия и производительность. Ширина загрузочного отверстия с крутым конусом находится в пределах 1250...3200 мм, а производительность – 100...1750 м³/ч. Ширина загрузочного отверстия дробилок с пологим конусом в пределах 205...450 мм, производительность – 200...1000 м³/ч.

Роторные дробилки – это дробилки ударного действия. Дробящим органом этих дробилок являются массивные била ротора. Ротор представляет собой горизонтально вращающийся вал, на центральную часть которого насаживается массивный стальной барабан со специальными пазы для установки бил. Материал разрушается за счет ударов по нему бил при вращении ротора и ударов об отражательные плиты, которыми ограждена дробильная камера. Дробилки ударного действия выпускаются одно- и двухроторными.

Производительность роторных дробилок достигает 400...600 м³/ч. Ширина загрузочного отверстия этих дробилок изменяется в пределах от 350 до 1400 мм.

Молотковые дробилки отличаются от роторных дробилок ударными органами – шарнирно закрепленными на роторе молотками вместо бил и менее жесткими ударами по дробимому материалу. Производительность их составляет 100...200 м³/ч.

6.3. Сортировочные и моечные машины

Процесс разделения продуктов дробления на сорта по крупности кусков называют сортировкой, которую осуществляют с помощью

сортировочных машин (табл. 6.3), которые по назначению подразделяются на две группы – для сортировки по размерам кусков (грохоты) и по прочности (классификаторы). Для промывки щебня, гравия и песка от загрязнений используют моечные машины.

Таблица 6.3

Схема классификации сортировочных и моечных машин

Разновидность (группа) машин	Тип (подгруппа) машин
Грохоты	Барабанный
	Эксцентрикковый
	Инерционный
Классификаторы	Вертикальный гидроклассификатор
	Многокамерный гидроклассификатор
	Гидроциклон
Моечные машины	Гравиемойка-сортировка
	Вибрационная мойка
	Винтовая (шнековая) мойка
	Драговая пескомойка

Грохоты классифицируют по типу просеивающей поверхности (колосниковые, плетеные и штампованные), по характеру ее движения (неподвижные, качающиеся, вибрационные и вращающиеся), по форме (плоские и цилиндрические) и по положению в пространстве (горизонтальные и наклонные).

Барабанный грохот – это установленный наклонно барабан диаметром 600...1000 мм и длиной 3...3,5 м, цилиндрическая обечайка которого состоит из нескольких просеивающих секций с различными размерами отверстий. Эти грохоты используют для сортировки песка и гравия, совмещаемой с их промывкой.

Эксцентрикковый грохот состоит из наклонного короба, шарнирно подвешенного к шейкам приводного вала с дебалансами. При вращении вала материалу сообщаются круговые колебания, способствующие его прохождению в отверстия сит. Эти грохоты применяют для среднего и крупного грохочения с размером кусков до 400 мм.

Инерционные грохоты устанавливают и наклонно и горизонтально. Наклонный грохот конструктивно подобен эксцентрикковому. Основное отличие заключается в том, что амплитуда колебаний у инерционного грохота изменяется в зависимости от загрузки короба тогда, как амплитуда колебаний эксцентрикковых грохотов постоянна.

Плоский инерционный грохот представляет собой подвижный корпус, в котором расположены сита и вибратор направленных колебаний. Просеивающей поверхности сообщаются колебания, амплитуда которых достигает 8...12 мм. По сравнению с наклонными горизонтальные грохоты обеспечивают большую производительность (до 500 и более т/ч).

Классификаторы предназначены для разделения исходного материала на две или несколько фракций различной крупности с помощью жидкой или газообразной среды. Водная классификация осуществляется в *гидравлических и гидромеханических классификаторах*. Для разделения на фракции мелких песков применяют центробежные классификаторы – *гидроциклоны*.

При загрязнении материалов в пределах до 5% (по массе) производится их промывка в процессе сортировки. Для этого вода под напором подается в трубы, расположенные над просеивающей поверхностью и через отверстия в трубе разбрызгивается равномерно, промывая сортируемый материал.

При большом проценте загрязнения материалов для его промывки используют гравиемойки-сортировки, вибрационные мойки, винтовые мойки и др. **Гравиемойка-сортировка** отличается от барабанного грохота дополнительной секцией со сплошными стенками, расположенной у загрузочного конца и предназначенной для промывки материала. Внутрь этой секции подается вода.

Вибрационная мойка представляет собой ванну (в виде трубы с перфорацией в ее нижней части), установленную на пружинных опорах под небольшим углом наклона к горизонту. Ванне сообщаются колебания от вибратора. Встряхиваемый материал промывается водой. Мойка предназначена для промывки материалов со средне- трудноотделяемыми включениями.

