

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**КАЗАХСКАЯ ГОЛОВНАЯ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ**

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ

Мауленов Ж.К.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине «**Строительные машины и оборудование**»
для студентов строительных специальностей



Алматы 2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКАЯ ГОЛОВНАЯ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ

Мауленов Ж.К.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине **«Строительные машины и оборудование»**
для студентов строительных специальностей

Алматы 2012

УДК 621.878(075)

Мауленов Ж.К., доктор техн. наук, акад. проф. КазГАСА

Конспект лекций по дисциплине «Строительные машины и оборудование» для студентов строительных специальностей. – Алматы: КазГАСА, 2012. – 153 с.

Пособие предназначено для студентов строительных, механических и транспортных специальностей вузов. Лекционный материал распределен по отдельным темам, эти темы разделены на лекции, каждая из которых на 2 часа изложения. Построение каждой лекций соответствует схеме: определение, их назначение, принцип действия, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, и область применения.

Лекционный материал данного курса в рукописном виде на протяжении ряда лет читался автором для студентов указанных специальностей, непрерывно совершенствуясь и обновляясь.

Рекомендовано к изданию Научно-методическим советом Факультета общего строительства, протокол № _____ от «__» _____ 20__ г.

Печатается по плану издания Казахской головной архитектурно-строительной академии на 2011-2012 уч. год.

Рецензент: Кашкинбаев И.З., доктор техн. наук, акад. проф. КазГАСА

©Казахская головная
архитектурно-строительная
академия, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
I. ЛЕКЦИЯ №1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ	8
1.1. Механизация строительства и основные показатели оценки её уровня.....	8
1.2. Комплексная механизация.....	9
1.3. Автоматизация строительных процессов.....	10
1.4. Строительные машины: основные понятия и определения.....	10
1.5. Параметры машины. Типоразмер и модель. Индекс машины.....	11
1.6. Общая классификация строительных машин.....	12
1.7. Структура строительной машины.....	15
1.8. Производительность строительной машины.....	15
II. ЛЕКЦИЯ №2 ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ	18
2.1. Общая характеристика строительного транспорта.....	18
2.2. Грузовые автомобили и автопоезда.....	20
2.3. Тракторы.....	27
2.4. Пневмоколесные тягачи.....	29
III. ЛЕКЦИЯ №3 ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ	32
3.1. Ленточные и пластинчатые конвейеры.....	32
3.2. Ковшовые конвейеры и подъемники непрерывного действия.....	34
3.3. Винтовые конвейеры.....	37
3.4. Вибрационные конвейеры и виброжелобы.....	38
3.5. Установки для пневматического транспортирования материалов.....	39
IV. ЛЕКЦИЯ № 4 ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ	41
4.1. Погрузочно-разгрузочные машины.....	41
V. ЛЕКЦИЯ №5 ГРУЗОПОДЪЁМНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ	48
5.1. Общие сведения.....	48
5.2. Полиспасты.....	49
5.3. Лебёдки.....	51
5.4. Строительные подъемники.....	53
VI. ЛЕКЦИЯ №6	55
6.1. Краны.....	55
6.1.1. Общие сведения о кранах.....	55
6.1.2. Стреловой полноповоротный переносной кран.....	56
6.1.3. Башенные краны.....	57
VII. ЛЕКЦИЯ №7	63
7.1. Гусеничные краны.....	63
7.2. Пневмоколесные краны.....	64
7.3. Автомобильные краны.....	65
7.4. Краны пролётного типа.....	66
7.5. Нагрузки, действующие на кран.....	70

7.6. Устойчивость кранов.....	70
7.7. Устройства безопасности.....	73
7.8. Технический надзор и испытания кранов в процессе их эксплуатации.....	73
VIII. ЛЕКЦИЯ №8 МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ.....	76
8.1. Общие сведения о машинах для земляных работ.....	76
8.2. Характеристика и условия применения машин для земляных работ.....	76
8.2.1. Общие сведения о земляных работах и сооружениях.....	76
8.2.2. Особенности производства земляных работ.....	77
8.3. Классификация машин для земляных работ.....	77
8.4. Физико-механические свойства грунтов и классификация грунтов по трудности разработки.....	78
IX. ЛЕКЦИЯ № 9 ОДНОКОВШОВЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ.....	82
9.1. Общие сведения об одноковшовых экскаваторах.....	82
9.2. Классификация одноковшовых экскаваторов.....	82
9.3. Индексация одноковшовых экскаваторов.....	83
9.4. Основные виды рабочего оборудования.....	85
9.5. Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом.....	88
9.6. Экскаваторы-планировщики.....	91
9.7. Неполноповоротные гидравлические экскаваторы.....	92
9.8. Определение производительности и пути ее повышения.....	94
X. ЛЕКЦИЯ № 10 ЭКСКАВАТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ...96	96
10.1. Общие сведения, классификация и индексация.....	96
10.2. Цепные траншейные экскаваторы.....	98
10.3. Траншейные роторные экскаваторы.....	99
10.4. Определение производительности.....	101
XI. ЛЕКЦИЯ № 11 ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ.....103	103
11.1. Землеройно-транспортные машины.....	103
11.2. Бульдозеры.....	103
11.3. Скреперы.....	107
11.4. Автогрейдеры.....	109
11.5. Грейдер-элеватор.....	112
XII. ЛЕКЦИЯ № 12 МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ	115
12.1. Оборудование для свайных работ.....	115
12.2. Свайные молоты.....	115
12.3. Вибропогружатели, вибромолоты и шпунтовывдергиватели.....	116
12.4. Копры и самоходные копровые установки.....	117
12.5. Машины и оборудование для устройства буронабивных свай.....	118
МАШИНЫ ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.....119	119
12.6.1. Кусторезы.....	120
12.6.2. Древовалы.....	121
12.6.3. Корчеватели и корчеватели-собиратели.....	121
12.6.4. Рыхлители.....	122

ХІІІ. ЛЕКЦІЯ № 13 ДРОБИЛЬНОЕ И ПОМОЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	125
13.1 Классификация дробильного и помольного оборудования.....	125
13.2. Дробилки.....	126
13.3. Мельницы.....	128
13.4. Общие сведения о процессе сортировки.....	129
13.5. Грохоты.....	129
13.6. Моечные машины.....	131
ХІV. ЛЕКЦІЯ № 14 МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ.....	133
14.1. Смесители цементобетонных смесей и растворов.....	133
14.2. Оборудование для транспортирования бетонных смесей и растворов.....	134
14.3. Общие сведения о машинах для распределения и уплотнения цементобетона и отделки его поверхности.....	137
14.4. Рельс-формы.....	137
14.5. Распределители цементобетона.....	138
14.6. Бетонотделочные машины.....	140
14.7. Нарезчики швов.....	141
14.8. Оборудование для уплотнения бетонных смесей.....	141
ХV. ЛЕКЦІЯ № 15 РУЧНЫЕ МАШИНЫ.....	145
15.1. Общие сведения о ручных машинах.....	145
15.2. Пневматические ручные машины.....	146
15.3. Электрические ручные машины.....	148
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН.....	151
ОСНОВНАЯ РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	153

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное и гражданское строительство (ПГС) ведётся путём выполнения определённых строительных технологических процессов, которые осуществляются за счёт широкой механизации, а в некоторых строительных отраслях и за счёт автоматизации и роботизации, современных строительных процессов. Комплекс машин, обеспечивающий процесс механизации строительства, получил название «Строительные машины».

Процесс изучения дисциплины «Строительные машины» включает в себя изучение устройства, принципа действия, основных параметров строительных машин и приобретение начальных навыков расчётно-исследовательской работы по тематике строительных машин и их составных частей.

Современное строительство является одной из наиболее механизированных сфер человеческой деятельности.

Строительные машины используются на всех этапах строительного производства:

1. – в карьерной добыче строительных материалов (песка, гравия, глины, мела и т. п.);
2. – в изготовлении строительных элементов заводским способом (железобетонных, металлических, деревянных и других);
3. – на погрузке, разгрузке и транспортировке материалов и строительных конструкций;
4. – в технологических процессах возведения зданий и сооружений, строительстве дорог, подземных коммуникаций, объектов гидротехнического, энергетического и других видов строительства (от работ освоения строительных площадок и нулевого цикла до завершающих стадий отделочных и т. п. работ).

Строительные машины являются также средствами механизации ремонтных и восстановительных работ.

Задачи современного развития механизации строительства.

1. В сфере повышения эффективности машинного строительного производства: создание комплексов машин, обеспечивающих наиболее высокую выработку строительной продукции при минимальных затратах на ее создание.
2. В социальной сфере: обеспечение комфортных условий обслуживающему персоналу, широкое внедрение автоматических систем управления с целью облегчения труда человека-оператора и повышения качества строительных работ.

Весь строительный цикл (от создания проекта строительного объекта до его реализации) представляет собой комплекс взаимно увязанных составных частей, включая механизированную технологию и строительные машины как средства ее обеспечения.

Для эффективного решения строительных задач каждый участник строительного процесса должен быть, прежде всего, специалистом в своей узкой области и на познавательном уровне быть способным оценивать влияние на

нее смежных частей указанного комплекса. Например, для специалиста-строителя в отношении строительных машин это означает, прежде всего, способность ориентироваться в технологических возможностях различных моделей машин определенного назначения для оптимального комплектования ими (по номенклатуре и по количественному составу) технологических процессов в заданных производственных условиях.

ЛЕКЦИЯ № 1

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

1.1. Механизация строительства и основные показатели оценки её уровня

Строительные технологические процессы выполняют преимущественно с использованием машин, которые обеспечивают высокую производительность труда и сравнительно низкую стоимость строительной продукции, благодаря чему сокращаются сроки строительства и снижаются связанные с этим затраты. В то же время некоторые операции технологических процессов выполняются вручную, в основном из-за нецелесообразности их механизации.

Строительные процессы, в которых заняты машины, называют механизированными, а их обеспеченность машинами – механизацией строительства.

Механизация может быть полной и частичной.

При полной механизации все операции строительного процесса выполняются машинами, а при частичной на отдельных операциях используется ручной труд.

В механизации строительства существует также понятие малой механизации с использованием ручных машин, механизмов, приспособлений и оснастки, упрощающих и облегчающих ручной труд и повышающих его производительность.

Одни и те же виды строительных работ могут быть выполнены различными типами и моделями машин. При выборе оптимальных средств механизации для наиболее эффективного выполнения строительных работ ориентируются на показатели механизации, наиболее существенными из которых являются:

1) производительность труда на одного рабочего, численно равная отношению общего объема работ, выполненных в течение смены, к общему числу рабочих, занятых на этих работах;

2) стоимость единицы продукции, равная сумме всех затрат в денежном эквиваленте, связанных с ее производством;

3) доля ручного труда, оцениваемая отношением объема или стоимости работ, выполненных вручную, к общему объему (стоимости) работ или отношением количества рабочих, занятых на ручных работах, к общему их количеству.

Эффективность механизации строительства будет тем выше, чем больше первый показатель и чем ниже два другие.

Наиболее полно уровень механизации можно оценить стоимостью единицы продукции, которая комплексно учитывает все издержки строительного производства, или с помощью удельных приведенных затрат.

В случае использования в строительном процессе только одной машины с годовой эксплуатационной производительностью Π_3 , удельные приведенные затраты:

$$Z_{yd} = \frac{Z}{\Pi_3},$$

где Z – годовые эксплуатационные приведенные затраты:

$$Z = C + E K;$$

C – текущие затраты, равные себестоимости годового объема продукции машины;

K – единовременные капитальные вложения на покупку машины;

E – коэффициент эффективности капитальных вложений, зависящий от срока службы машины и составляющий от 0,1 до 0,2 (срок службы: 10...5 лет) для крупных машин.

Если в строительном процессе занято несколько машин, то при расчете приведенных затрат под величиной Z понимают суммарные годовые приведенные затраты, а под Π_3 – их суммарную годовую производительность. Более высокой эффективности применения машин соответствуют меньшие удельные затраты.

1.2. Комплексная механизация

Строительные работы делятся на технологические процессы, а они, в свою очередь, на операции, выполняемые или последовательно (цикличные процессы), или одновременно (непрерывные процессы).

В случае разнообразных технологических операций для их выполнения применяют различные машины, согласованные между собой по производительности, и в совокупности образующие комплект.

Примером может служить комплект машин, состоящий из экскаватора, разрабатывающего грунт в котловане, и нескольких самосвалов, занятых вывозкой разработанного грунта.

Наиболее высокой формой механизации строительных работ является комплексная механизация, при которой все основные и вспомогательные тяжелые и трудоемкие операции и процессы выполняются комплексно с помощью машин, механизмов и оборудования.

Уровень комплексной механизации строительных работ оценивают процентным отношением объема работ, выполненных комплексно-механизированным способом, к общему объему работ.

Кроме того, для сравнительной оценки эффективности комплексной механизации используют также показатели:

1. механовооруженность труда – стоимость занятых в технологическом процессе машин, приходящаяся на одного рабочего;

2. энерговооруженность труда – количество энергии, потребляемой в процессе выполнения строительных работ, приходящееся на один отработанный человеко-час или на одного рабочего.

1.3. Автоматизация строительных процессов

Автоматизированными называют технологические процессы, в которых заняты машины, оснащенные устройствами, обеспечивающими выполнение строительных работ без оперативного вмешательства человека.

В этом случае говорят об автоматизированной машине или автоматизированном комплексе.

Автоматизацию называют полной (комплексной), если все основные и вспомогательные процессы управления автоматизированы так, что заданная производительность и качество продукции обеспечиваются без вмешательства человека, за которым остается только функция наблюдения за работой специальных устройств.

Из этого следует, что путь к комплексной автоматизации лежит через комплексную механизацию строительных процессов.

Для предупреждения запредельных режимов работы машин, включая аварийные ситуации, применяют автоматические устройства. Такие устройства могут выполнять только сигнальные функции – выдавать световую, звуковую и иную информацию управляющему работой машины оператору (машинисту), предвещая экстремальные ситуации, или блокировать отдельные органы управления.

Важным направлением применения автоматических устройств является автоматический учет и контроль над работой строительных машин или строительных процессов в целом, что создаёт надёжную, постоянно действующую связь между отдельными агрегатами и пунктами управления (конторами строительства, диспетчерскими узлами и т. п.).

Эти системы позволяют получать информацию:

- о производительности труда,
- о количестве занятых в технологических процессах рабочих,
- о фактическом времени чистой работы машин,
- о состоянии их основных агрегатов и узлов,
- о простоях машин с указанием причин,
- о выработке машин,
- о расходе энергии, горючих и смазочных материалов и т.п.

1.4. Строительные машины: основные понятия и определения

Строительной машиной называют устройство, которое посредством механических движений преобразует размеры, форму, свойства или положение в пространстве строительных материалов, изделий и конструкций.

Например:

камнедробилка измельчает каменные материалы до размеров меньше исходных;

формовочная машина в производстве железобетонных изделий укладывает бетонную смесь в опалубку, придавая будущему бетонному или железобетонному изделию определенную форму;

поверхностные или глубинные вибраторы уплотняют уложенную в инженерное сооружение бетонную смесь, преобразуя ее плотность;

башенный кран перемещает строительное изделие или иной груз (железобетонную плиту перекрытия, металлоконструкцию арки, контейнер и т. п.) из одного пространственного положения в другое.

Изменяемые факторы (размеры, форма, свойства, положение в пространстве) не обязательно должны быть целевыми для строительных машин, как это имеет место в приведенных примерах. Многие машины преобразуют отдельные из этих факторов попутно при преобразовании других факторов.

Например, разрабатывая грунтовую выемку, одноковшовый экскаватор отделяет часть грунта от массива, переносит его в ковше и отсыпает в кузов автосамосвала или в отвал, изменяя его положения в пространстве. Попутно исходный материал (массив грунта) претерпевает также изменения по форме (измельченные куски грунта в процессе его разработки) и по свойству (изменение объема пор, плотности).

В процессе производственной эксплуатации машина частично или полностью теряет свою работоспособность и становится не в состоянии выполнять заданные функции с изначально установленными параметрами.

Невозможность дальнейшей эксплуатации машины определяет предельное состояние машины.

Календарную продолжительность эксплуатации машины от ее начала до наступления предельного состояния называют сроком службы.

Подобный показатель, но измеренный в часах чистой работы машины до наступления предельного состояния, называют техническим ресурсом.

Срок службы и технический ресурс – обязательные характеристики, которые должны указываться в технической документации на конкретные виды и модели машин.

1.5. Параметры машины. Типоразмер и модель. Индекс машины

Параметром называют количественную или качественную характеристику какого-либо существенного признака машины. Различают главные, основные и вспомогательные параметры.

Главные параметры в наибольшей мере определяют технологические возможности машины:

- масса машины,
- мощность силовой установки,
- суммарная мощность основных двигателей в электроприводе,

- производительность и др.

Основные параметры включают в себя главные и те, которые необходимы для выбора машин в определенных условиях их эксплуатации.

К этим параметрам относятся:

- характеристики проходимости (удельное давление на грунт и др.),
- характеристики маневренности машины (радиусы разворотов),
- характеристики ходовых свойств (скорости передвижения и др.),
- характеристики усилий на рабочих органах,
- размеры рабочей зоны,
- габаритные размеры машины и др.

К вспомогательным параметрам относят все остальные параметры, характеризующие, например, условия технического обслуживания, ремонта и перебазирования.

В пределах каждой функциональной группы машины объединяются по типоразмерам, характеризуемым единым главным параметром.

Одному типоразмеру могут соответствовать несколько моделей, каждая из которых объединяет машины, имеющие идентичные параметры и конструктивные решения и изготовленные по единой рабочей документации.

Так, например, к типоразмеру экскаваторов траншейных роторных ЭТР250, характеризуемому главным параметром: максимальной глубиной траншеи в 2,5 м, относят и модели ЭТР253 и ЭТР254, отличающиеся как назначением, так и конструктивными решениями.