6.4. Контрольные вопросы к разделу 6

1. Что такое степень дробления? Перечислите виды дробления по этому параметру. Какими способами и какими машинами измельчают каменные материалы?
2. Перечислите виды дробилок. Какими параметрами характеризуются дробилки? Для чего применяют многостадийное дробление?
3. Для чего применяют, как устроены и как работают щековые дробилки? Как определяют их производительность?
4. Для чего применяют, как устроены и как работают конусные, роторные и молотковые дробилки? Назовите основные параметры дробилок.
5. Приведите сравнительную оценку назначения и эффективности работы дробилок различных типов. Что представляют собой и для чего предназначены передвижные дробильно-сортировочные установки?
6. Какими способами сортируют каменные материалы? Что такое грохочение? Назовите виды просеивающей поверхности грохотов.
7. Приведите классификацию грохотов. Дайте сравнительную оценку различных типов грохотов.
8. Для чего применяют и каков принцип работы гидравлических классификаторов и гидроциклонов?

9. Какими способами очищают каменные материалы от засоряющих примесей? Какие машины для этого используют? Приведите их сравнительную характеристику.

10. Изложите схемы устройства и работы гравиемойки-сортировки и вибрационной мойки.

7. Машины для производства бетонных работ

7.1. Машины и установки для приготовления бетонов и растворов

Бетонные смеси и строительные растворы готовят путем перемешивания их компонентов в смесительных машинах (смесителях). *Технологический процесс* включает последовательно выполняемые операции: загрузку отдозированных компонентов (вяжущих, заполнителей и воды) в смесительную машину, перемешивание компонентов и выгрузку готовой смеси.

Смесители классифицируют по способу перемешивания, режиму работы и способу установки (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Классификация смесительных машин

Типы смесительных машин	По способу перемешивания	гравитационные (барабанные)
		принудительного действия (лотковые и тарельчатые)
	По режиму работы	циклические
		непрерывного действия
	По мобильности	передвижные
		стационарные
		инвентарные

Из всего парка смесительных машин, находящихся в эксплуатации, примерно $\frac{3}{4}$ занимают барабанные (гравитационные) смесители, а остальная часть падает на тарельчатые и лотковые смесители (принудительного действия).

Главным параметром смесительных машин циклического действия является объем готового замеса (л), выданный за один цикл работы, смесителей непрерывного действия – объем готовой продукции (м^3), выдаваемый машиной за 1 ч.

Циклический гравитационный бетоносмеситель (рис. 7.1) состоит из смесительного барабана, загрузочного ковша, водяного дозировочного бака, привода смесителя и системы управления им. В смесительном барабане, вращающемся вокруг горизонтальной или наклонной оси, компоненты смеси перемешиваются лопастями, расположенными на внутренней поверхности барабана, за счет подъема и последующего падения под действием силы тяжести частиц.

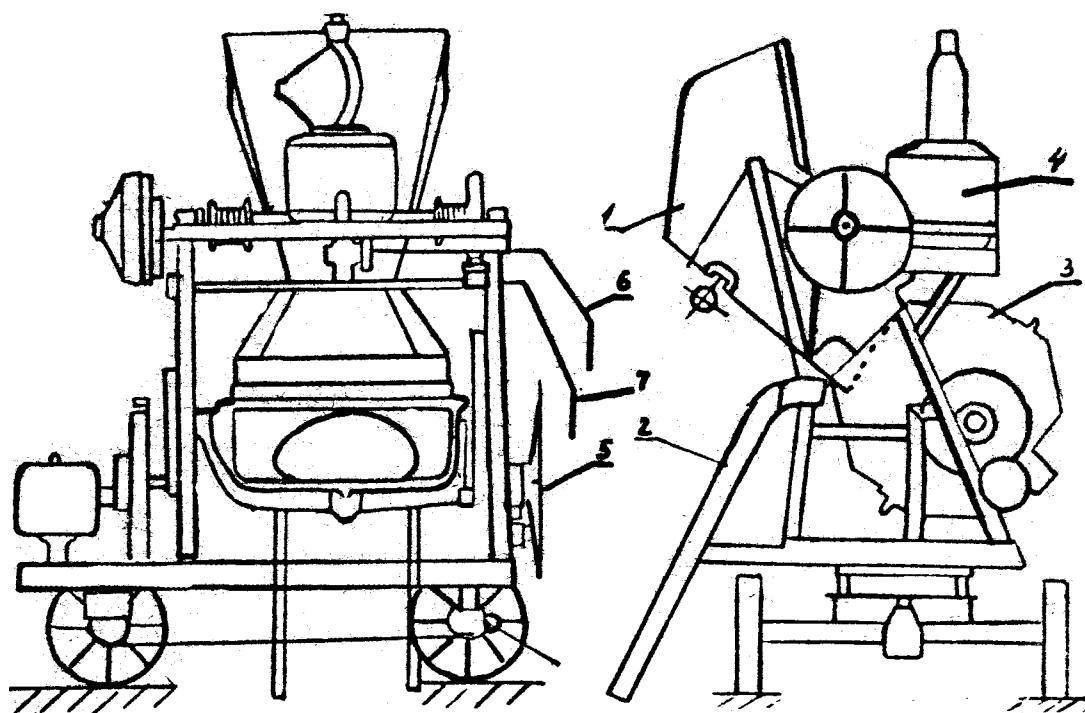


Рис. 7.1. Бетоносмеситель циклического действия гравитационный

1 – загрузочный ковш; 2 – направляющие ковша; 3 – смесительный барабан; 4 – водяной дозировочный бак; 5 – ручной штурвал; 6 – рукоятка управления водяным баком; 7 – рычаг управления подъемным механизмом

Смесители принудительного действия оснащены лопастными валами, вращающимися внутри смесительной емкости. В настоящее время широкое распространение получили роторные смесители с вертикальными валами, работающие с повышенными скоростями рабочих органов.

Смесители непрерывного действия также выполняют с гравитационным и с принудительным перемешиванием. Учитывая высокую производительность (до $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ и более) эти машины используются на стационарных смесительных установках (заводах товарного бетона и раствора).

В зависимости от назначения, мощностей и особенностей объектов-потребителей смесей различают стационарные постоянно действующие заводы, выпускающие товарные смеси, приобъектные установки, создаваемые на срок строительства объекта, инвентарные и передвижные установки.

Стационарные циклические гравитационные бетоносмесители классифицируют по технологической схеме компоновки оборудования (высотные и двухступенчатые). При высотной (одноступенчатой) схеме

исходные компоненты поднимают на высоту установки, после чего они по технологической цепочке движутся вниз только под действием силы тяжести. При двухступенчатой схеме компоненты смеси поднимают сначала в расходные бункера, а затем, после дозирования, – в смеситель.

На современных стационарных установках и заводах большинство основных технологических операций автоматизировано (рис. 7.2).

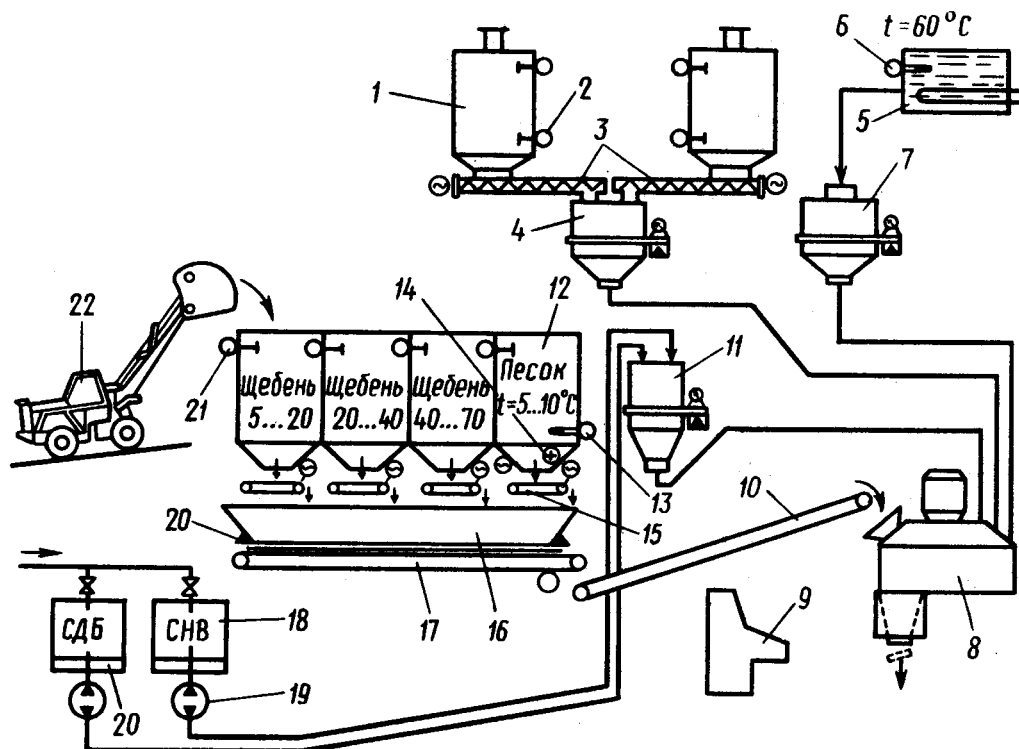


Рис. 7.2. Технологическая схема автоматизированной двухступенчатой бетоносмесительной установки