В модели ЭТР253, предназначенной для работы в районах с сезонным промерзанием грунтов, рабочий орган приводится электрическим двигателем.

Модель ЭТР254, способная разрабатывать грунты с промерзанием на всю глубину траншеи, включая многолетнемерзлые, имеет дизельный привод с механической трансмиссией.

В технической документации каждую модель машины обозначают индексом, в котором в кодированной форме заключено полное название машины с ее главными параметрами.

Например, в соответствии с индексацией кранов, выпускаемых заводами бывшего Минстройдормаша, индекс КС-8362ХЛ обозначает:

- КС – кран стреловой самоходный,
- 8 – восьмая размерная группа (грузоподъемностью 100 т),
- 3 – шифр ходового устройства (пневмоколесный),
- 6 – шифр гибкой подвески стрелового оборудования,
- 2 – вторая модель,
- ХЛ – в северном исполнении.

Существуют также другие системы индексации, как, например, приведенные выше для экскаваторов траншейных роторных (ЭТР).

1.6. Общая классификация строительных машин

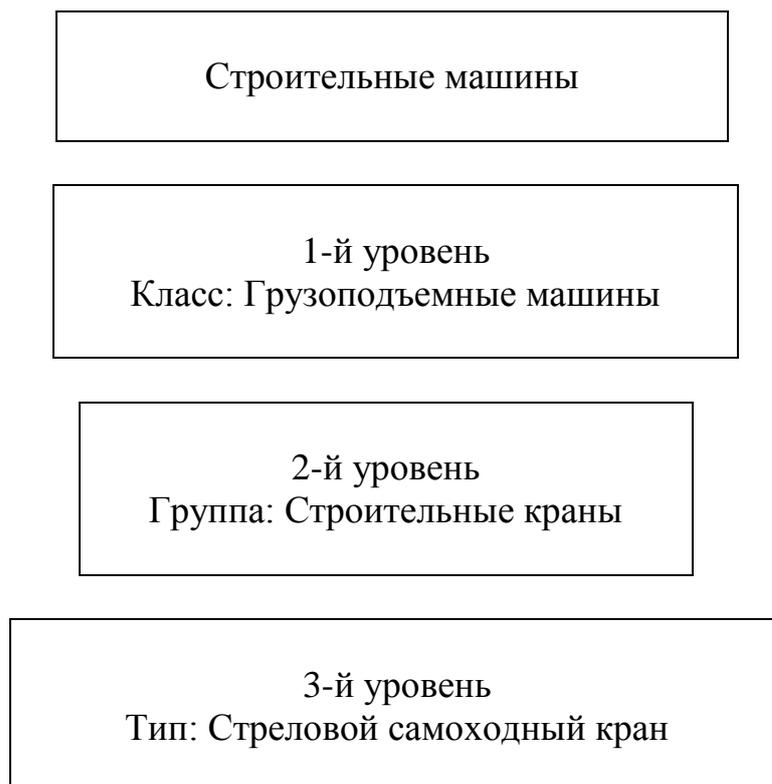
Наиболее общим признаком классификации строительных машин является их назначение или виды выполняемых работ. По этому признаку классификация машин представляется иерархической схемой, на первом уровне которой все машины разбиты на следующие основные классы:

- грузоподъемные машины,
- транспортные машины,
- транспортирующие машины,
- погрузо-разгрузочные машины,
- машины для земляных работ,
- машины для свайных работ,
- машины для дробления, сортировки и мойки каменных материалов,
- машины для приготовления, транспортирования бетонных смесей и растворов,
- машины для уплотнения бетонной смеси,
- машины для отделочных работ,
- ручной механизированный инструмент.

Каждый класс строительных машин (первый уровень классификации) делится на группы (второй уровень) и подгруппы (третий уровень). Подгруппы класса строительных машин называют также типами машин.

Типы машин делятся на типоразмеры и модели.

Рассмотрим пример:



4-й уровень
Модель: Стреловой самоходный кран КС-8362ХЛ

Строительные машины классифицируют также:

- по режиму рабочего процесса,
- по роду используемой энергии,
- по способности передвигаться,
- по типу ходовых устройств.

По режиму рабочего процесса различают машины циклического и машины непрерывного действия. Технологические операции машины циклического действия выполняются последовательно, образуя в совокупности ее рабочий цикл, по завершении которого выдается одна порция продукции.

Например, одноковшовый экскаватор отделяет грунт от массива, загружая его в ковш (операция копания грунта), переносит грунт в ковше к месту выгрузки (транспортная операция), выгружает в отвал или транспортное средство (операция выгрузки) и возвращает рабочее оборудование на позицию начала следующего рабочего цикла (заключительная операция рабочего цикла). За каждый рабочий цикл экскаватор выдает порцию продукции в объеме вместимости ковша.

Операции машин непрерывного действия совмещены во времени. Эти машины выдают продукцию непрерывно.

Машины непрерывного действия имеют более высокую техническую производительность по сравнению с циклическими машинами, обусловленную совмещением технологических операций во времени, но являются обычно узкоспециализированными, в то время как машины циклического действия являются более универсальными.

По роду используемой энергии различают машины, работающие от собственного двигателя внутреннего сгорания (дизеля или карбюраторного двигателя) и машины, работающие от внешних источников с питанием от внешней сети (электрической, пневматической, реже гидравлической).

Первые обладают автономностью, что предопределило их преимущественное использование при частых межобъектных передвижках.

Вторые обладают высокой готовностью к работе, но с ограниченной областью применения – в пределах объектов в основном с большими объемами работ, рассчитанными на длительное время, например, карьерные одноковшовые экскаваторы на добыче песка, глины, гравия и других строительных материалов, питающиеся электрической энергией от внешнего источника.

По способности передвигаться различают стационарные и передвижные машины.

Стационарные машины работают на одном постоянном месте. Это, прежде всего, машины предприятий стройиндустрии (дробильные, сортировочные, моечные, смесительные и др. машины и оборудование).

Большинство строительных машин являются передвижными, оборудованными ходовыми устройствами, обеспечивающими им передвижение либо от собственной силовой установки (самоходные машины), либо буксируемыми за другим транспортным средством (трактором, автомобилем, тягачом).

По типу ходовых устройств различают гусеничные, пневмоколесные и рельсоколесные машины.

Гусеничные машины обладают высокой проходимостью, благодаря чему их используют преимущественно на объектах нулевого цикла и в условиях низкой несущей способности грунта как поверхности передвижения.

Пневмоколесные машины передвигаются со сравнительно более высокими скоростями, что предопределило их применение на объектах с рассредоточенными объемами работ при частых и межобъектных передвижках на значительные расстояния.

Рельсоколесные машины работают длительное время на объектах с весьма ограниченной рабочей зоной, что связано с высокими затратами на устройство рельсового пути.

1.7. Структура строительной машины

Обязательными составными частями любой технологической, транспортирующей и грузоподъемной машины являются:

- несущие металлоконструкции (корпус, рама, башня крана, стрела и т.п.);
- привод, состоящий из силовой установки, передаточных устройств (трансмиссии) и системы управления;
- рабочие органы (один или несколько);
- ходовое устройство (шасси), соединенное с корпусом (рамой) машины.

Транспортные машины (кроме специальных), как правило, не имеют рабочих органов. Взаимодействующие с транспортируемым материалом кузова, платформы, цистерны этих машин пассивны, а груз перемещается только за счет движения ходовых устройств (шасси).

Кроме перечисленных обязательных составных частей на машинах могут быть установлены дополнительные (вспомогательные) устройства, например, выносные опоры в конструкциях пневмоколесных кранов и экскаваторов и т. п.

1.8. Производительность строительной машины

Производительность является важнейшей выходной характеристикой строительной машины. Ее определяют количеством продукции, произведенной машиной в единицу времени.

Различают расчетную (она же теоретическая или конструктивная), техническую и эксплуатационную производительность.

Под расчетной (теоретической, конструктивной) производительностью Π_p понимают производительность за 1 ч непрерывной работы при расчетных скоростях рабочих движений, расчетных нагрузках на рабочем органе и расчетных условиях работы.

Для машин циклического действия с порционной выдачей продукции:

$$\Pi_p = 3600 \frac{Q}{t_{\text{ц}}}, \text{ м/ч, м}^2/\text{ч, м}^3/\text{ч, т/ч, шт./ч и т. п.,}$$

где Q – расчетное количество продукции в одной порции, м, м², м³, т, шт. и т.п.; $t_{\text{ц}}$ – расчетная продолжительность рабочего цикла, с.

Для машин непрерывного действия:

$$\Pi_p = 3600 F v, \text{ м/ч, м}^2/\text{ч, м}^3/\text{ч, т/ч, шт./ч и т.п.,}$$

где F – расчетное количество продукции на 1 м длины ее потока, м/м, м²/м, и т.п.;

v – расчетная скорость потока, м/с.

Расчетную (теоретическую) производительность рассчитывают на стадии разработки конструкторской документации на машину, используя для этого нормативные значения расчетных параметров и расчетных условий.

Для определения производительности машины в конкретных производственных условиях используют техническую и эксплуатационную производительность.

Под технической производительностью Π_m понимают максимально возможную в данных производственных условиях производительность при непрерывной работе машины:

$$\Pi_m = \Pi_p \cdot k_m,$$

где k_m – нормативный коэффициент, учитывающий производственные условия.

Под эксплуатационной производительностью $\Pi_{\text{э}}$ понимают фактическую производительность машины в данных производственных условиях с учетом её простоев и неполного использования её технологических возможностей:

$$\Pi_{\text{э}} = \frac{Q_{\Sigma}}{T_{\text{общ}}},$$

где $T_{\text{общ}}$ – продолжительность нахождения машины на рабочей площадке;

Q_{Σ} – фактический объем произведенной продукции за время $T_{\text{общ}}$.

Величина $T_{общ}$ – это чистое время работы машины, сложенное со временем всех простоев, в течение которого эта продукция производилась.

Эксплуатационную производительность обычно используют для взаиморасчетов заказчика с подрядчиками.

Контрольные вопросы

1. Механизация строительных процессов (полная и частичная механизация), средства её реализации.
2. Основные показатели для оценки уровня механизации строительных работ.
3. Комплексная механизация (комбайн, комплект и комплекс машин).
4. Автоматизация строительного процесса.
5. Дать определение строительной машины.
7. Срок службы и технический ресурс машины.
8. Дать определение понятиям: параметр машины, типоразмер машины, модель машины, индекс машины.
9. Классификация строительных машин по виду выполняемых работ.
10. Основные составные части строительных машин.
11. Производительность строительных машин.

ЛЕКЦИЯ № 2

2. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

2.1. Общая характеристика строительного транспорта

Для перемещения грузов в строительстве используют наземный, водный и воздушный виды транспорта, из которых наиболее массовым (более 90% всех перевозок) является наземный (автомобильный, тракторный, железнодорожный и с использованием транспортирующих средств).

На долю автомобильного транспорта приходится более 80% перевозок строительных материалов, машин и оборудования. Расходы только на автомобильный транспорт составляют 12...15% стоимости строительно-монтажных работ.

Грузовыми автомобилями, тракторами, пневмоколесными тягачами и созданными на их базе прицепными и полуприцепными транспортными средствами общего и специального назначения осуществляются основные перевозки грузов в строительстве. Кроме того, автомобили, тракторы и тягачи используют как тяговые средства прицепных и полуприцепных строительных машин, а также в качестве базы для кранов, экскаваторов, бульдозеров, погрузчиков, бурильных установок, коммунальных и других машин. Многие сборочные единицы серийно выпускаемых автомобилей, тракторов и тягачей широко используются в конструкциях различных строительных машин.

Тракторный транспорт применяют реже, чем автомобильный, главным образом в тех случаях, когда экономически нецелесообразно устраивать автомобильные дороги, или когда по техническим причинам применение автомобилей затруднено или невозможно, например, на вывозке леса при освоении строительных площадок, при перевозках грузов по бездорожью и т. п.

Прицепы и полуприцепы являются самоходными транспортными средствами. Их перемещают за тягачом. Нормальная к поверхности передвижения нагрузка воспринимается полностью колесами прицепов, а у полуприцепов часть этой нагрузки передается на тягач.

Транспортирующими называют технические средства непрерывного действия для перемещения массовых сыпучих и штучных грузов по определенным линейным трассам. Их делят на конвейеры и устройства трубопроводного транспорта. Первыми перемещают грузы (сыпучие и кусковые материалы, штучные грузы, а также пластичные смеси бетонов и растворов) путем непосредственного механического воздействия на них тягового или транспортирующего органа. Конвейеры бывают ленточными, пластинчатыми, скребковыми, ковшовыми, винтовыми и вибрационными. Устройствами трубопроводного транспорта грузы перемещают в потоке жидкости или газа, а также в контейнерах – емкостях обычно цилиндрической формы, перемещаемых на колесах по рельсам внутри трубы воздушным напором. Так же в контейнерах перемещают штучные грузы. Из-за высоких

капитальных вложений и жесткой привязки к месту станций погрузки и разгрузки контейнеров этот вид транспорта еще не нашел широкого применения в строительстве и в перспективе может рассматриваться в качестве технологических транспортных линий, например, в системе карьер – бетонный завод.

Железнодорожным транспортом перевозят грузы в условиях сосредоточенного строительства крупных объектов при расстояниях перевозок свыше 200 км. Этот вид транспорта используют также для внутрикарьерных и технологических перевозок. Грузы перевозят в вагонах общего назначения (крытых вагонах, полувагонах, платформах) и специального назначения (цистернах, вагонах-самосвалах). Тип вагонов выбирают с учетом сохранности перевозимых грузов, механизации их погрузки и разгрузки и т. п.

Для тех же целей используют водный транспорт, которым строительные грузы перевозят на речных и морских судах. Речные суда используют на внутренних водных путях между речными и морскими портами при сосредоточенном строительстве крупных объектов в прибрежных районах при наличии специальных портовых сооружений для перегрузки грузов на автомобильный и железнодорожный транспорт. В зависимости от наличия на судах силовой установки их делят на самоходные (сухогрузные и нефтеналивные - танкеры грузоподъемностью до 1000 т) и несамоходные (баржи и секции). Секции перемещают толканием, а баржи – как толканием, так и буксированием. Внутренний водный транспорт, особенно при использовании судов повышенной грузоподъемности, может обеспечить высокую провозную способность при сравнительно меньших, чем железнодорожный (примерно на 35%) и автомобильный (на 65...80%) транспорт, затратах и тем самым существенно разгрузить железные дороги, особенно при их сезонной загрузке. Водный транспорт также незаменим в условиях отсутствия железных и шоссейных (грунтовых) дорог, в частности, в большинстве районов азиатской части РФ. Этим видом транспорта можно перевозить крупногабаритные грузы без их разборки на составные части. К основным недостаткам водного транспорта относятся: малая скорость перевозок и их сезонность, ограниченная периодом навигации.

Воздушный транспорт является наиболее дорогим, в связи с чем его используют лишь при строительстве в труднодоступных районах при отсутствии наземного и водного транспорта, в т. ч. при невозможности их использования по климатическим условиям. Для перевозок грузов воздушным транспортом используют грузовые самолеты, вертолеты и дирижабли. Наибольшее применение в строительстве получили вертолеты. Грузы располагают внутри фюзеляжа, а негабаритные грузы и в случае отсутствия посадочной площадки – на системе внешних подвесок. Вертолеты также используют для монтажа оборудования высотных объектов (телебашен, ретрансляторов, доменных печей, труб и т. п.), а также для установки на фундаменты колонн, реакторов, опор линий электропередачи и др. Для этого их

оборудуют системой внешних подвесок и дополнительной кабиной для управления вертолетом и монтажными операциями.

На всех видах транспорта строительных грузов предусматривается механизация погрузочно-разгрузочных работ, расширение контейнерных и пакетных перевозок. Непременным условием эффективности транспортировки грузов является обеспечение их сохранности в первоначальном качестве, чем предопределяются требования как к устройству транспортных средств, так и к режиму их эксплуатации. Так, например, бетонные смеси и растворы при перевозке могут расслаиваться, выплескиваться, частично терять свою пластичность, а при низких температурах окружающего воздуха – замерзать. Поэтому конструкция транспортных средств для перевозки этих грузов должна обеспечить минимальные потери при перевозках, иметь специальные устройства для побуждения, подогрева и т. п. С той же целью ограничивают время пребывания транспортных средств с грузом в пути.

2.2. Грузовые автомобили и автопоезда

Грузовой автомобиль – это средство безрельсового транспорта с собственным двигателем, предназначенное для перевозки грузов.

Различают грузовые автомобили общего назначения, специализированные и специальные.

К автомобилям общего назначения относятся автомобили с открытой платформой с откидными бортами для перевозки любых видов грузов, в том числе автомобили повышенной проходимости со всеми ведущими колесами, а также оборудованные сцепным седельным устройством для буксировки прицепов и полуприцепов. Вместе с прицепом или полуприцепом автомобиль образует автопоезд. Специализированные автомобили и автопоезда предназначены для перевозки одного или нескольких однородных видов грузов (сыпучих материалов, труб, ферм, железобетонных изделий и т. п.). Отдельные виды специализированных транспортных средств оборудуют грузоподъемными устройствами для автономной погрузки и разгрузки грузов.

Машины, предназначенные для транспортирования определенных видов грузов и оборудованные специальными устройствами для выполнения дополнительных нетранспортных операций (смешивание, подогрев и т. п.) для обеспечения сохранности перевозимых грузов, являются специальными автотранспортными средствами.

По проходимости различают автомобили дорожные, внедорожные (карьерные), повышенной и высокой проходимости.

Дорожные автомобили предназначены для эксплуатации по общей сети автомобильных дорог.

Внедорожные автомобили, отличающиеся большими габаритными размерами и повышенной грузоподъемностью, применяют на стройках и разработках карьеров строительных материалов, обустроенных дорогами со специальным основанием.

Автомобили повышенной и высокой проходимости рассчитаны на работу в тяжелых дорожных условиях и по бездорожью. Повышенная проходимость достигается за счет увеличения числа ведущих осей, применения шин широкого профиля с развитыми грунтозацепами и с регулируемым давлением воздуха в них, самоблокирующихся дифференциалов, уменьшения радиуса поворота и других мер.

В зависимости от типа двигателя автомобили повышенной и высокой проходимости делятся на колесные, колесно-гусеничные, на воздушной подушке и автомобили-амфибии.

В строительстве применяют в основном колесные полноприводные автомобили.

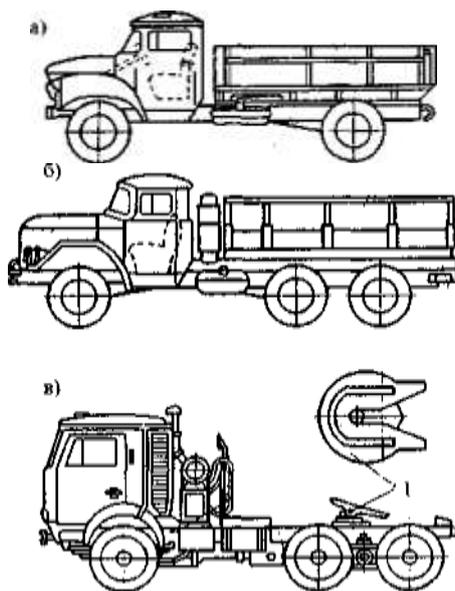


Рис. 2.2.1. Грузовые автомобили общего назначения:

а – автомобили с открытой платформой с откидными бортами для перевозки любых видов грузов; б – автомобили повышенной проходимости (со всеми ведущими колесами); в – автомобили для буксировки прицепов и полуприцепов, оборудованные сцепным седельным устройством.

По грузоподъемности грузовые автомобили делят на следующие классы: особо малой (до 1 т), малой (1 ... 2 т), средней (2 ... 5 т), большой (более 5 т) и особо большой грузоподъемности. К последним относятся внедорожные грузовые автомобили. Грузоподъемность отечественных грузовых автомобилей составляет от 1 до 110 т.

Для безопасного движения на дорогах и в городах длина двухосного автомобиля не должна превышать 11 м, автомобиля с большим количеством осей – 12 м, автопоезда – 22 м; ширина и высота для всех автомобилей и автопоездов соответственно не более 2,5 и 3,8 м.

Конструкция грузовых автомобилей характеризуется компоновочной схемой, применяемым двигателем, трансмиссией, ходовой частью, механизмами управления. Наиболее распространены компоновочные схемы – «кабина за двигателем» и «кабина над двигателем». Последняя получает все большее распространение, особенно в конструкциях автомобилей большой

грузоподъемности благодаря удачному распределению веса по осям как в нагруженном, так и в порожнем состоянии, а также использованию кузова наибольшей длины при минимальной общей длине автомобиля.

Для более полного соответствия автомобиля виду перевозимого груза часто одну и ту же модель выпускают в нескольких модификациях, отличающихся базой (расстоянием между передней и задней осями) и, следовательно, длиной кузова. Шасси с самой короткой базой применяют под кузов самосвала, предназначенного для перевозки грузов с большой объемной массой, а также для седельных тягачей. На шасси с длинной базой ставят кузова больших размеров, с которыми можно достаточно хорошо использовать грузоподъемность автомобиля даже при перевозке легковесных грузов.

Грузовой автомобиль состоит из шасси, кузова и двигателя (карбюраторного, дизеля или газотурбинного).

Преимущественное применение в приводах грузовых автомобилей получили дизели, благодаря более высокому КПД по сравнению с карбюраторными двигателями, меньшей токсичности отработавших газов и большему сроку службы. Газотурбинные двигатели применяют на автомобилях особо большой грузоподъемности, а карбюраторные – на машинах малой и средней грузоподъемности.

Шасси включает силовую передачу (трансмиссию), ходовую часть, механизмы управления и электрооборудование.

Специализированные транспортные средства

К ним относятся:

- автомобили-самосвалы и керамзитовозы – для перевозки грунта и сыпучих грузов;
- панелевозы, фермовозы, плитовозы, сантехкабиновозы и т. п. – для перевозки строительных конструкций;
- трубовозы, плетевозы, металловозы – для перевозки длинномерных грузов;
- контейнеровозы – для перевозки строительных грузов в контейнерах;
- тяжеловозы – для перевозки технологического оборудования и строительных машин.

Автомобили-самосвалы общего назначения для перевозки грунта, песка, асфальтовой массы и т. п. изготавливают на базе серийных грузовых автомобилей. Кузов самосвалов опрокидной с углом наклона до 60°.

Различают самосвалы с задней, боковой, на одну или обе стороны и с трехсторонней разгрузкой. Кузов опрокидывают гидравлическим подъемником, состоящим из одного или нескольких гидроцилиндров одностороннего действия. Ими управляют из кабины водителя, а опускают кузов под действием собственной силы тяжести.

Грузоподъемность самосвалов общего назначения составляет 5...12 т, а у карьерных самосвалов она достигает 300 т. Эти самосвалы работают вне дорог общей дорожной сети, и нагрузки на их оси могут превышать действующие нормативные весовые ограничения.



Рис. 2.2.2. Карьерный автосамосвал.

Полуприцепы (панелевозы, фермовозы, сантехкабиновозы, контейнеровозы и тяжеловозы) имеют сходные конструктивные схемы.

Передней частью они опираются на седельный тягач, для чего их чаще оборудуют автоматической сцепкой. Задняя часть опирается на одно- или двухосную, реже на трех- и четырехосную (например, у тяжеловозов большой грузоподъемности) тележку, которую иногда выполняют поворотной для повышения маневренности автопоезда. Полуприцепы агрегируются с тягачом только для их транспортирования, а при погрузочно-разгрузочных операциях они опираются на установленные в передней части гидравлические опоры. Полуприцепы имеют малую погрузочную высоту, удобны для погрузочно-разгрузочных работ. Для погрузки машин на тяжеловозы собственным ходом полуприцепы оборудуют откидными трапами, устанавливаемыми в их задней части. У некоторых тяжеловозов грузовая платформа может подниматься и опускаться в пределах погрузочной высоты 0,5...0,9 м с помощью объемного гидропривода. Все полуприцепы оборудуют тормозными устройствами и средствами для крепления перевозимых грузов.

Полуприцепы различают по конструкции несущего каркаса, соответствующего форме и размерам перевозимых грузов.

Полуприцепы-контейнеровозы оборудуют собственными стреловыми гидравлическими кранами грузоподъемностью до 2,5 т с шарнирно-сочлененной телескопической стрелой, установленной на поворотной колонке с углом поворота до 200°.

Трубо- и плетевозы предназначены для перевозки труб длиной до 12 м и плетей (секций, сваренных из труб) длиной до 36 м по дорогам с твердым покрытием, грунтовыми дорогам, а также вне дорог вдоль трассы строительства трубопроводов.

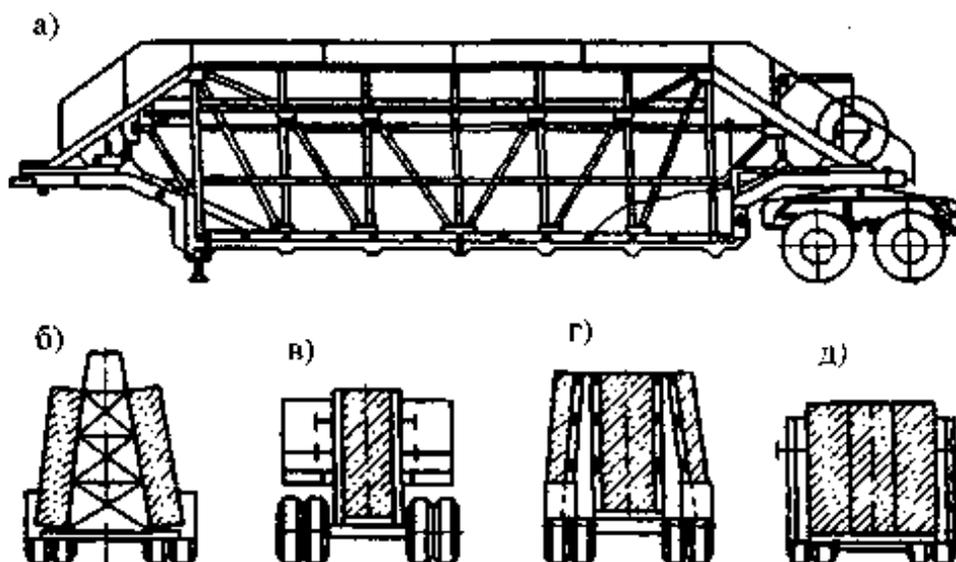


Рис. 2.2.3. Полуприцеп-панелевоз (а)
б...д – расположение панелей на полуприцепах.

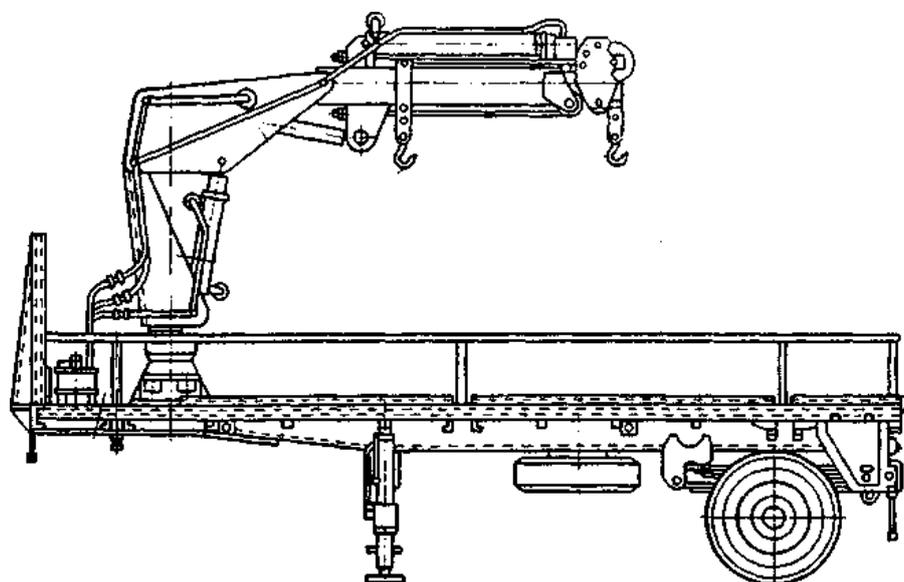


Рис. 2.2.4. Полуприцеп-контейнеровоз.

Трубо или плетевоз состоит из тягача 1 и прицепа-ропуски 2. Тягач и прицеп оборудуют кониками 4 для укладки труб (плетей), на которых имеются переставные стойки-упоры 5 с устройствами для увязки труб. Трубы (плетя) при транспортировании выполняют функцию жесткой связи между тягачом и прицепом-ропуском. Последний оснащен сцепным устройством 6 для соединения его с тягачом при движении без груза, а также страховочным канатом 3. Грузоподъемность автопоезда составляет от 9 до 36 т.

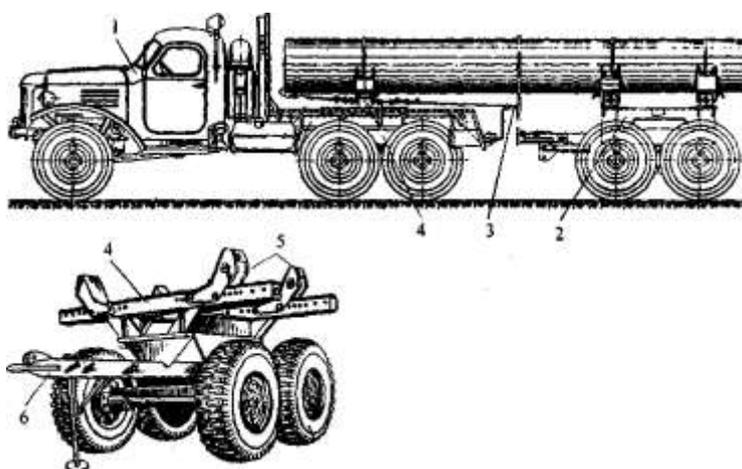


Рис. 2.2.5. Трубоплетевоз:
а – общий вид; б – прицеп-ропуск.

Специальные транспортные средства

Из них наиболее широкое применение в строительстве нашли специальные автомобили для перевозки жидкотекучих (растворов и бетонов, расплавленного битума, жидкого топлива) и псевдожидких грузов (цемента, извести-пушенки, алебаstra, гипса, молотого известняка, сухой золы, минеральных порошков, сухих смесей растворов, мелкозернистых бетонов, их компонентов и других вяжущих веществ). Эти грузы характеризуются повышенной подвижностью при перевозках, из-за чего снижается безопасность движения в отношении управляемости, устойчивости и тормозных свойств транспортного средства при движении, особенно при частичном заполнении емкости.

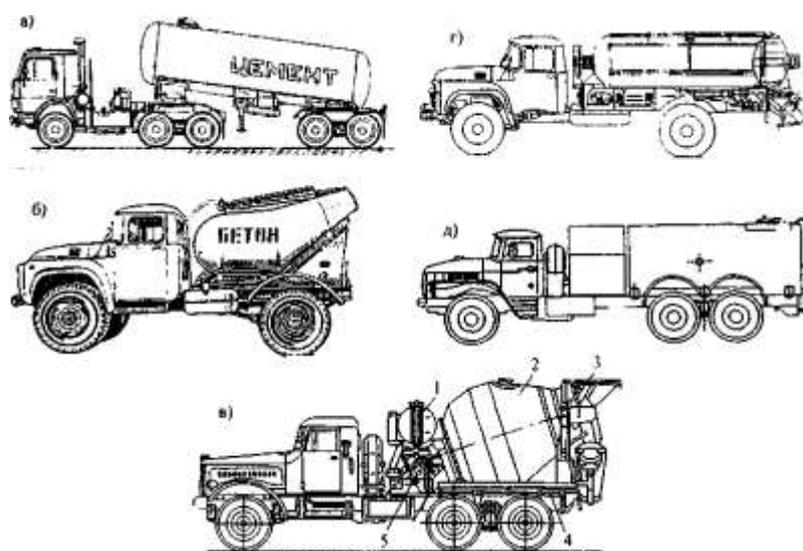


Рис. 2.2.6. Транспортные средства для перевозки жидкотекучих и псевдожидких грузов:
а – цементовоз; б – бетоновоз; в – автобетоносмеситель; г – авторастворовоз; д – автотопливозаправщик.

Специальные автомобили для перевозки жидкотекучих и псевдожидких грузов оборудуют цистернами или емкостями ковшового или бункерного ти-

пов, а также устройствами для выполнения операций, непосредственно не связанных с транспортированием (дозированной или непрерывной загрузки и разгрузки материалов, их подогрева и охлаждения, побуждения, поддержания температуры, смешивания и т. п.). Емкости располагают в задней части автомобиля.

Некоторые машины, как, например, автоцементовозы представляют собой автопоезд, состоящий из седельного автомобиля-тягача и полуприцепа – несущей цистерны с наклоном в транспортном положении в сторону разгрузки на угол $7 \dots 9^\circ$. Один или два загрузочных люка закрываются герметически крышками. Внутри цистерна оборудована откосами и аэролотками. Для загрузки цементовоза в его цистерне предварительно создают вакуум путем присоединения рукава к всасывающему патрубку компрессора, смонтированного на автомобиле-тягаче и приводимого от коробки отбора мощности последнего. Затем заборное устройство погружают в цемент и открывают кран. Из-за разности давлений цемент поступает в цистерну и заполняет ее до уровня, фиксируемого сигнализатором. Для предотвращения забрасывания цемента в компрессор в цистерне и в рукаве имеются тканевые фильтры. Разгружают цемент подачей сжатого воздуха в цистерну, который под давлением $0,5 \text{ МПа}$ поступает одновременно внутрь цистерны к аэроднищу и к форсунке разгрузочного патрубка в нижней части цистерны. От попадания цемента подводящие трубопроводы предохранены обратными клапанами. Аэроднище представляет собой лоток из металлической сетки, покрытой несколькими слоями пористой хлопчатобумажной ткани. Проникая под давлением через поры, воздух смешивается с цементом, вследствие чего воздухоцементная смесь становится текучей и стекает по наклонной плоскости аэроднища к разгрузочному патрубку, где подхватывается потоком воздуха, выходящим из форсунки, и по рукаву подается к месту складирования.

Машины для транспортирования бетонов и растворов способны выполнять либо только транспортные операции, либо, наряду с транспортированием, выполнять побуждение для предотвращения расслаивания смеси и порционную разгрузку, а также во время транспортирования готовить бетон из его компонентов с последующей его раздачей. Емкости этих машин либо утеплены, либо имеют двойные стенки, между которыми циркулируют отработавшие газы автомобиля для поддержания положительной температуры смеси в холодное время. Емкости загружают через люк в их верхней части, герметически закрываемый крышкой, а разгружают опрокидыванием с помощью гидравлического подъемника или реверсивным вращением емкости (смесительного барабана) как, например, у автобетоносмесителей.

Автобетоносмесители загружают готовой бетонной смесью, сухой смесью из предварительно высушенных заполнителей, сухой перемешанной смесью или послойно из заполнителей естественной влажности или смоченной частично перемешанной смесью. Сухие смеси загружают на бетонном заводе, а добавку воды и перемешивание смеси производят в пути непосредственно перед прибытием к месту укладки. В случае загрузки готовой бетонной смесью

автобетоносмесители используют как автобетоновозы с побудителем при перевозках на расстояния до 70-90 км. При перевозках готовой смеси на короткие расстояния их применять не экономично.