1 – силос цемента; 2 – датчик контроля уровня цемента; 3 – питатель винтовой; 4 – дозатор цемента; 5 – бойлер горячей воды; 6 – датчик контроля температуры воды; 7 – дозатор воды; 8 – бетоносмеситель;

9 – пульт управления; 10 – конвейер наклонный; 11 – дозатор жидких химических добавок; 12 – блок бункеров заполнителей; 13 – датчик контроля температуры заполнителей; 14 – датчик контроля влажности песка; 15 – ленточный питатель; 16 – взвешивающее устройство тензометрическое; 17 – горизонтальный разгрузочный конвейер;

18 – емкости для жидких химических добавок; 19 – насос подачи добавок; 20 – тензодатчик; 21 – датчик контроля верхнего уровня заполнителей; 22 – автопогрузчик

Агрегаты **инвентарных смесительных установок** объединены в блоки, размеры которых не превышают ограничений на транспортные

габариты. Блоки приспособлены к быстрому монтажу, демонтажу и погрузке на транспортные средства.

Современные **передвижные смесительные машины** монтируются на прицепных или полуприцепных пневмоколесных шасси, что обеспечивает их высокую мобильность. В настоящее время различными предприятиями в странах СНГ выпускаются передвижные бетоносмесители циклического действия серий: СБ, СБР, БСГ, БГ (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Техническая характеристика передвижных и мобильных циклических гравитационных бетоносмесителей

Индекс	Объем готового замеса, л	Емкость по загрузке, л	Время перемешивания, с	Мощность, кВт	Масса, т
СБ-100	65	100	100...200	0,7...1,1	145
СБ-160	100	160	100...200	0,7...1,1	150
СБ-200	130	200	100...200	0,7...1,1	155
СБ-250Ц	160	250	180	1,5	150
СБ-500М	330	500	60...90	9,9	1650
СБР-125Н	80	125	60...90	0,37	65
СБР-150	105	145	60...90	0,55	95
СБР-170	135	170	60...90	0,55	98
СБР-260	200	260	60...90	0,75	160
СБР-320	265	320	60...90	1,5	350
СБР-430	360	430	60...90	1,5	360
БСГ-60	40	60	80...100	1,1	67
БСГ-80	60	80	80...100	1,1	70
БСГ-100	75	100	60...100	1,1	75
БГ-90	70	90	110	0,55	75
БГ-120	95	120	120	0,75	85
БГ-170	135	170	120	1,1	140
БГ-280	230	280	110	1,5	180

Передвижные бетоносмесители предназначены для приготовления подвижных бетонных смесей с крупностью заполнителя до 70 мм и применяются на строительных объектах с небольшим и средним расходом бетона.

Техническая производительность бетоносмесителей циклического действия определяется по формуле

$$P_T = 3,6 V_3 f / T_{\text{ц}}, \quad (7.1)$$

где V_3 – емкость барабана смесителя, л (по загрузке); f – коэффициент выхода готовой смеси, $f = 0,65$; $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, с,

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3, \quad (7.2)$$

где t_1 – время загрузки барабана (15...30 с); t_2 – время перемешивания

смеси (60...200 с); t_3 – время разгрузки барабана, включая возврат в исходное положение (20...50 с).

Эксплуатационная часовая производительность бетоносмесителя составляет

$$П_э = K_в П_т, \quad (7.3)$$

где $K_в$ – коэффициент использования бетоносмесителя по времени смены ($K_в = 0,85...0,9$).

Удельная энергоемкость приготовления смеси E , кВт·ч/м³ составляет:

$$E = N(0,5t_1 + t_2 + 0,5t_3) / 3,6V_{см}, \quad (7.4)$$

где N – мощность бетоносмесителя, кВт; $V_{см}$ – объем барабана по готовому замесу, л; t_1, t_2, t_3 – продолжительность операций цикла, с (см. формулу 7.2).

7.2. Дозаторы

Устройства для отмеривания количества составляющих перед поступлением их в смеситель называют *дозаторами*. По методу дозирования различают дозаторы объемные и весовые. Последние имеют наибольшее применение, так как обеспечивают более точное дозирование материала. Объемные дозаторы используют в основном для дозирования воды. Классификация современных дозаторов приведена в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Классификация дозаторов

Типы дозаторов	По принципу действия	Циклические (порционные)
		Непрерывного действия
	По способу дозирования	Объемные
		Весовые
		Объемно-весовые
	По числу дозируемых компонентов	Однокомпонентные
		многокомпонентные
	По способу управления	С ручным управлением
		Дистанционные
		Автоматические
	По роду дозируемого материала	Для заполнителей (ДИ)
		Для цемента (ДЦ)
		Для воды (ДВ)
		Для химических добавок (ДД)

Работа *весового дозатора циклического действия* основана на определении силы тяжести (взвешивании) дозируемого материала. Дозаторы состоят из загружаемого бункера, подвешенного к рычагам (коромыслам), взвешивающего устройства, весового механизма и механизмов управления загрузкой, отсечкой момента равновесия и выгрузки. Полуавтоматическая и автоматическая работа дозаторов (рис.