Бетоносмеситель представляет собой вращающийся смесительный барабан 2, установленный на раме 4 базового автомобиля под углом 15° его оси вращения к горизонту. Он опирается в передней части на подшипник, а в задней части – на два опорных ролика. На раме также установлен бак 1 для воды с системой ее дозирования. Смесительный барабан приводится механизмом 5. Смесь перемешивается двумя винтовыми лопастями, жестко закрепленными на внутренней поверхности барабана, при вращении последнего в одном направлении, а разгружается бетонная смесь при реверсивном вращении барабана. Загружают барабан через бункер 3 с течкой, а разгружают через поворотный разгрузочный лоток, состоящий из нескольких складывающихся в транспортном положении секций.

Для транспортирования жидкого битума с температурой до 200° , а также холодных материалов (битума, дегтя, эмульсий, мазута и нефти) применяют сходные по устройству автобитумовозы и автогудронаторы, оборудованные устройствами для подогрева перевозимых материалов в случае их остывания или доведения до необходимой температуры по технологическим условиям производства работ, а также для их разлива самотеком и под давлением с равномерным распределением и точным регулированием норм разлива.

Для перевозки воды, технических жидкостей, нефтепродуктов (топлива, масел), а также заправки ими строительных, дорожных и транспортных машин используют специальные транспортные машины: автоцистерны, водо- и бензовозы, топливо- и маслозаправщики, заправочные агрегаты (заправочные станции) на базе автомобильного шасси с цистерной круглого, овального, эллиптического или прямоугольного сечения с плоским днищем. Загружают цистерну через герметически закрываемый люк с фильтром в ее верхней части, а разгружают через установленное в ее задней части раздаточное или сливное устройство, состоящее из раздаточных кранов и насоса. Цистерны оснащают раздаточными и приемными рукавами, фильтрами, контрольно-измерительными приборами и т. п.

2.3. Тракторы

Трактором называют самодвижущуюся гусеничную или колесную машину, предназначенную для передвижения прицепных и навесных строительных, дорожных, сельскохозяйственных и других машин, а также используемую в качестве базы для создания строительных и дорожных машин.

По назначению тракторы делятся на сельскохозяйственные общего назначения, промышленные, транспортные и специальные. В строительстве сельскохозяйственные тракторы используют ограниченно из-за их непригодности для длительной работы на малых скоростях (2,5 ... 5 км/ч), для работы с навесным оборудованием, а также из-за малого тягового

усилия по сцепной массе. Они также не обладают необходимой для строительных работ проходимостью.

Промышленные тракторы характеризуются большими, чем у сельскохозяйственных тракторов, тяговыми усилиями. Их используют на земляных, дорожно-строительных, мелиоративных и других работах в агрегате с различными навесными и прицепными орудиями. Чаще промышленные тракторы оборудуют гидроприводом для питания рабочего оборудования, использующего до 70% мощности двигателя.

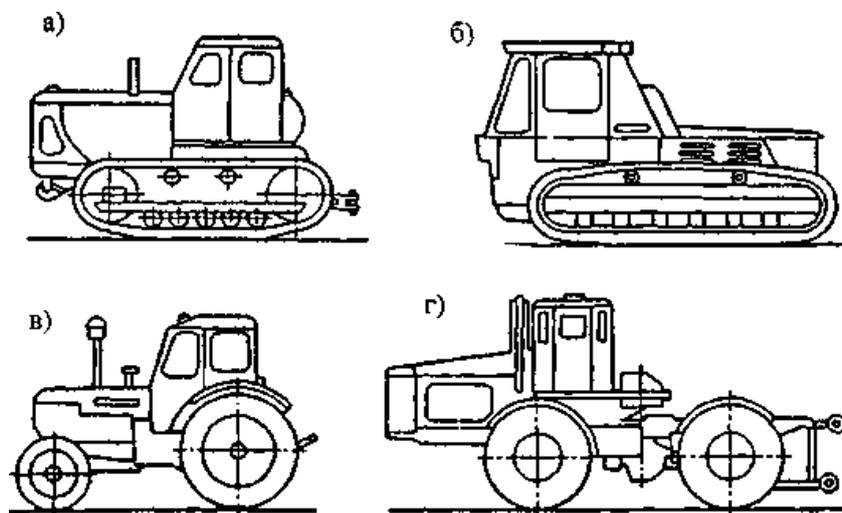


Рис. 2.3.1. Тракторы:

а – гусеничный трактор с передним расположением двигателя; б – гусеничный трактор с задним расположением двигателя; в – пневмоколенный трактор с передними управляемыми колесами; г – пневмоколенный трактор с шарнирно-сочлененной рамой.

Все колеса промышленных колесных тракторов, эксплуатируемых с навесным оборудованием, выполняют, как правило, ведущими, одного размера, с одинаковым распределением веса трактора на переднюю и заднюю оси, благодаря чему обеспечивается высокое тяговое усилие по сцепной массе, удовлетворительная устойчивость и высокая проходимость. Максимальная скорость передвижения гусеничных тракторов обычно составляет 12 км/ч, а колесных тракторов – 40 км/ч.

Транспортные тракторы оборудуют грузовой платформой для перевозки грузов, а специальные тракторы – лебедками, платформами, подъемниками и другими устройствами для выполнения специальных работ.

Основным показателем, по которому тракторы разделяют на классы, является тяговое усилие. Максимальное тяговое усилие гусеничных тракторов ограничено сцепным весом машины вместе с навесным оборудованием, а колесных тракторов – общим весом, приходящимся на ведущие колеса.

Гусеничный движитель соединяется с остовом трактора по схеме полужесткой (с шарниром в задней части и рессорами – в передней) и мягкой (с подпружиненными независимыми или балансирными опорными катками)

подвески. Двигатели колесных тракторов обычно соединяют с остомом по схеме мягкой подвески – через пружины и рессоры попарно на одной оси.

Для привода тракторов применяют дизели с механической, гидромеханической и электромеханической трансмиссиями. В тракторах, используемых для навески строительного рабочего оборудования, широкое применение получили первые два вида трансмиссий.

В гидромеханических передачах вслед за двигателем устанавливают гидротрансформатор (вместо муфты сцепления), автоматически изменяющий скорость движения трактора в зависимости от внешней нагрузки. В гусеничных тракторах с электромеханической трансмиссией движение ведущим звездочкам гусениц сообщается тяговым электродвигателем постоянного тока, питаемым от приводимого двигателем трактора генератора, через бортовые фрикционы и редукторы. Система привода дизель-генератор-электродвигатель упрощает кинематическую схему передачи и обеспечивает бесступенчатое регулирование скорости передвижения в широких пределах. Гидромеханическая и электрическая силовые передачи наиболее полно отвечают режиму работы тракторов с прицепным и навесным оборудованием строительных машин.

У пневмоколесных тракторов с шарнирно-сочлененными рамами каждая из полурам опирается соответственно на ведущий и управляемый мосты. Для поворота трактора с помощью гидроцилиндров изменяют угол между продольными осями передней и задней полурам (до 40° в каждую сторону). По сравнению с тракторами с передними управляемыми колесами тракторы с шарнирно-сочлененными рамами имеют меньший радиус разворота и соответственно обладают большей маневренностью.

2.4. Пневмоколесные тягачи

Пневмоколесные тягачи используют в строительстве как базовые машины для работы с различным прицепным и навесным рабочим оборудованием. Они обладают высокой тяговой характеристикой, транспортными скоростями (до 50 км/ч и более), большим диапазоном изменения скоростей и хорошей маневренностью, что способствует достижению высокой производительности машин, создаваемых на их базе.

Пневмоколесные тягачи обычно собирают из узлов и деталей тракторов и тяжелых автомобилей серийного производства при широкой степени унификации, что делает их конструкцию более дешевой и долговечной. Мощность двигателя достигает 900 кВт при нагрузке на ось 750 кН и более.

Тягачи мощностью 12...25 кВт имеют обычно гидрообъемный привод с бесступенчатым регулированием скоростей. Тягачи мощностью 30...300 кВт чаще выпускаются в двух исполнениях: с гидромеханическими или механическими трансмиссиями. Тягачи большой мощности (более 300 кВт) выпускаются с мотор-колесами и шинами диаметром до 3 м и шириной более 1 м с автоматически изменяемым давлением воздуха в них в зависимости от дорожных условий. Система управления двигателями мотор-колес позволя-

ет сообщать каждому из них различные моменты и угловые скорости, а при разворотах – и направление вращения, чем обеспечивается высокая маневренность в стесненных дорожных условиях.

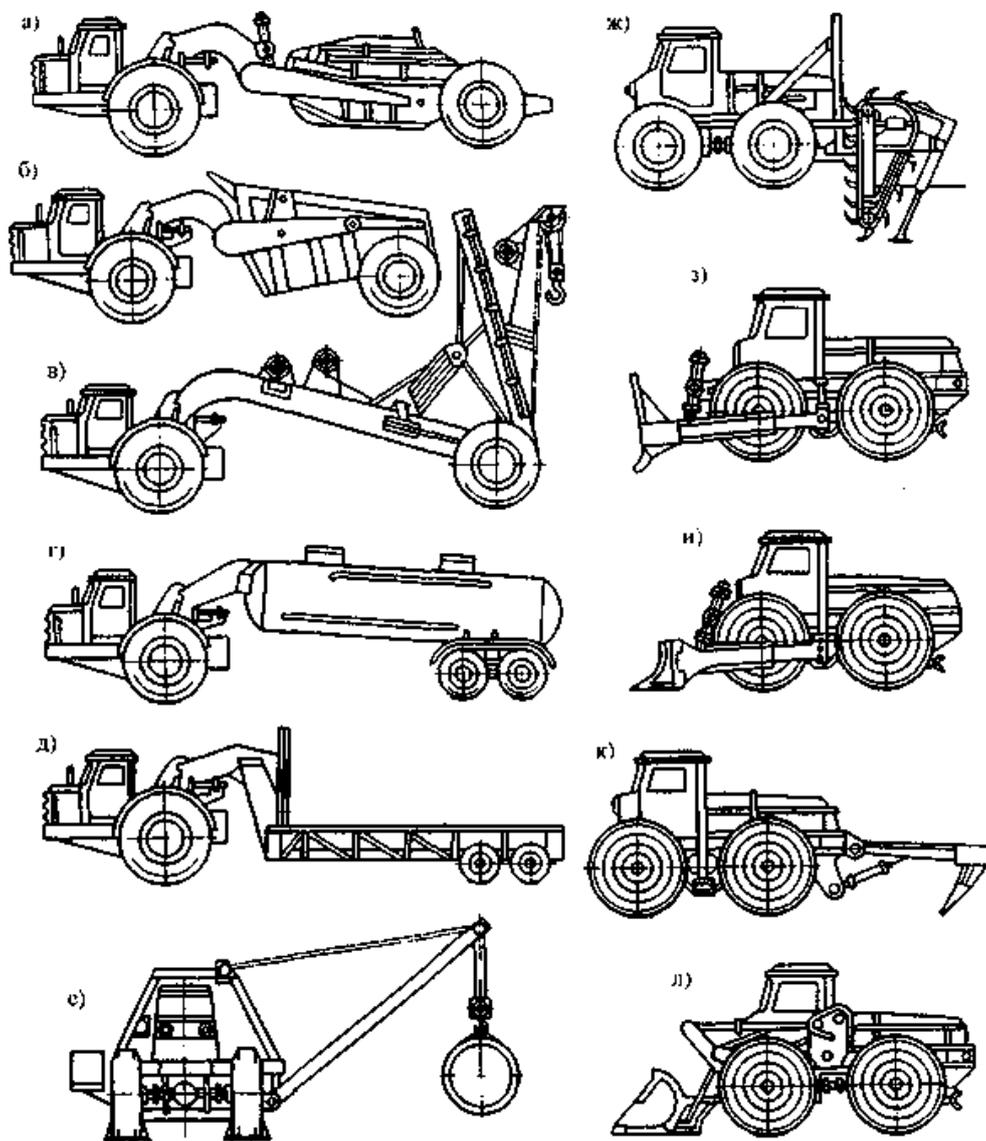


Рис. 2.4.1. Прицепное и навесное рабочее оборудование пневмоколесных тягачей:

а – скрепер; б – землевоз; в – кран; г – цистерна для цемента жидкостей; д – тяжеловоз;
 е – кран-трубоукладчик; ж – траншейный экскаватор; з – корчеватель; и – бульдозер; к – рыхлитель;
 л – погрузчик.

В зависимости от числа осей пневмоколесные тягачи могут быть одноосными и двухосными.

Одноосный тягач состоит из шасси, на котором установлен двигатель 6.

а)

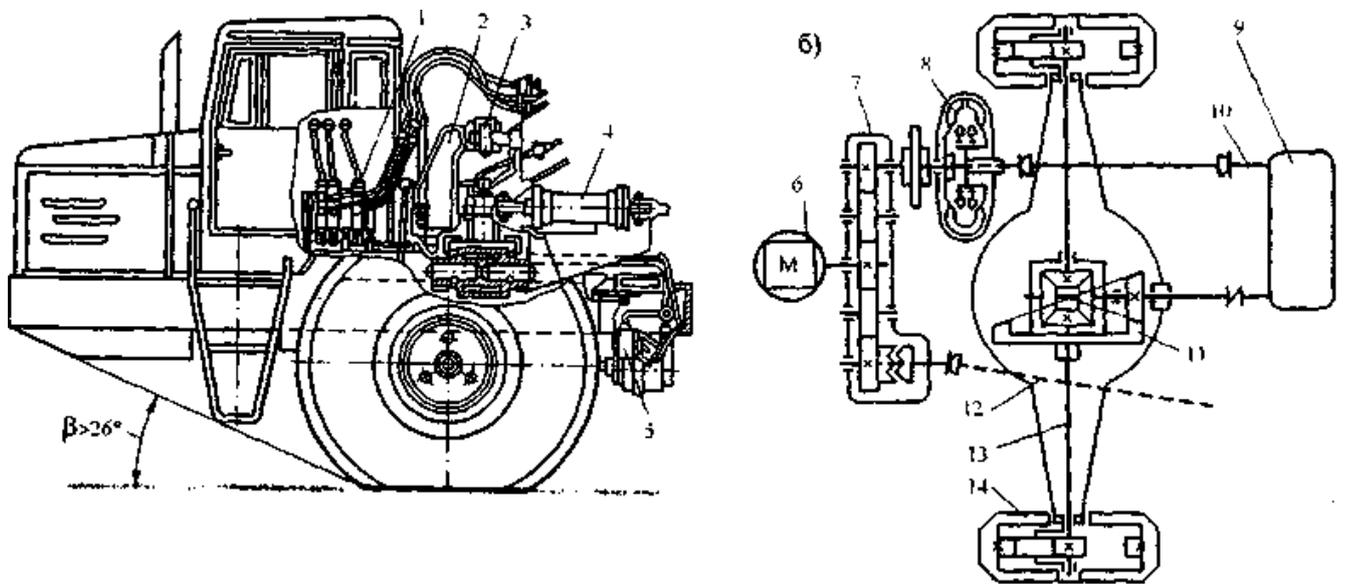


Рис. 2.4.2. Одноосный тягач (а) и его кинематическая схема (б).

Силовая передача, два ведущих колеса, кабина и опорно-сцепное устройство, состоящее из стойки 2, которая может качаться относительно продольной горизонтальной оси, закрепленной на раме тягача, что позволяет полуприцепу перекашиваться относительно тягача в вертикальной плоскости, и вертикального шкворня 3 для соединения тягача с полуприцепом.

Поворот тягача относительно полуприцепа на 90° в каждую сторону обеспечивается двумя гидроцилиндрами 4. Гидромеханическая силовая передача состоит из раздаточной коробки 7, гидротрансформатора 8, коробки перемены передач 9, карданных валов 10 и 12, моста с главной передачей и дифференциалом 11, полуосей 13 и планетарных редукторов 14, встроенных в ступицы колес. От раздаточной коробки через вал 12 приводятся один или несколько насосов 5 для обеспечения работы исполнительных органов прицепного орудия.

Управляют тягачом и рабочим оборудованием с помощью блока 1. Двухосный пневмоколесный тягач конструктивно сходен с пневмоколесным трактором с шарнирно-сочлененной рамой. В трансмиссию тягача обычно включена трехступенчатая коробка передач, обеспечивающая одинаковые скорости движения передним и задним ходом.

ЛЕКЦИЯ №3

3. ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ

3.1. Ленточные и пластинчатые конвейеры

Ленточными конвейерами материал перемещают как в горизонтальном, так и в наклонном направлении бесконечной прорезиненной лентой 4, огибающей два барабана: приводной 6 и натяжной 2. Движение ленты с перемещаемым грузом, поступающим через загрузочное устройство 3, обеспечивается силой трения на поверхности ее контакта с приводным барабаном, вращение которому передается от электродвигателя 10 через редуктор 9.