7.2) основана на включении электрического тока в систему автоматически в момент, определенный положением магнитно-ртутных переключателей или фотореле, зависящих от поворота стрелки циферблатного указателя весового прибора.

Весовые дозаторы непрерывного действия представляют собой какой-либо питатель или сочетание питателей, в которых автоматически с требуемой точностью поддерживается заданная производительность. Независимо от конструктивных особенностей дозаторы непрерывного действия включают в себя питатель, измерительное устройство производительности и САР (систему автоматического регулирования).

7.3. Бетононасосы и автобетононасосы

Бетононасосное оборудование представляет собой комплект устройств для транспортирования бетонных смесей по трубам к месту укладки и ее распределения. В состав комплекта входит собственно бетононасос, набор труб и распределительные механизмы – манипуляторы. Бетононасосы классифицируют по режиму работы, по типу привода, по мобильности (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Классификация бетононасосных установок

Типы бетононасосов	По режиму работы (способу подачи бетонной смеси)	с периодической подачей
		с непрерывной подачей
	По типу привода	механические
		гидравлические
	По мобильности	стационарные
		прицепные
		автобетононасосы

Автобетононасос (рис. 7.3) – это гидравлический бетононасос, смонтированный на автомобиле и оснащенный секционной гидравлически управляемой манипуляционной стрелой. По стреле, состоящей обычно из трех шарнирно сочлененных секций, проходит подключенный к бетононасосу бетоновод, заканчивающийся рукавом.

Бетонная смесь из автобетоносмесителя подается в приемный бункер (воронку) автобетононасоса, откуда направляется к двум бетонотранспортным цилиндрам, поршни которых получают синхронное движение во взаимно противоположных направлениях от индивидуальных рабочих гидроцилиндров, осуществляя попеременно всасывание смеси из воронки и нагнетание ее в бетоновод. Синхронная работа гидроцилиндров обеспечивается клапано-распределительным устройством, включающим вертикальные и горизонтальные заслонки для перекрытия соответственно нагнетательного и впускного отверстий в крайних положениях поршней.

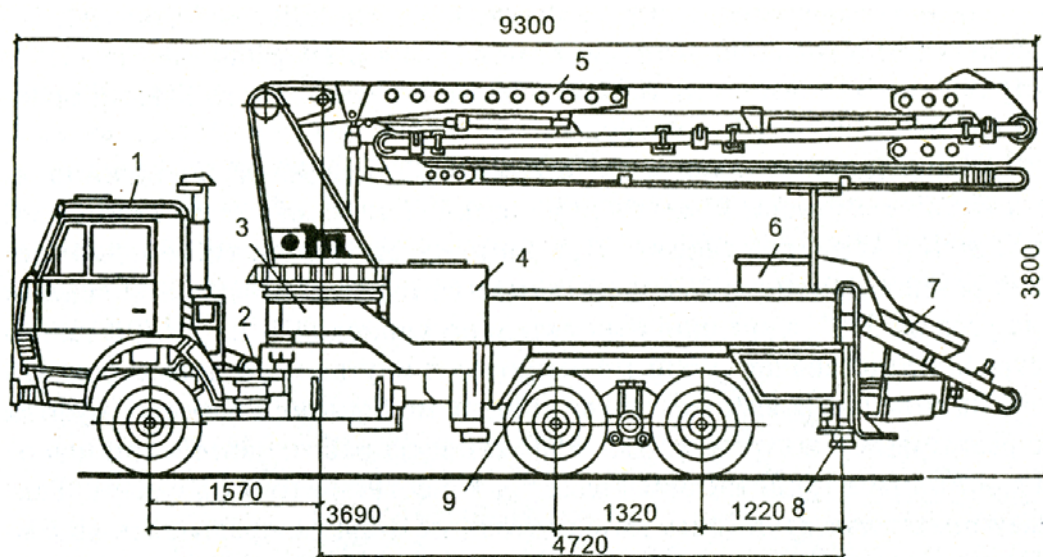


Рис. 7.3. Автобетононасос АБН-65/21

1 – автомобиль КамАЗ-53215; 2 – коробка отбора мощностей; 3 – выносная опора; 4 – гидробак; 5 – распределительная стрела; 6 – бак для воды; 7 – приемная коробка; 8 – гидроцилиндр выносных опор; 9 – рама

Техническая характеристика автобетононасосов приведена в табл. 7.4 и 7.5.