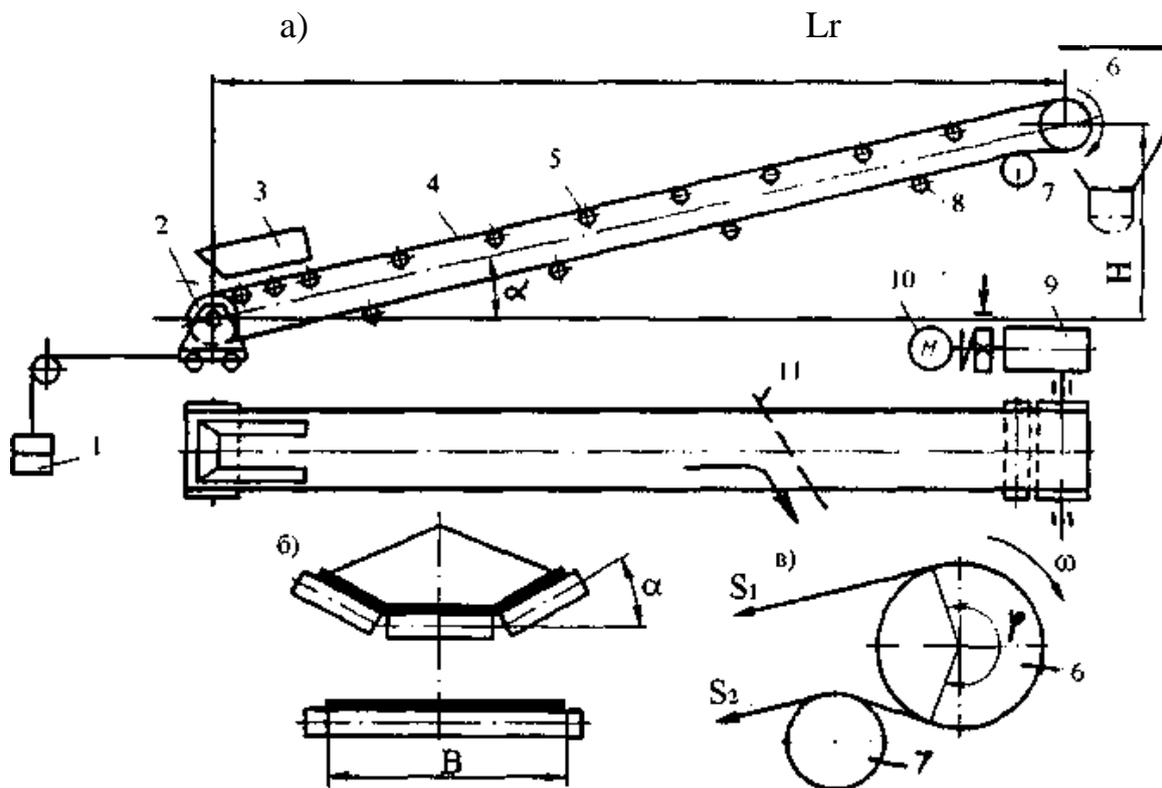


Рис. 3.1.1 Ленточный конвейер:

а – схема общего устройства; б – роlikоопоры; в – схема усилий в ветвях ленты в зоне приводного барабан.

Обе ветви конвейерной ленты поддерживаются от провисания катучими опорами 5 и 8, установленными более часто под грузовой ветвью и реже - под холостой. В зоне загрузки материала, где опоры установлены наиболее часто, они представляют собой прямые горизонтальные ролики. Такие же ролики устанавливают и на холостой ветви ленты. Остальные катучие опоры под грузовой ветвью выполняют либо также прямыми, либо, с целью увеличения площади поперечного сечения транспортируемого материала, от которой зависит производительность конвейера, желобчатыми из одного горизонтального и двух наклонных (под углом $\alpha = 20^\circ \dots 30^\circ$) роликов.

Материал разгружают через головной барабан 6. В случае прямых роликоопор под грузовой ветвью возможна также промежуточная разгрузка с помощью наклонно установленного плужкового сбрасывателя 11. При необходимости промежуточной разгрузки на стационарных конвейерах, транспортирующих сухие сыпучие материалы, могут быть установлены также специальные промежуточные сбрасывающие тележки. Предельный угол наклона конвейера к горизонту зависит от подвижности транспортируемого материала и коэффициента трения материала о конвейерную ленту. Он не превышает $2/3$ угла естественного откоса материала в движении (для строительных материалов не более 22°).

Для транспортирования строительных материалов применяют тканевые прорезиненные ленты из нескольких слоев (прокладок) ткани (бельтинга), изготовленной из хлопчатобумажных или, чаще, из более прочных синтетических волокон. В особых случаях в качестве прокладок используют тонкие стальные проволочные канаты при 9...10 кратном запасе прочности.

Ширина ленты обычно составляет от 0,4 до 2 м. Скорость движения ленты – от 0,8 до 4 м/с. При транспортировании штучных грузов скорость движения ленты ограничивают значениями от 0,5 до 1,5 м/с.

Ширина ленты конвейеров специального назначения, являющихся транспортными органами (отвалообразователями) экскаваторов непрерывного действия, землеройно-транспортных комплексов и других машин, достигает 3,2 м при скорости до 8 м/с. Для транспортирования крупнокусковых материалов ширина ленты должна быть не меньше

$$B_{\min} = 2 \cdot a_{\max} + 0,2 \text{ м,}$$

где a_{\max} – наибольший размер транспортируемых кусков.

В карьерах иногда используют ленточные конвейеры с отдельным тяговым и грузонесущим органами. В качестве первых используют стальные канаты (ленточно-канатные конвейеры) или цепи (ленточно-цепные конвейеры), а в качестве несущего органа – облегченную прорезиненную ленту специальной формы, опирающуюся на тяговый канат или тяговую цепь.

Ленточные конвейеры обладают высокой производительностью (до нескольких тысяч тонн в час), они обеспечивают значительную дальность транспортирования (до нескольких десятков километров). Для этого их обычно устанавливают каскадом – один за другим.

В строительстве используют стационарные и передвижные ленточные конвейеры, перемещающие грузы на сравнительно небольшие расстояния. Стационарными конвейерами оборудуют стационарные же производства (бетонные и железобетонные заводы, склады строительных материалов и т. п.). Передвижные конвейеры длиной от 5 до 15 м, используемые обычно на строительных площадках, оборудуют колесами для перемещения вручную или в прицепе к тягачу. Ленточные конвейеры широко используют как транспортирующие органы в конструкциях траншейных и карьерных экскаваторов непрерывного действия, бетоноукладчиков и других машин.

Производительность ленточных конвейеров определяют по формуле:

$$P = 3600 \cdot A \cdot \rho \cdot v, \text{ т/ч,}$$

где A – площадь поперечного сечения потока транспортируемого материала, m^2 ;
 ρ – плотность материала, t/m^3 ;
 v – скорость движения материала, м/с.

Для транспортирования материалов с острыми кромками, например, для подачи крупнокускового камня в дробилки, а также для транспортирования горячих материалов, деталей и изделий на машиностроительных заводах и заводах строительных конструкций применяют пластинчатые конвейеры.

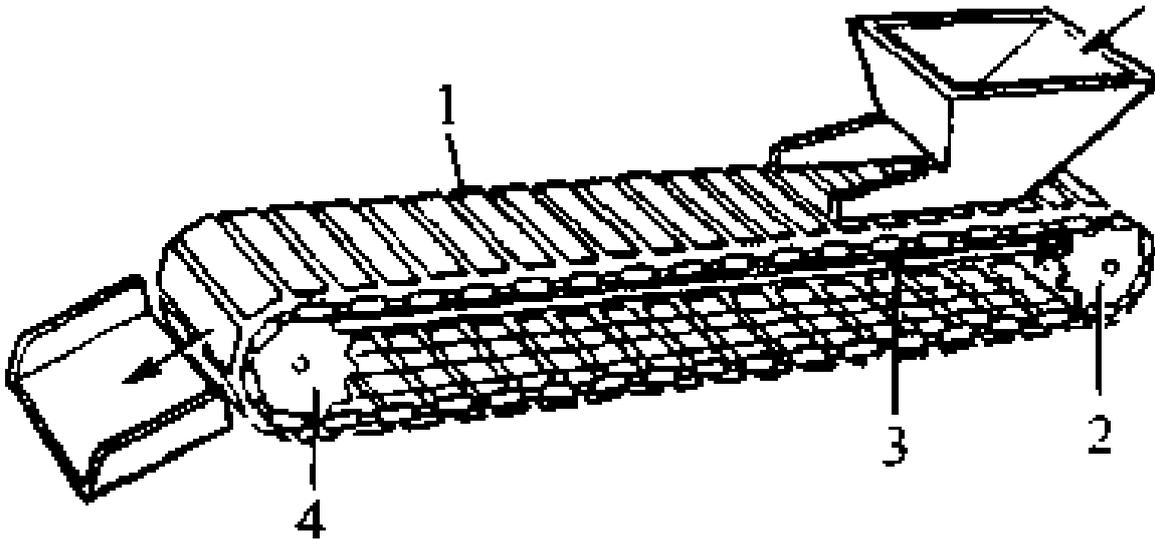


Рис. 3.1.2. Пластинчатый конвейер.

Тяговым органом у этих конвейеров являются две бесконечные цепи 3, огибающие приводные 4 и натяжные 2 звездочки. К тяговым цепям прикреплены металлические пластины 1, перекрывающие друг друга с целью исключения просыпания материала. Ширина пластинчатого настила обычно составляет 0,4 ... 1,6 м, а скорость движения – 0,01 ... 1 м/с.

3.2. Ковшовые конвейеры и подъемники непрерывного действия

Для перемещения материалов в ковшах в вертикальном или наклонном (под большим углом) направлениях применяют ковшовые конвейеры, называемые также элеваторами.

В качестве тягового органа используют конвейерную ленту 4 или пластинчатые цепи, огибающие приводной 6 и натяжной 1 барабаны (при цепном тяговом органе – звездочки). На тяговом органе с определенным шагом T закреплены ковши 3. Тяговый орган вместе с ковшами и барабанами (звездочками) заключен в металлический кожух 5. Материал загружают через загрузочный 2, а разгружают через разгрузочный 7 башмаки.

Различают быстроходные (скорость движения тягового органа 1,25...2,5 м/с) и тихоходные (скорость 0,4...1 м/с) элеваторы. Первые применяют для

транспортирования порошкообразных, а также мелко и среднекусковых материалов, а вторые - для среднекусковых абразивных, крупнокусковых и плохо подвижных материалов.

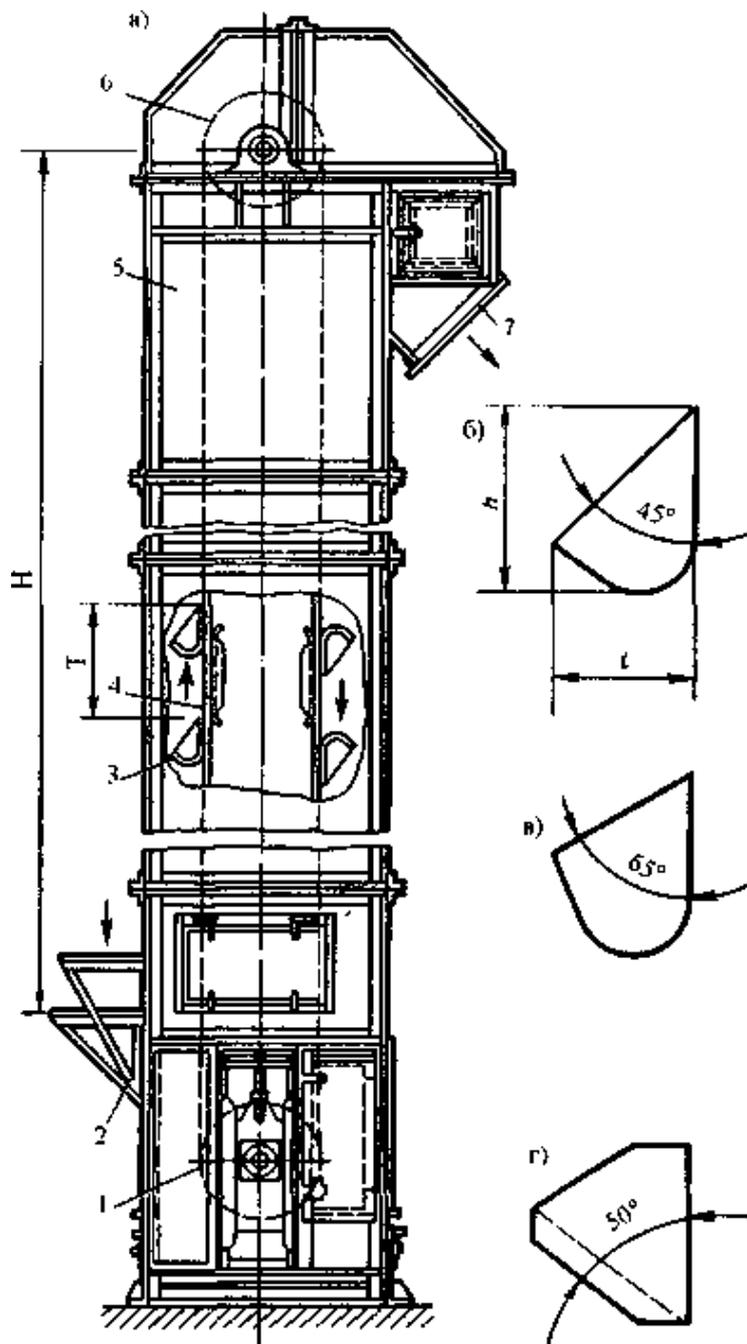


Рис. 3.2.1. Элеватор (ковшовый конвейер).

Для транспортирования сыпучих малоподвижных и подвижных материалов применяют соответственно мелкие (б) или глубокие (в) ковши, располагая их на тяговом органе с шагом 0,3...0,6 м. Кусковые материалы перемещают остроугольными ковшами (г), расположенными вплотную друг к другу.

Загружаются ковши быстроходных элеваторов при прохождении ими загрузочного башмака зачерпыванием, а разгружаются выбрасыванием

материала под действием центробежных сил при огибании приводного барабана (звездочек).

Ковши тихоходных элеваторов загружаются путем засыпания в них материала, а разгружаются под действием гравитационных сил. При этом материал скатывается по передней стенке впереди идущего ковша, вследствие чего снижается сила его удара о разгрузочный башмак.

Высота подъема материала составляет до 35 м, производительность (по объему материала) – до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$. Преимущественная область применения – заполнение высоких хранилищ – бункеров.

Разновидностью ковшовых элеваторов являются подъемники непрерывного действия для штучных грузов.

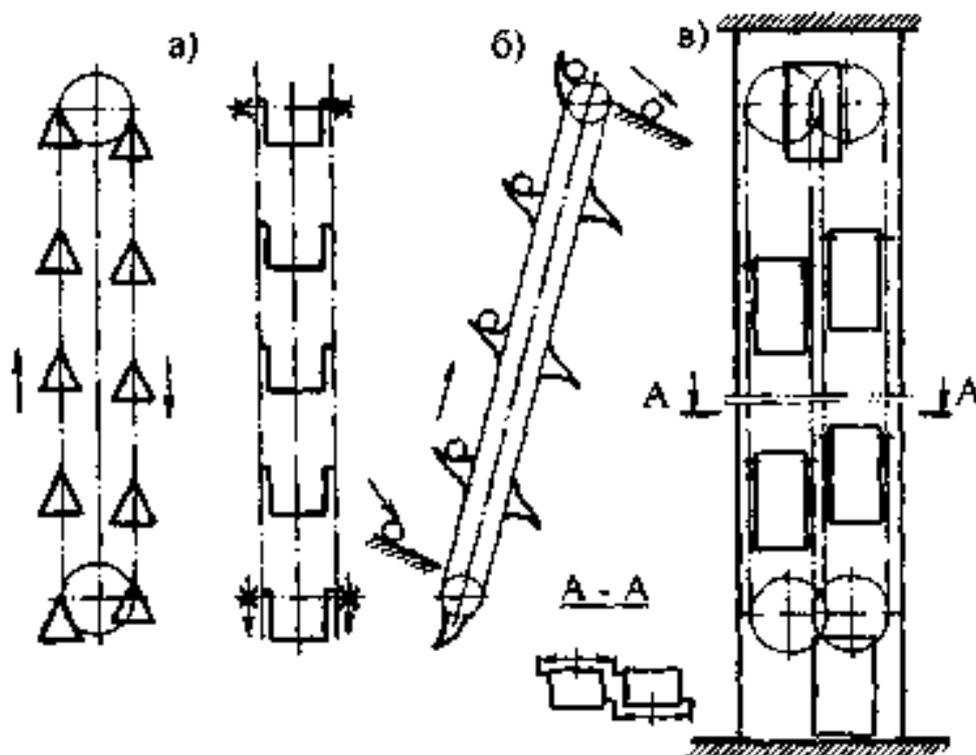


Рис. 3.2.2. Схемы подъемников непрерывного действия.

В таких устройствах к тяговым цепям подвешивают площадки-люльки (люлечные элеваторы), что позволяет не только поднимать, но и опускать груз. При жестком креплении полок на тяговых цепях элеватор устанавливают наклонно и используют преимущественно для подъема штучных грузов, подаваемых на полки самотеком и также самотеком скатывающихся с них. Такие элеваторы используют в основном как погрузочно-разгрузочные устройства.

3.3. Винтовые конвейеры

Винтовые конвейеры применяют для горизонтального или наклонного (под углом до 20°) транспортирования сыпучих, кусковых и тестообразных материалов на расстояние до 30...40 м.

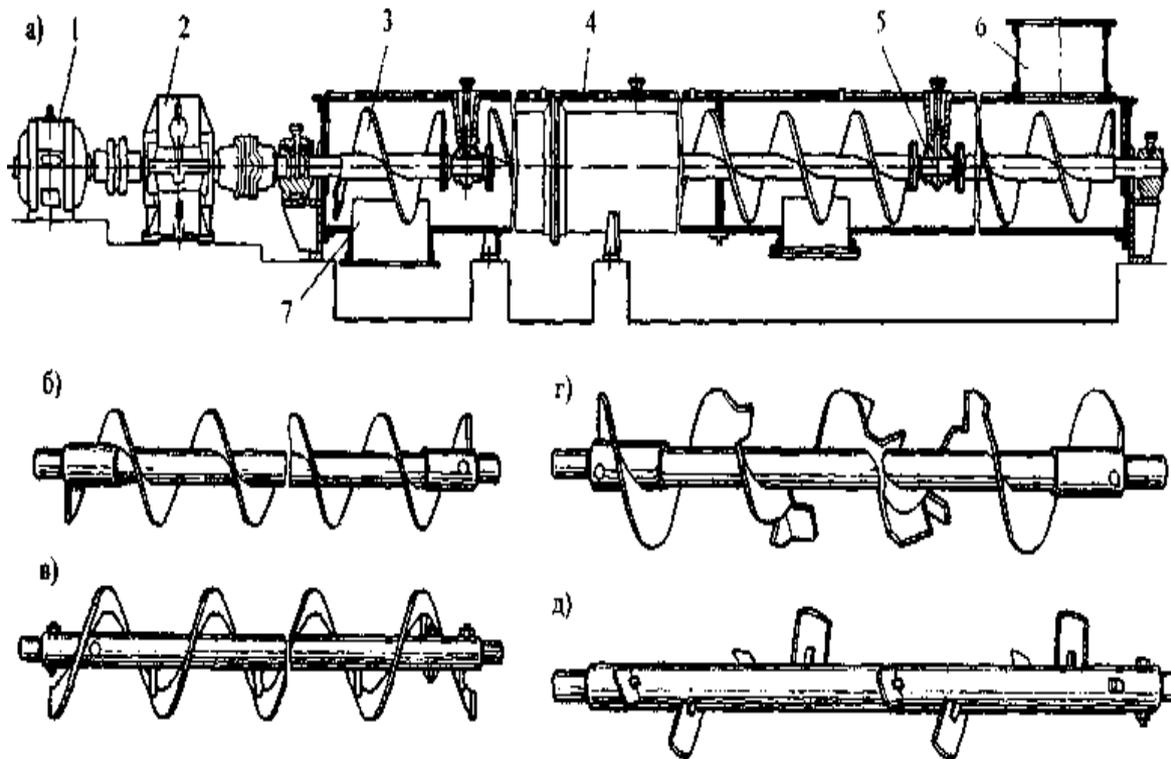


Рис. 3.3.1 Винтовой конвейер:
 а – схема конвейера; б – сплошной винт; в – ленточный винт; д – лопастной винт.

Конвейер представляет собой желоб 4 полукруглой формы, внутри которого в подшипниках 5 вращается винт 3, приводимый электродвигателем 1 через редуктор 2.

При вращении винта материал перемещается от загрузочного 6 к разгрузочному отверстию 7, перекрываемому задвижкой. Форма винта зависит от вида транспортируемого материала. Для хорошо сыпучих материалов (цемента, мела, песка, гипса, шлака, порошковой извести) применяют сплошные винты. Для кусковых материалов (крупного гравия, известняка, не гранулированного шлака) используют ленточные и лопастные винты. Тестообразные, слежавшиеся и влажные материалы (мокрую глину, бетонные смеси, цементные растворы) перемещают фасонными и лопастными винтами. Диаметры винтов стандартизованы и составляют от 0,15 до 0,6 м. Производительность конвейеров составляет в среднем $20...40 \text{ м}^3/\text{ч}$, при больших размерах винта - до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

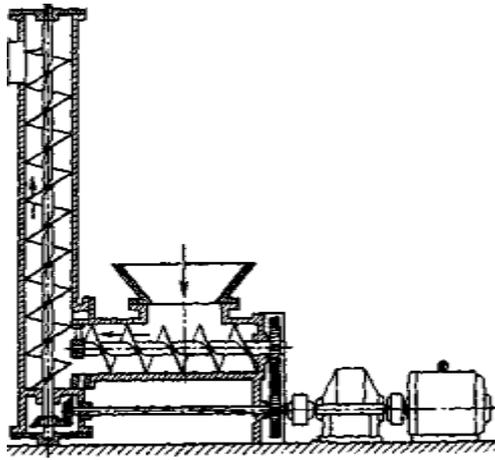


Рис. 3.3.2. Вертикальный винтовой конвейер.

Реже применяют вертикальные винтовые конвейеры, в которые материал поступает от горизонтального конвейера, создающего подпор.

3.4. Вибрационные конвейеры и виброжелобы

В вибрационном конвейере, загруженному транспортируемым материалом желобу сообщаются несимметричные колебания так, что средняя скорость его перемещения в одном направлении значительно превышает среднюю скорость в противоположном направлении.

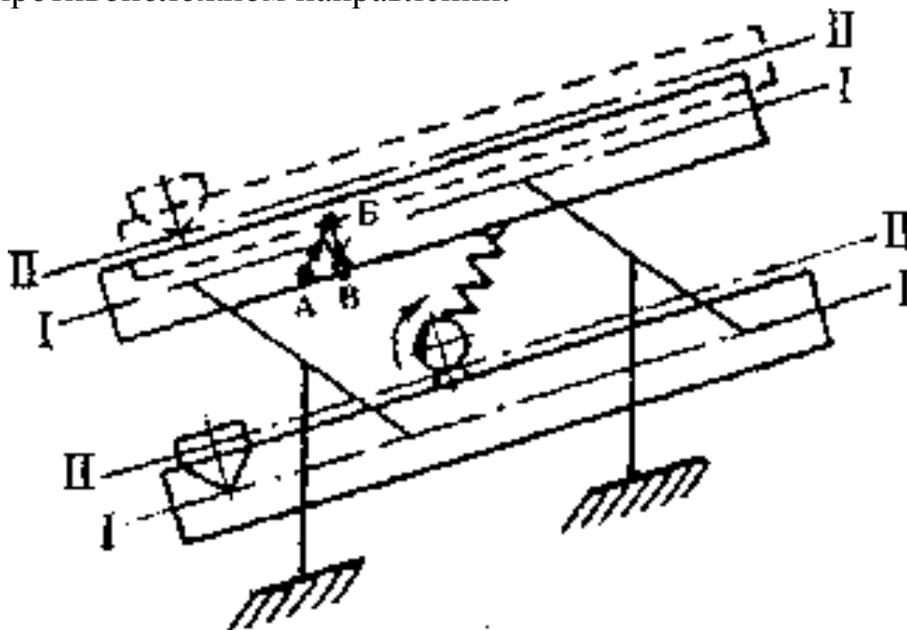


Рис. 3.4.1. Схема к объяснению принципа действия вибрационного конвейера.

При движении с меньшей скоростью желоб перемещается из положения 1 в положение 2 вместе с находящимся на нем материалом (точки соответственно А и Б). При резком возвращении желоба в исходное положение из-за повышенной скорости уменьшаются силы трения между желобом и материалом, вследствие чего, а также из-за инерционности материала он

отстает от желоба, оставаясь на достигнутом ранее месте или незначительно смещаясь в направлении движения желоба (точка В) и совершая таким образом скачкообразное движение (АВ) по желобу за каждый цикл колебаний. Материалы можно перемещать по горизонтали, а также наклонно вверх и вниз. Источником колебаний служат электромагнитные возбуждители или вибраторы с механическим приводом (эксцентриковые, кривошипно-шатунные). В строительстве вибрационные конвейеры используют для транспортирования материалов на небольшие расстояния, например, при дозировании инертных материалов в производстве бетонных смесей или строительных растворов. Принцип виброконвейера используется, в частности, в работе виброжелобов для подачи бетонной смеси к местам ее укладки.

3.5. Установки для пневматического транспортирования материалов

Пневматическими установками перемещают сыпучие грузы по трубам с помощью сжатого или разреженного воздуха. Их применяют для погрузки, разгрузки и перемещения цемента, песка, извести, опилок и т. п. По принципу действия различают установки всасывающего и нагнетательного действия.

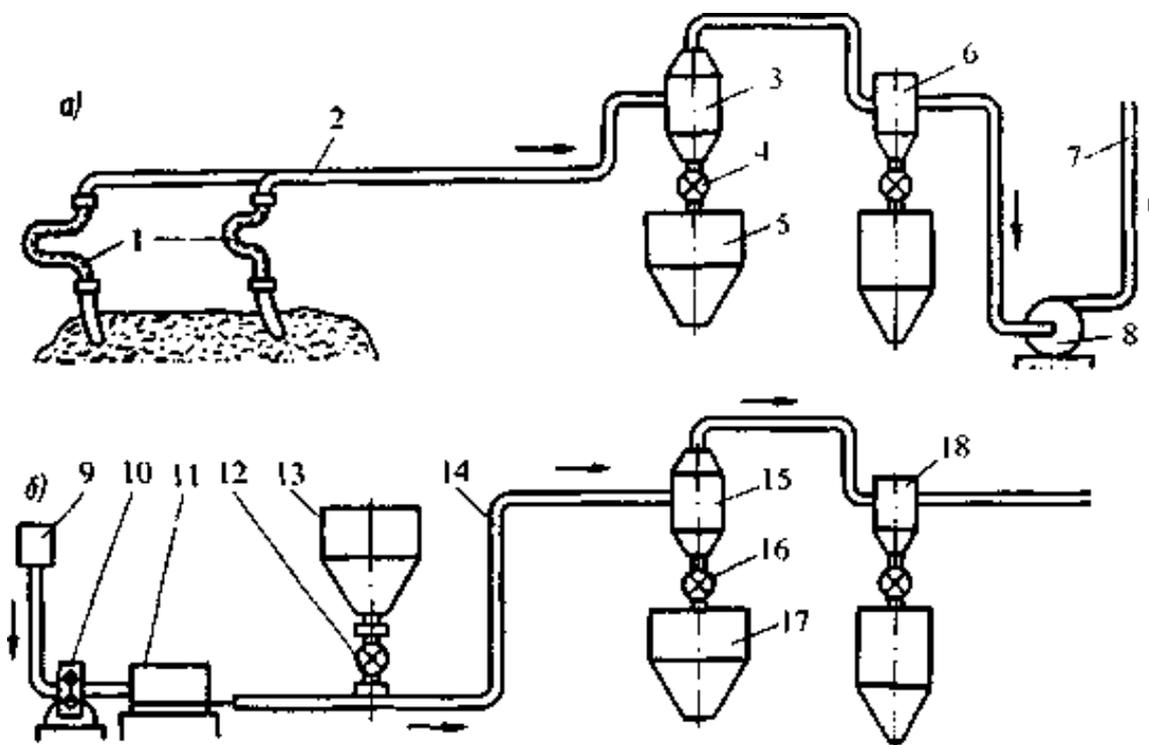


Рис. 3.5.1. Принципиальные схемы пневмотранспортных установок: а – установка всасывающего действия; б – установка нагнетательного действия.

В установках всасывающего действия транспортируемый материал поступает во всасывающий трубопровод 2 вследствие разрежения в нем воздуха, создаваемого вакуум-насосом 8. С помощью сопел 1 возможен забор материала одновременно из нескольких мест. Из всасывающего трубопровода смесь воздуха с транспортируемым материалом поступает в осадительную ка-

меру 3, где, вследствие резкого снижения скорости потока из-за расширения выходного сечения, более тяжелые частицы материала оседают и через шлюзовой затвор 4 высыпаются в бункер 5. Частично очищенный воздух поступает в фильтр 6, работающий по тому же принципу осадительной камеры, где он очищается дополнительно и, пройдя через вакуум-насос 8, по трубопроводу 7 выбрасывается в атмосферу.

Вакуумный эффект в таких установках снижается по мере удаления от вакуум-насоса. Перепад давлений на участке сопло-насос составляет 40 ... 80 кПа, в связи с чем установки всасывающего действия способны транспортировать материалы на небольшие расстояния при малом перепаде высоты. Существенным недостатком таких установок является небольшая долговечность вакуум-насоса, внутренние полости которого подвергаются абразивному изнашиванию при недостаточной очистке выбрасываемого в атмосферу воздуха.

В установках нагнетательного действия материал перемещается в потоке воздуха под действием избыточного давления, создаваемого компрессором 10, который засасывает воздух из атмосферы через воздухоприемник 9 и подает его в воздухоотборник (ресивер) 11, откуда он поступает в транспортный трубопровод 14. Материал подается загрузчиком 13 через затвор 12. Далее транспортная схема аналогична рассмотренной выше: в осадительной камере 15 происходит отделение материала от воздуха, который через затвор 16 выпадает в бункер 17, а воздух, очистившись от примесей фильтром 18, выбрасывается в атмосферу.

Нагнетательные системы применяют для транспортирования материалов по разветвленному трубопроводу из одного места в несколько мест на значительные расстояния при большом перепаде высот. Давление воздуха – от 0,2 до 0,8 МПа.

Всасывающая и нагнетательная системы могут быть объединены в одну пневмотранспортную установку, например, для разгрузки вагонов с последующим транспортированием материала на дальние расстояния.

Преимущества пневматического транспортирования заключаются в герметичности установки, исключающей пыление и загрязнение материала, в полной механизации процесса загрузки и разгрузки материала, в компактности оборудования и возможности перемещения материала по трассе любой конфигурации протяженностью до 2 км при большом перепаде по высоте и большой производительности (200 ... 300 т/ч и более). Недостатком является высокий удельный расход энергии (в 3 ... 6 раз больше, чем для конвейеров), быстрое изнашивание деталей оборудования при перемещении абразивных материалов.

ЛЕКЦИЯ № 4

4. ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

4.1. Погрузочно-разгрузочные машины

Погрузочно-разгрузочные машины предназначены для погрузки штучных грузов и сыпучих материалов на транспортные средства (железнодорожные вагоны, автомобили, конвейеры), для разгрузки их с транспортных средств, а также для перемещения в хранилищах при складировании и сортировке.

Их разделяют по рабочему процессу на машины циклического и непрерывного действия; по виду ходового оборудования - на машины рельсокошесные, пневмокошесные и гусеничные. Известны также стационарные погрузочно-разгрузочные машины.

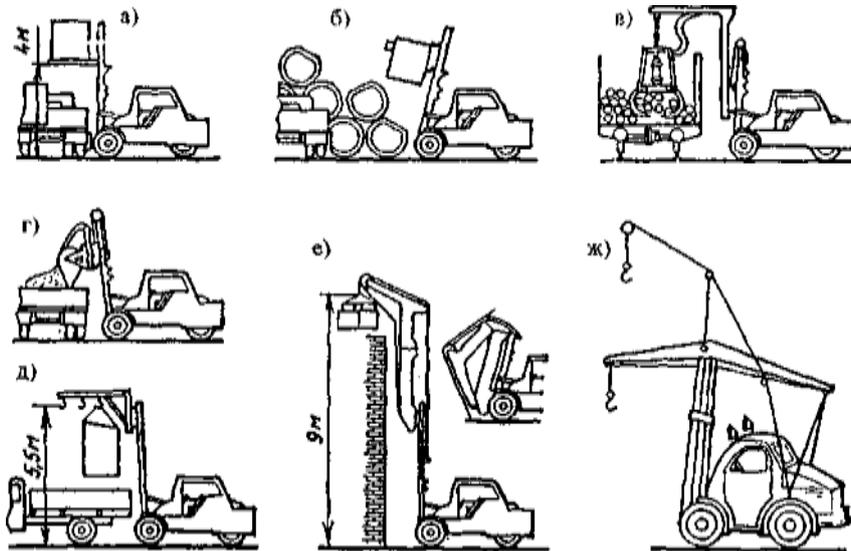


Рис. 4.1.1. Сменные грузозахватные органы автопогрузчиков.

Рабочий цикл машины циклического действия состоит из операций захвата материала, его перемещения, выгрузки и возврата рабочего органа или машины в целом на исходную позицию следующего рабочего цикла. Машины непрерывного действия могут быть оборудованы несколькими рабочими органами, установленными с определенным шагом, например, на бесконечной тяговой цепи, или рабочим органом, например, шнекового типа. При работе в циклическом режиме машина выполняет перечисленные операции последовательно. В машинах непрерывного действия материал поступает на рабочий орган, перемещается вместе с ним или по нему и разгружается непрерывным потоком.

Для перегрузки единичных грузов большой массы (железобетонных изделий, контейнеров с кирпичом и каменными блоками, ящиков с оборудованием, длинномерного лесоматериала и профильного металла) при

одновременном их перемещении по строительной площадке, а также при монтаже применяют вилочные автопогрузчики и краны-манипуляторы.

Вилочным автопогрузчиком называют подъемно-транспортную машину с вертикальным телескопическим подъемником и подвешенными на нем грузовыми вилами. В качестве сменных рабочих органов используют: штырь для рулонов и коротких труб, захват для бревен, ковш для сыпучих материалов, безблочную стрелу, крановую стрелу, рычажную крановую стрелу для увеличения высоты подъема, приспособление для захвата контейнеров и др. Рабочий орган может быть установлен в передней (фронтальные погрузчики) или боковой (боковые погрузчики) части машины. Применяемые в строительстве погрузчики обычно приводятся ДВС (автопогрузчики). В транспортных сетях заводов стройиндустрии и промышленных предприятий используют также погрузчики с электрическим приводом постоянного тока с питанием от аккумуляторных батарей (электропогрузчики).

По грузоподъемности погрузчики делят на легкие (до 2 т), средние (от 3,2 до 5 т), тяжелые (от 5 до 10 т) и сверхтяжелые (более 10 т). При увеличении вылета груза, например, при крановом рабочем оборудовании, грузоподъемность погрузчика снижается. В строительстве наибольшее распространение получили фронтальные автопогрузчики средней грузоподъемности.

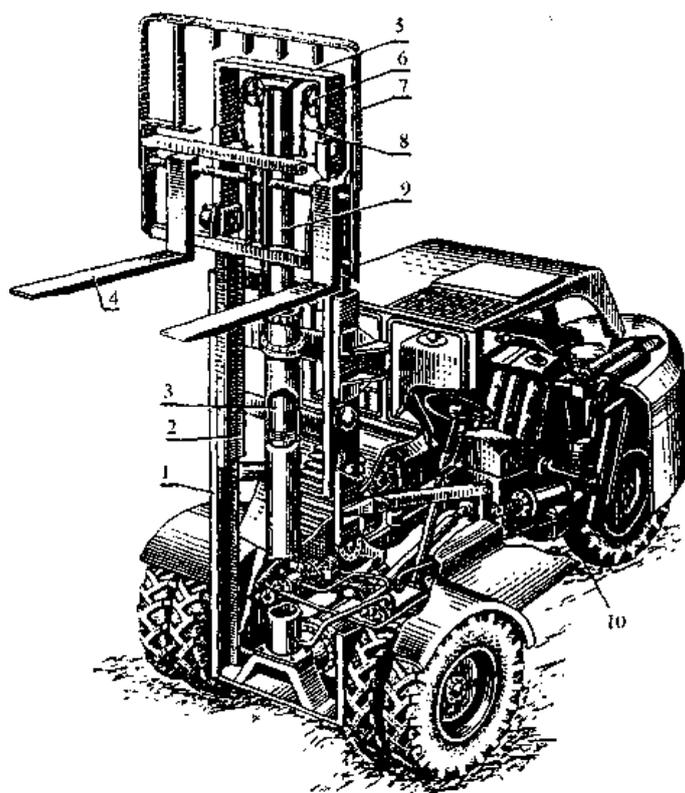


Рис. 4.1.2. Фронтальный вилочный автопогрузчик.