Таблица 7.4

Техническая характеристика отечественных автобетононасосов

Показатель	АБН 65/21	АБН 75/21	АБН 75/32	АБН 80/20
Базовое шасси	КамАЗ-53215	КамАЗ-53229	КамАЗ-53229	КрАЗ-250
Производительность максимальная (подача), м ³ /ч	65	75	75	80
Вместимость приемного бункера, м ³	0,6	0,7	0,7	0,4
Высота подачи бетонной смеси (максимальная), м	21	21	32	20
Установленная мощность, кВт	95	125	125	176
Габаритные размеры, мм:				
длина	10000	10300	10450	9887
ширина	2500	2500	2500	2500
высота	3800	3800	3800	3700
Масса конструктивная, кг	16500	24000	24000	19750
Рабочая температура окружающего воздуха, °С	+40...-5	+40...-40	+40...-40	+40...-5

Таблица 7.5

Техническая характеристика автобетононасосов зарубежных фирм

Модель	Показатель		
	Подача, м ³ /ч	Высота подачи, м	Вместимость приемного бункера, м ³
BP-60 «Штеттер» (ФРГ)	60	80	0,4
K-60 «Шееле» (ФРГ)	50	90	0,35
BPF1408 «Путцмайстер» (ФРГ)	80	60	0,5
BRL1200HE «Швинг» (ФРГ)	75/116	100	0,5
BPF80 «Вибау»	72	50	0,35
WR-74 «Вортингтон» (Италия)	46	80	0,7

Главным параметром автобетононасосов является *объемная подача* (производительность) в м³/ч. В технической характеристике машины приводится расчетно-конструктивная (максимальная) производительность $P_{\max}$.

Эксплуатационная часовая производительность автобетононасоса P_3 определяется как

$$P_3 = P_{\max} K_{\text{и}}, \quad (7.5)$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования максимальной подачи автобетононасоса ($K_{\text{и}} = 0,4 \dots 0,6$).

Автобетононасос (АБН) конструктивно приспособлен к работе в комплекте с автобетоносмесителями (АБС), количество которых $N_{\text{АБС}}$ составляет:

$$N_{\text{АБС}} = P_{\text{АБН}} / P_{\text{АБС}}, \quad (7.6)$$

где $P_{\text{АБН}}$ – эксплуатационная часовая производительность автобетононасоса, м³/ч; $P_{\text{АБС}}$ – то же, автобетоносмесителя.

Среднечасовая эксплуатационная производительность автобетоносмесителя $P_{\text{АБС}}$ равна:

$$P_{\text{АБС}} = 60 q K_{\text{в}} / T_{\text{ц}}, \quad (7.7)$$

где q – объем смеси, перевозимой за один рейс автобетоносмесителя, м³; $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла автобетоносмесителя, мин.:

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (7.8)$$

где t_1 – время загрузки бетонной смеси; t_2 – продолжительность рейса в грузовом направлении; t_3 – продолжительность обработки доставленной за один рейс бетонной смеси, мин; t_4 – продолжительность рейса порожняком, мин; t_5 – время на очистку, промывку, обслуживание машины, отнесенное к одному рейсу, мин.

Условно считают, что

$$t_2 = t_4 = 60L / v_{\text{ср}}, \quad (7.9)$$

где L – средняя дальность транспортирования бетонной смеси, км; $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения машины (груженого хода – 30 км/ч; порожнего – 50 км/ч).

Время на обработку доставленной за один рейс бетонной смеси t_3 можно подсчитать по формуле

$$t_3 = 60 q K_n / \Pi_3, \quad (7.10)$$

где q – объем бетонной смеси, перевозимой автобетоносмесителем за один рейс, м^3 ; K_n – коэффициент неравномерности подачи бетонной смеси ($K_n = 1,15 \dots 1,25$); Π_3 – эксплуатационная производительность автобетононасоса, $\text{м}^3/\text{ч}$.

7.4. Оборудование для уплотнения бетонной смеси

Для уплотнения и разравнивания бетонной смеси в процессе ее укладки, а также в качестве побудителей при разгрузке материалов из бункеров, бадей и транспортных средств применяют различные типы вибраторов.

Вибраторы, применяемые для уплотнения бетонной смеси, классифицируют (табл. 7.6) по способу воздействия на бетонную смесь, виду используемой энергии, способу возбуждения колебаний и диапазону вибрационных параметров (частоте и амплитуде колебаний).

Таблица 7.6

Схема классификации вибраторов для уплотнения бетонной смеси

Типы вибраторов	По способу воздействия на бетонную смесь	глубинные (внутренние)
		поверхностные
		наружные
	По виду используемой энергии	электрохимические
		электромагнитные
		пневматические
		гидравлические
	По способу возбуждения колебаний	колебательные (возвратно-поступательные)
		вращательные (дебалансные)
	По диапазону частоты и амплитуды колебаний	низкочастотные (3500 мин^{-1} ; 3 мм)
		среднечастотные ($3500 \dots 9000 \text{ мин}^{-1}$; 1,5 мм)
		высокочастотные ($10000 \dots 20000 \text{ мин}^{-1}$; 1...0,1 мм)

В строительстве наибольшее распространение получили электрические и пневматические глубинные и поверхностные вибраторы с круговыми (вращательными) колебаниями. По сравнению с электрическими пневматические вибраторы применяются реже, так как они нуждаются в компрессорной установке и при работе издадут 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.