Фронтальный автопогрузчик состоит из самоходного короткобазового шасси, изготовленного, в основном, из стандартных автомобильных узлов и деталей: ДВС с коробкой передач, ведущего и управляемого мостов с ходовыми

колесами, рулевого управления. В отличие от автомобиля задний мост со спаренными ведущими колесами установлен в передней части машины, а управляемый мост – в ее задней части, что обусловлено развеской массы машины с грузом, при которой большая нагрузка приходится на ее переднюю часть. Соответственно изменена ориентация органов управления и рабочего места машиниста. Короткая автомобильная база обеспечивает погрузчику высокую маневренность – способность разворачиваться в стесненных условиях, например, в складских помещениях.

Грузоподъемник состоит из двух рам – внешней 1 и внутренней 2, подъемной каретки 7 с грузовыми вилами 4, подъемного механизма и двух гидроцилиндров 10 отклонения внешней рамы от ее вертикального положения.

Внешняя рама в нижней части шарнирно соединена с рамой самоходного шасси и с помощью двух гидроцилиндров может наклоняться вперед на угол до 3° для подвода вилок под груз при его захвате и назад на угол до 10° для предотвращения сползания груза с вилок при его вертикальных перемещениях, а также при передвижении погрузчика.

Внутренняя рама с помощью гидравлического толкателя 3 одностороннего действия, шток которого 9 жестко закреплен на поперечине 5 внутренней рамы, и обратного двукратного полиспаста (мультипликатора), состоящего из двух грузовых цепей 8, закрепленных концами на внешней раме и грузовой каретке и огибающих звездочки 6, подвешенные к поперечине внутренней рамы, может перемещаться вверх по направляющим внешней рамы. Аналогично по направляющим внутренней рамы может перемещаться грузовая каретка 7. Благодаря мультипликатору скорость перемещения грузовой каретки в два раза превышает скорость перемещения штока гидротолкателя. Опускают груз гравитационно. Гидроцилиндры питаются рабочей жидкостью от лопастного или шестеренного насоса, приводимого двигателем автопогрузчика.

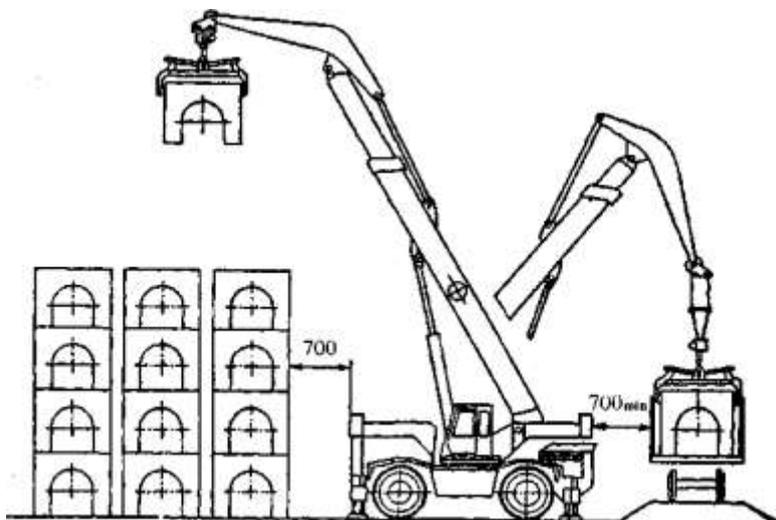


Рис. 4.1.3. Кран-манипулятор для перегрузки утяжелителей для трубопроводов.

Рабочий цикл фронтального автопогрузчика состоит из операций захвата установленного на подкладках штучного или тарного груза (подвод вил под груз, наклон внешней рамы назад), перемещения погрузчика к месту разгрузки, при необходимости с подъемом груза, установки груза на подкладки в месте разгрузки и возврата погрузчика на исходную позицию следующего рабочего цикла.

Максимальная высота подъема вилочного захвата автопогрузчика средней грузоподъемности составляет примерно 4,5 м, а груза на крюке Г-образной стрелы – до 7 м. Скорость подъема груза составляет от 0,5 до 10 м/мин, а скорость передвижения по дорогам с твердым покрытием – до 50 км/ч.

Краны-манипуляторы представляют собой специальные подъемно-транспортные средства, обычно с дистанционно управляемым грузозахватным устройством. Краны-манипуляторы изготавливают на базе автомобилей, тракторов и одноковшовых полноповоротных экскаваторов.

Погрузочные машины используют в строительстве для погрузки инертных и вяжущих материалов в карьерах и на складах. Погрузочные машины, называемые также одноковшовыми (фронтальными) погрузчиками, могут быть выполнены как навесное оборудование на серийно выпускаемых колесных, реже – гусеничных тракторах или колесных тягачах, а также как специальные машины с использованием тракторного ходового и силового оборудования. Эти машины обычно представляют собой погрузочно-отвальное оборудование, установленное на колесном тягаче.

Одноковшовые погрузчики предназначены для погрузки на транспортные средства (автомобили-самосвалы и полувагоны) сыпучих и кусковых грузов (песка, гравия, щебня, строительного мусора, каменного угля, кокса и т. п.).

Погрузчики со специальными ковшами используют также для перегрузки скальных пород, разработки и погрузки гравийно-песчаных материалов в карьерах и т. п. Погрузчики могут быть оборудованы специальными устройствами для монтажных, зачистных, планировочных, снегоуборочных и т. п. работ.

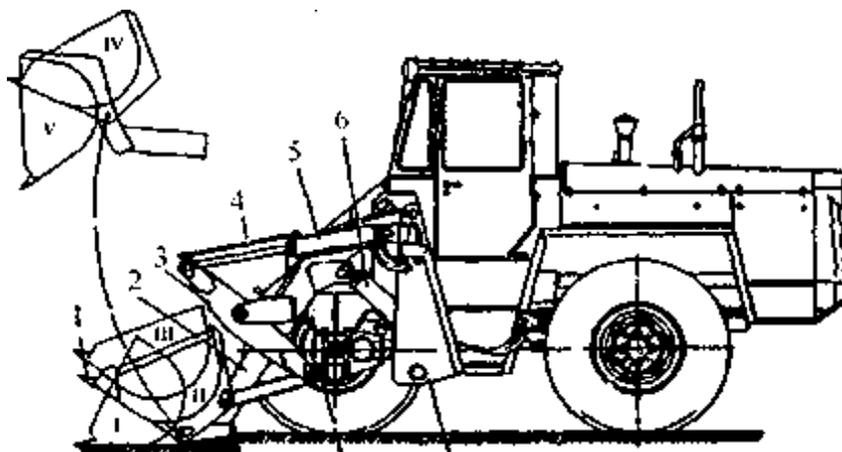


Рис. 4.1.4. Фронтальный одноковшовый погрузчик.

Скорость подъема ковша при черпании составляет 1...1,5 м/с; высота подъема ковша грузоподъемностью 1,25...5 т составляет 2,7 ... 3,4 м; рабочие скорости передвижения погрузчика 8 ... 12 км/ч, а транспортные скорости - 25 ... 50 км/ч.

Погрузочные машины непрерывного действия подразделяются на:

- а – передвижные ленточные конвейеры;
- б – погрузочные машины с винтовым питателем;
- в – погрузочные машины с черпаковым загрузочным устройством (роторные погрузочные машины);
- г – погрузочные машины с загребающими лапами.

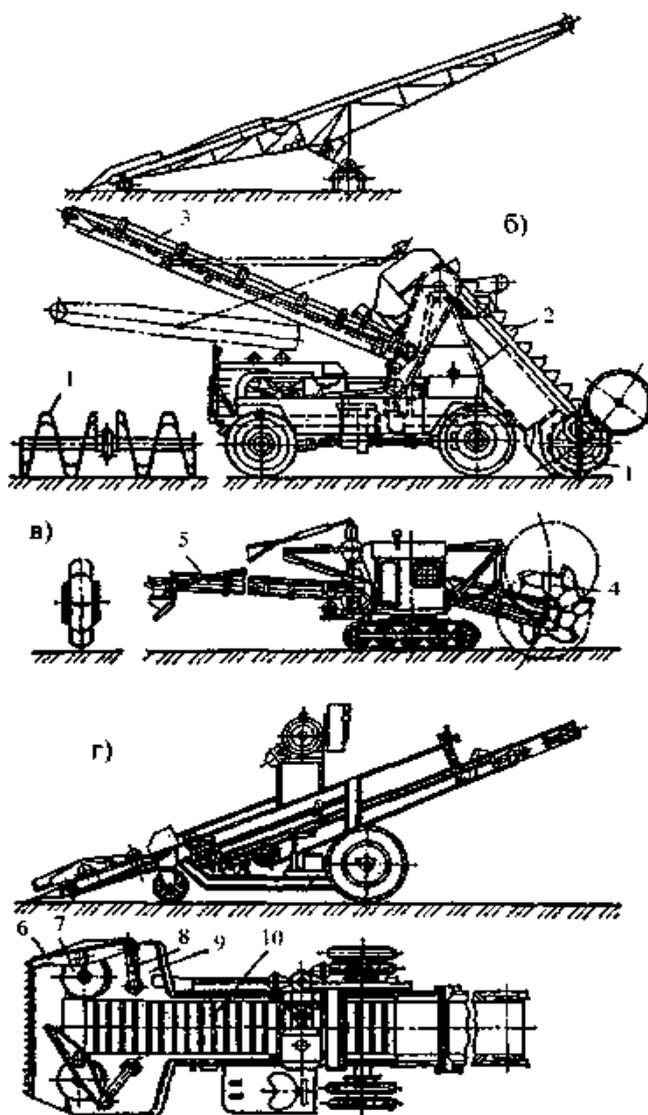


Рис. 4.1.5. Погрузочные машины непрерывного действия.

Передвижные ленточные конвейеры загружают материал вручную или бульдозером при заглублении загрузочного конца в приямок. Перемещают конвейер также вручную. Несущим органом является плоская или желобчатая конвейерная лента шириной от 0,4 до 0,65 м. Скорость движения ленты

составляет от 0,5 до 3,2 м/с. Выпускают передвижные конвейеры длиной 5, 10 и 15 м.

Погрузочные машины с винтовым питателем с ленточным или лопастным (для крупнокусковых материалов) винтом применяют для перегрузки песка, гравия, щебня, глины.

Машины такого типа имеют механическую, гидромеханическую или электромеханическую трансмиссию. В последнем случае механизмы винтового питателя, ковшового и ленточного конвейеров, а также гусениц или колесных осей приводятся индивидуальными электродвигателями, питаемыми от генератора трехфазного тока, приводимого ДВС. Используют также машины, питаемые электроэнергией от внешней электросети. Производительность многоковшовых погрузчиков составляет обычно от 40 до 160 м³/ч.

Машины с черпаковым загрузочным устройством применяют для погрузки несслежавшихся материалов (песка, рыхлого грунта, угля и т. п.). При вращении ротор захватывает материал и перегружает его на приемный ленточный конвейер, расположенный вдоль поворотной в вертикальной плоскости стрелы с ротором на ее конце. Роторные погрузчики могут работать как при непрерывной подаче машины на штабель, забирая материал с определенного его уровня, так и позиционно, разрабатывая штабель сверху вниз путем опускания стрелы с ротором без перемещения машины. По достижении ротором подошвы забоя машину перемещают вперед на новую позицию.

Машины с загребающими лапами, обычно используемые как снегоуборочные, применяют также для погрузки мелко- и среднекусковых преимущественно малоабразивных материалов, например, угля.

Производительность погрузочных машин непрерывного действия составляет от 50 до 300 м³/ч и зависит, прежде всего, от работы питателя и размера штабеля.

Контрольные вопросы

1. Виды транспорта, используемого в строительстве, их особенности.
2. Применение в строительстве грузовых автомобилей, автопоездов, их классифицирование по назначению, по проходимости и по грузоподъемности.
3. Отличие прицепов от полуприцепов.
4. Специализированные транспортные средства, назначение, устройство и особенности их эксплуатации.
5. Специальные транспортные средства, их принципиальное отличие от других автотранспортных средств.
6. Тракторы, их назначение и классификация, основной показатель трактора.
7. Пневмоколесные тягачи, их назначение и технико-эксплуатационная характеристика. Одноосные и двухосные тягачи, их устройство.
8. Транспортирующие машины и оборудование, их назначение и классификация.

9. Устройство и принцип работы ленточного конвейера. Применение прямых и желобчатых катучих опор в ленточном конвейере.
10. Особенности устройства ленточно-канатных и ленточно-цепных конвейеров.
11. Область применения стационарных и передвижных ленточных конвейеров, их отличие друг от друга.
12. Пластинчатые конвейеры, их устройство и область применения.
13. Ковшовые элеваторы, их устройство и принцип работы.
14. Винтовые конвейеры, их устройство и принцип работы.
15. Вибрационные конвейеры, принцип их работы.
16. Пневмотранспортные установки, принцип работы установок всасывающего и нагнетательного действия. Преимущества и недостатки пневмотранспортных установок.
17. Погрузочно-разгрузочные машины, их устройство и область применения.
18. Вилочные погрузчики, виды их сменных рабочих органов.
19. Фронтальные автопогрузчики, принцип их работы.
20. Одноковшовые погрузчики, принцип их работы.
21. Погрузочные машины непрерывного действия, их назначение, устройство и рабочие процессы.

ЛЕКЦИЯ №5

ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

5.1. Общие сведения

В строительстве подъёмно-транспортные (грузоподъемные) машины используют для перемещения строительных материалов, монтажа строительных конструкций, погрузочно-разгрузочных работ на складах строительных материалов, монтажа и обслуживания технологического оборудования в процессе его эксплуатации и др.

По характеру рабочего процесса все грузоподъемные машины являются машинами циклического действия.

По конструктивному исполнению и виду выполняемых работ их делят на домкраты, полиспасты, лебедки, подъемники, монтажные вышки и краны.

Домкраты представляют собой винтовые, реечные или поршневые гидравлические толкатели для подъема грузов на незначительную высоту. Их используют на монтажных и ремонтных работах.

Полиспасты представляют собой канатно-блочный механизм, предназначенный для увеличения тягового усилия в рабочем канате.

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

Подъемники применяют для вертикального перемещения грузов (грузовые подъемники) и людей (пассажирские подъемники), размещаемых в кабинах или на площадках. Подъемники, которые вместе с грузами могут поднимать и людей, называют грузопассажирскими.

Монтажные вышки являются разновидностью подъемников, смонтированных на грузовых автомобилях.

Краны являются универсальными грузоподъемными машинами. Их применяют для перемещения штучных и сыпучих грузов по пространственной трассе произвольной конфигурации и различной протяженности.

Основной характеристикой грузоподъемной машины является грузоподъемность, под которой понимают наибольшую допустимую массу поднимаемого груза вместе с массой грузозахватных устройств.

Кроме того, грузоподъемные машины характеризуются зоной обслуживания, в т.ч. высотой подъема груза, а также скоростями рабочих движений.

Требования к проектированию, устройству, изготовлению, установке, ремонту, реконструкции и эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов определяются «Правилами Госгортехнадзора». Они обязательны для всех министерств, ведомств, объединений, организаций, предприятий и граждан,

независимо от форм собственности. Этим требованиям должны соответствовать также грузоподъемные машины и их узлы, приобретаемые за рубежом.

5.2. Полиспасты

Полиспастные системы используют обычно в совокупности с лебёдками, образуя канатные подъемные механизмы.

Основой канатного подъемного механизма служит устройство, состоящее из барабана 1 (рис. 3.1, а), стального каната 2, системы блоков 3 - 5 и грузозахватного устройства 6. Вместо барабана может быть использован также канатоведущий шкив.

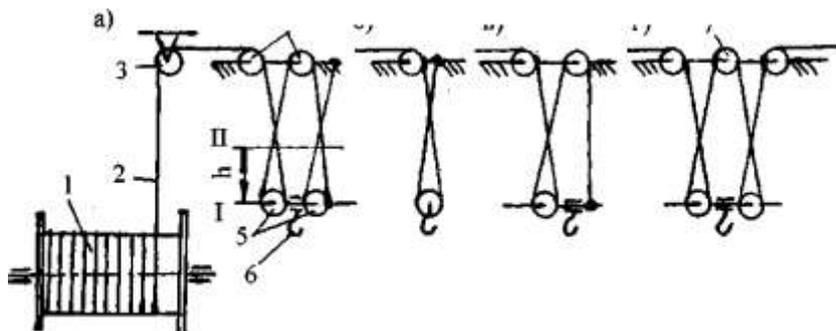


Рис. 5.2.1. Канатно-блочная система подъемного механизма.

Канат изготавливают свивкой из высокопрочной стальной проволоки диаметром 0,3 ... 3 мм. Стальные канаты бывают одинарной, двойной и тройной свивки.

При одинарной свивке канат свивают из отдельных проволок, при двойной – из предварительно свитых прядей, при тройной – из нескольких канатов двойной свивки. В грузоподъемных машинах применяют, в основном, канаты двойной свивки. В центре такого каната помещается сердечник из органического волокна, пропитанный смазочным материалом и служащий базой для навивки вокруг него прядей.