Глубинные вибраторы применяют для уплотнения бетонной смеси в армированных конструкциях. Диаметр рабочей части вибратора должен быть в 1,5 раза меньше расстояния между стержнями арматуры. Глубинные электромеханические вибраторы подразделяют на вибраторы с встроенным электродвигателем (булавы) и вибраторы с вынесенным электродвигателем и гибким валом.

Глубинные ручные дебалансные электромеханические вибраторы-булавы (рис. 7.4, а) со встроенным электродвигателем имеют единую конструктивную схему. Корпус вибробулавы представляет собой герметически закрытый стальной цилиндр, внутри которого размещен электродвигатель и дебалансный вибрационный механизм. Сверху на корпус навинчена крышка с трубчатой штангой, разрезанной на две части с целью установки резинового амортизатора, предохраняющего руки рабочего от вредного воздействия вибрации. Питание к двигателю подводится электрокабелем, расположенным в трубчатой штанге.

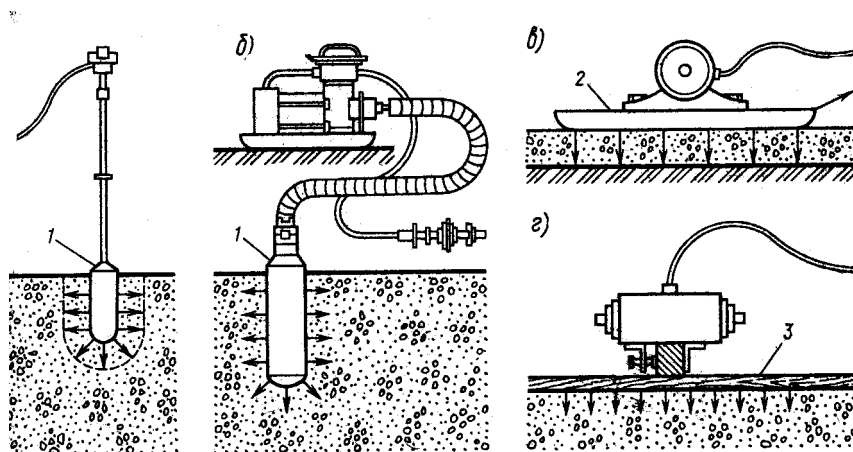


Рис. 7.4. Вибраторы

1 – корпус; 2 – площадка; 3 – опалубка

Глубинный вибратор с вынесенным двигателем и гибким валом (рис. 7.4, б) состоит из асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, гибкого вала и сменных возбудителей колебаний. Электродвигатель с охлаждением наружным обдувом установлен на подставке корытообразной формы. От вала электродвигателя соединительной муфтой вращение передается промежуточному валу, установленному в подшипниках корпуса-наконечника.

Поверхностные (площадочные) вибраторы передают колебания уложенной массе бетона через корытообразную прямоугольную плиту-площадку (рис. 7.4, в). Их применяют при бетонировании перекрытий, полов, сводов и других конструкций толщиной не более 0,25 м. В качестве *вибровозбудителей* поверхностных вибраторов применяют *дебалансные*

вибраторы общего назначения с круговыми колебаниями и встроенным электродвигателем. К поверхностным вибраторам относятся также **виброрейки**, имеющие более удлиненное основание, на которое устанавливают несколько вибровозбудителей, соединенных между собой валами.

Наружные вибраторы (рис. 7.4, г) передают колебания уплотняемой смеси через опалубку или форму, к которым прикрепляются снаружи с помощью специальных крепежных устройств. Такие вибраторы применяют при бетонировании тонких густоармированных конструкций, изготовлении сборных железобетонных элементов в заводских условиях и для побуждения выгрузки сыпучих и вязких материалов.

Техническая характеристика глубинных и поверхностных вибраторов приведена в табл. 7.7.

Таблица 7.7

Техническая характеристика глубинных и поверхностных вибраторов

Показатель	Вибробулавы			Вибраторы с гибким валом				Поверхностный вибратор ИВ-91А
	ИВ-78	ИВ-102А	ИВ-103	ИВ-75	ИВ-113	ИВ-116А	ИВ-117А	
Размеры рабочего органа:								площадка 550×950 мм
диаметр, мм	50	75	114	28	38	76	51	
длина, мм	412	440	480	410	410	430	410	
Частота колебаний, Гц	200	200	100	330	330	210	285	50
Мощность, кВт	0,27	0,8	0,8	0,75	0,75	1,0	0,75	0,8
Масса, кг	10	15	24	5,5	11	11	11	46

Тип вибратора назначают в зависимости от характера бетонируемой конструкции и степени ее армирования, а также условий укладки и консистенции бетонной смеси. Укладку и уплотнение бетонной смеси производят слоями, толщина которых должна быть согласована с характеристиками вибратора. Так толщина слоя, уплотняемого ручными глубинными вибраторами, не должна превышать 1,25 длины рабочего органа (вибронаконечника). Для поверхностного вибратора ИВ-91А предельная толщина слоя при однорядном армировании – 25 см; при двойном – 12 см.

Техническая производительность глубинного вибратора определяется по формуле

$$П_T = 3600 \pi R^2 H k_n / (t_1 + t_2), \quad (7.11)$$

где $R = (5...6)D_n$ – радиус действия вибратора, м; D_n – диаметр рабочего

органа вибратора, м; H – толщина прорабатываемого слоя уложенной бетонной смеси, м; k_n – коэффициент перекрытия зон вибрирования ($k_n = 0,7$); t_1 – оптимальная продолжительность вибрирования на одной позиции, с (табл. 7.8); t_2 – время перестановки вибратора с одной позиции на другую, с ($t_2 = 5 \dots 15$ с). В технологических расчетах рекомендуется толщину слоя H принимать равной:

$$H = L_p - (0,05 \dots 0,1), \quad (7.12)$$

где L_p – длина рабочего органа вибратора, м.

Техническая производительность поверхностного вибратора составляет

$$P_T = F \delta k_n / (t_1 + t_2), \quad (7.13)$$

где F – рабочая площадь основания вибратора m^2 (для вибратора ИВ-91А $F = 0,55 \times 0,95 \approx 0,5 m^2$); δ – толщина конструкции, м (не должна превышать 0,25 м); k_n – коэффициент перекрытия ($k_n = 0,9$); t_1, t_2 – см. выше.

Таблица 7.8

Продолжительность вибрирования бетонной смеси на одной стоянке вибратора, с

Подвижность бетонной смеси, м	Время обработки бетонной смеси, с, вибратором	
	глубинным	поверхностным
0	40	50
1...3	35...30	45...36
4...8	29...25	36...30
9...12	24...20	29...25
13...15	19...17	24...20

Эксплуатационная производительность вибратора $P_э$, $m^3/ч$, равна

$$P_э = K_B P_T, \quad (7.14)$$

где K_B – коэффициент использования вибратора по времени в течение смены, $K_B = 0,75 \dots 0,85$.

При выборе типа вибратора необходимо обеспечить выполнение условия:

$$P_э \geq N_{зв} / H_{вр}, \quad (7.15)$$

где $H_{вр}$ – норма затрат труда на $1 m^3$ уложенного бетона по (ЕНиР-4-1), чел-ч; $N_{зв}$ – численность звена бетонщиков, чел.

7.5. Контрольные вопросы к разделу 7

1. Из каких компонентов приготавливают бетонные смеси и строительные растворы? Какие типы машин и оборудования используют для этого?

2. Приведите классификацию смесителей и назовите предпочтительные объекты их применения?

3. Назовите основные типы смесителей циклического действия, опишите их устройство и принцип действия.

4. Назовите основные типы и объекты применения смесителей непрерывного действия. Опишите их устройство и принцип действия.

5. Назовите типы смесительных установок и приведите их классификацию. Каковы особенности высотной и двухступенчатой технологических схем? Как определяется производительность бетоносмесительной установки?

6. Как классифицируются дозаторы? Чем они различаются по функциональным и конструктивным признакам? Для дозирования каких компонентов и в каких условиях их применяют?

7. Как устроен и как работает весовой дозатор циклического действия? Объясните схемы устройства и принцип работы дозаторов непрерывного действия.

8. Какие задачи решаются благодаря использованию автоматических систем управления оборудованием и установками для приготовления бетонных смесей и строительных растворов? Что является элементной базой современных автоматических технологических систем? Приведите классификацию автоматических систем по алгоритму управления и назначения.

9. Назовите состав бетононасосных установок. Какие существуют конструкции бетононасосов? Каковы назначение и устройство автобетононасосов. Как определяется производительность автобетононасоса?

10. Какими способами уплотняют бетонную смесь? Приведите классификацию вибраторов для уплотнения бетонных смесей. Каковы принципы их действия и меры безопасности при их применении?

11. Для чего предназначены, как устроены и как работают глубинные вибраторы? Как выбирают тип глубинного вибратора и определяют его производительность?

12. Для чего предназначены, как устроены и как работают поверхностные вибраторы? Как определяют производительность поверхностных вибраторов?