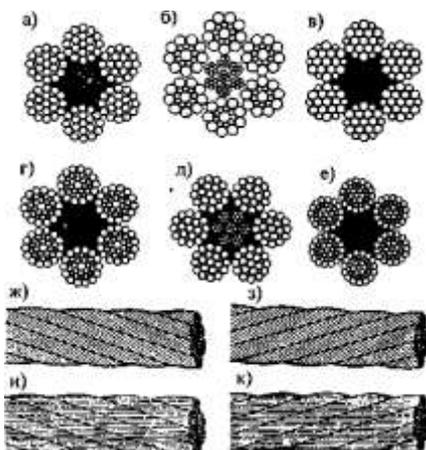


Рис. 5.2.2. Канаты стальные.

В механизмах грузоподъемных машин и такелажных приспособлениях применяют преимущественно шестипрядные канаты двойной крестовой свивки с одним органическим сердечником с числом проволок $6 \times 19 = 114$ и $6 \times 37 = 222$.

Стальные канаты характеризуются диаметром, маркировочной группой проволоки и разрывным усилием каната в целом F_0 (кН), по которому выбирают типоразмер каната, связанный с наибольшим усилием натяжения S_{\max} (кН) соотношением

$$F_0 = S_{\max} \cdot K_p,$$

где K_p – минимальный коэффициент запаса прочности, зависящий от вида, назначения, режима работы механизма (для неподвижных канатов $K_p = 2,5 \dots 5$; для подвижных канатов $K_p = 3,15 \dots 9$).

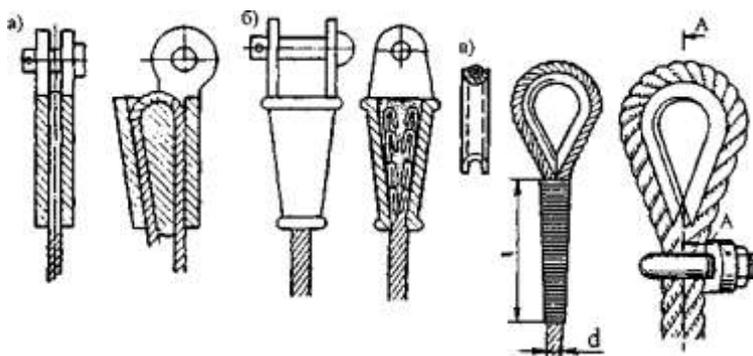


Рис. 5.2.3. Приспособления для зажима канатов при креплении свободных концов каната к элементам конструкции машин.

Канатный блок полиспаста представляет собой установленное на оси с подшипниками качения или скольжения чугунное или стальное колесо с V-образным ручьем на его ободе для укладки в нем каната. Блоки предназначены для изменения направления каната.

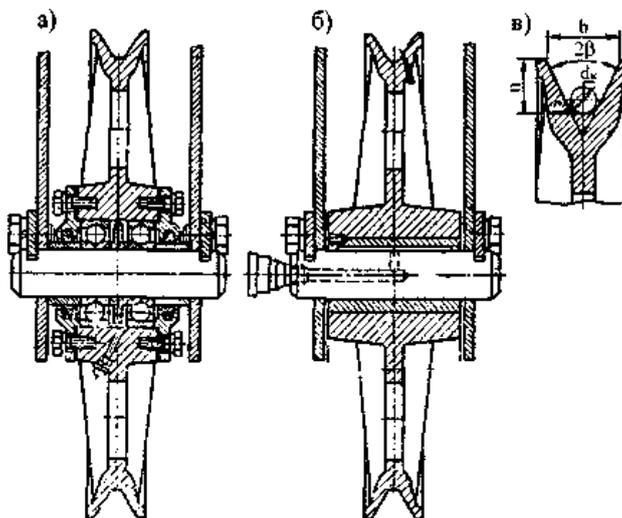


Рис. 5.2.4. Канатные блоки.

Согласно правилам Госгортехнадзора по условиям долговечности канатов отношение диаметра блока, измеренного по средней линии каната, к диаметру последнего в зависимости от режима работы механизма принимается не менее 12,5 ... 28.

Блоки могут быть установлены единично или группами на единой оси, называемыми блочными обоймами.

Единичные блоки, называемые отклоняющими, служат для изменения направления каната, а блоки, объединенные в обоймы, вместе с канатом образуют полиспаст, кратное преобразующий входной параметр – скорость каната V_k в выходной параметр – скорость подъема груза V_z .

Отношение

$$i = \frac{V_k}{V_z}$$

называют кратностью полиспаста.

Верхнюю блочную обойму полиспаста, называемую неподвижной, подвешивают к каркасу здания или элементам грузоподъемной машины.

Нижнюю обойму называют подвижной или крюковой из-за наличия на ней крюковой подвески.

Кратность полиспаста численно равна числу ветвей каната, на которых подвешен груз. Кратность полиспаста всегда есть целое число.

КПД полиспаста определяют по формуле:

$$\eta_n = \frac{\eta_0^i}{i \cdot (\eta_0 - 1)},$$

где η_0 – КПД одного полиспастного блока;

i – кратность полиспаста.

Для полиспастов кратности не выше четырех КПД допустимо определять по формуле:

$$\eta_n = \eta_0^n,$$

где n – число блоков в полиспасте.

Для определения КПД всей канатно-блочной системы следует учесть также КПД отклоняющих блоков.

Типоразмер каната назначают по его разрывному усилию в соответствии с действующими стандартами.

5.3. Лебёдки

Лебёдка́ми называют устройства для подъема (подъемные лебедки) или горизонтального перемещения (тяговые лебедки) грузов.

По виду привода они могут быть ручными или приводными (от электродвигателя, гидромотора или ДВС).

Лебёдки, которые оборудуют одним или двумя барабанами, называют барабанными лебёдками.

В конструкциях шахтных подъемников (лифтов), а также в качестве подъемных устройств подвесных подмостей, используемых при ремонте фасадов зданий, нашли применение безбарабанные лебёдки с канатоведущим шкивом.

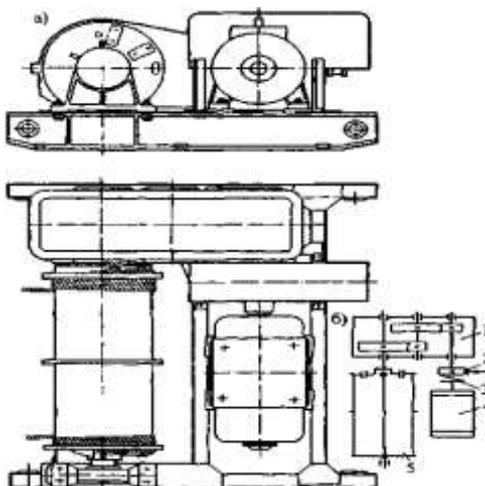


Рис. 5.3.1. Электролебёдка.

Лебедки характеризуются тяговым усилием и скоростью движения каната (окружным усилием или скоростью на первом слое навивки каната на барабан или в набегающей на канатоведущий шкив ветви каната).

Барабанные лебедки, кроме того, характеризуются канатоёмкостью барабана – максимальной длиной каната, укладываемого на барабан.

Наибольшее распространение как в приводах грузоподъемных машин с электроприводом, так и как самостоятельные подъемные механизмы получили электрореверсивные лебедки.

Барабан такой лебедки приводится электродвигателем 4 через зубчатый редуктор 1. Лебедка оборудована нормально замкнутым двухколодочным тормозом 2, установленным на шкиве упругой втулочно-пальцевой муфты 3. Электродвигатель, тормоз, редуктор и опоры барабана 5 закреплены на сварной раме, устанавливаемой на фундамент (для лебедок как самостоятельных подъемных механизмов) или на несущем каркасе грузоподъемной машины. Опускают груз реверсированием электродвигателя.

Основными параметрами лебедок являются номинальная мощность приводного двигателя:

$$P = \frac{Qgv}{\eta},$$

где Q – грузоподъемность, т;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

v – скорость перемещения груза, м/с ;

η – суммарный КПД механизма.

Для перегрузки грузов в складских и производственных помещениях, на монтажных площадках применяют подвесные передвижные лебёдки с электрическим приводом – электротали (тельферы), перемещаемые по монорельсовым путям собственным механизмом передвижения.

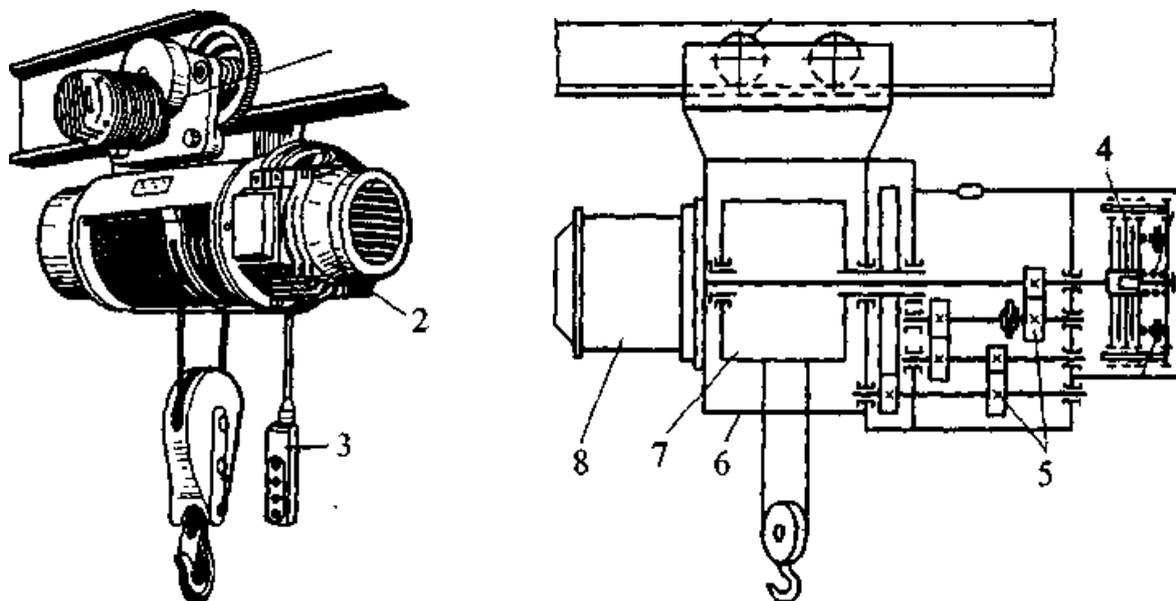


Рис. 5.3.2. Электроталь.

Подъемный механизм 2 электротали приводится прифланцованным к корпусу 6 или встроенным в барабан 7 асинхронным короткозамкнутым крановым электродвигателем 8 через редуктор 5. Таль оснащена действующим автоматически нормально замкнутым дисковым электромагнитным тормозом 4. Управляют электроталью с пола с помощью кнопочного пульта 3, подвешенного на гибком кабеле.

Грузоподъемность электроталей составляет обычно от 0,25 до 5 т, высота подъема – до 6 м, скорость подъема груза – 8 м/мин, скорость передвижения – 20 м/мин. Известны также электротали грузоподъемностью 10 т при высоте подъема до 20 м.

5.4. Строительные подъемники

Строительные подъемники предназначены для подъема грузов и людей на этажи зданий при отделочных и ремонтных работах. Грузы размещаются в ковшах, кабинах и на площадках, перемещаемых в жестких направляющих в вертикальном или близком к вертикальному направлению. По назначению они бывают грузовыми и грузопассажирскими, а по конструкции направляющих – мачтовыми, у которых направляющие выполнены в виде свободно стоящих или прикрепленных к зданию мачт, и шахтными, в которых направляющие находятся внутри шахты, являющейся ограждением для кабины (грузовой площадки).

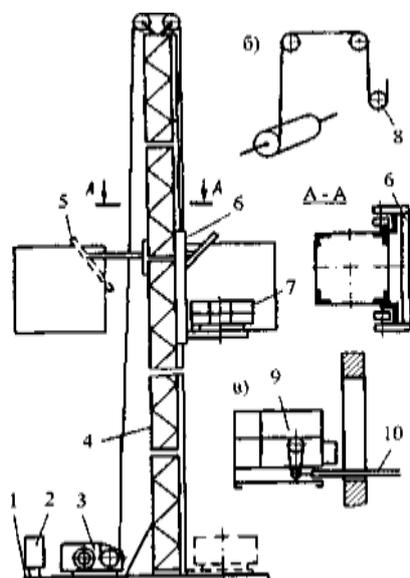


Рис. 5.4.1. Грузовой подъёмник.

Грузовой подъёмник состоит из опорной рамы 1, мачты 4 (составляется из отдельных, наращиваемых по мере возведения здания, секции), каретки 6, грузовой платформы 7, электрореверсивной лебедки 3 с полиспастной системой и электрического шкафа 2. Каретка с грузовой платформой перемещается по направляющим мачты: вверх – лебедкой, с которой она связана канатом с помощью блока 8; вниз – гравитационно.

Подъёмник устанавливают так, чтобы грузовая платформа двигалась против оконных проемов здания. Грузовые платформы современных подъёмников с высотой подъема груза 17 м и более оборудуют выдвижной площадкой 10 с приводом 9 для ее ввода в оконный проем.

Грузовые мачтовые подъёмники общего назначения могут поднимать и подавать в оконные проемы грузы массой 0,3 ... 0,5 т при высоте здания до 16 этажей. Скорость подъема составляет 22 ... 37 м/мин. В высотном строительстве применяют подъёмники грузоподъемностью до 1,6 т при высоте подъема до 200 м и более.

На завершающей стадии строительства для передачи строительных материалов на верхние этажи используют также установленные внутри здания стационарные шахтные грузовые, пассажирские или грузопассажирские подъёмники (лифты).

Все строительные подъёмники изготавливаются и эксплуатируются в соответствии с Правилами Госгортехнадзора РФ. До пуска в работу подъёмники подлежат регистрации в органах Госгортехнадзора и подвергаются техническому освидетельствованию.

ЛЕКЦИЯ №6

6.1. Краны

Краны представляют собой грузоподъемные машины циклического действия, предназначенные для перемещения грузов и конструкций в вертикальном и горизонтальном направлениях.

По способу обеспечения зоны обслуживания краны можно подразделить на стреловые и краны пролётного (мостового) типа.

Стреловые состоят из неповоротной и поворотной части; к последней прикреплена стрела с полиспастом на ее конце, к подвижной обойме которого подвешено грузозахватное устройство. Неподвижная обойма полиспаста может быть также установлена на подвижной каретке (тележке), перемещающейся вдоль стрелы.

Груз в этих кранах всегда находится вне опорного контура крана. К стреловым относятся башенные краны, большая группа самоходных стреловых кранов (гусеничных, рельсоколесных, пневмоколесных, на шасси автомобильного типа, автомобильных, тракторных, кранов-трубоукладчиков, мощных монтажных кранов).

Краны пролетного (мостового) типа состоят из пролетного строения и перемещающейся по нему тележки с полиспастом. Груз находится в пределах опорного контура крана. В эту группу кранов входят мостовые, козловые и кабельные краны.

6.1.1. Общие сведения о кранах

Основными параметрами кранов являются: грузоподъемность, высота подъема груза, вылет груза – расстояние от оси вращения поворотной части крана до грузозахватного органа (для стреловых кранов); пролет, численно равный колее – расстоянию между продольными осями рельсов кранового пути (для пролетных кранов); глубина опускания груза, измеренная от уровня опорной поверхности крана до грузозахватного органа; колея – расстояние в поперечном направлении между серединами ходовых колес или гусениц; база – расстояние в продольном направлении между осями ходовых колес или осями ведущей звездочки и натяжного колеса – у гусеничных машин.

Основными скоростными параметрами кранов являются: скорость подъема груза, скорость плавной посадки груза – наименьшая скорость опускания груза; средняя скорость изменения вылета; частота вращения поворотной части крана; скорость передвижения крана.

Грузоподъемность пролетных кранов всегда постоянна, а стреловых консольных кранов – переменна, зависящая от вылета груза (большая грузоподъемность соответствует меньшему вылету).

Стреловые краны характеризуют различными значениями грузоподъемности для случаев их позиционной работы и при движении, а

пневмоколесные краны, кроме того, грузоподъемностью при работе с выносными опорами и без них. Зависимость грузоподъемности от вылета груза называют грузовой характеристикой, которую обычно представляют графически.

Различают минимальный и максимальный вылеты, соответствующие наибольшей и наименьшей грузоподъемности. Обычно при изменении вылета изменяется также максимальная высота подъема груза. Эту зависимость выражают также графически в виде высотной характеристики. Часто грузовую и высотную характеристики совмещают на одном графике, называя ее грузовысотной характеристикой.

Произведение грузоподъемности на соответствующий ей вылет называют грузовым моментом (тм). При работе крана на выносных опорах различают поперечную и продольную базы выносных опор – расстояния между вертикальными осями выносных опор, измеренные соответственно поперек и вдоль продольной оси ходовой тележки крана.

Контур, образованный горизонтальными проекциями сторон многоугольника, охватывающего опорные элементы (колеса, выносные опоры, гусеницы), называют опорным контуром.

В соответствии с Правилами Госгортехнадзора грузы, а также стрелы стреловых кранов опускают только в двигательном режиме. При отключении приводов механизмов подъема груза и стрел у всех кранов автоматически включаются тормоза.

6.1.2. Стреловой полноповоротный переносной кран

Характерными особенностями таких кранов являются небольшие масса и габаритные размеры, простота изготовления, удобство и надежность в эксплуатации, легкость монтажа, демонтажа и переноски.

Стреловой полноповоротный переносной кран применяют для подъема различных строительных материалов и оборудования на строящееся здание, а также для подъема грунта в бадьях при разработке небольших котлованов и траншей. Рабочие движения крана – подъем (опускание) груза и поворот стрелы с поднятым грузом в плане на 360°.

Кран состоит из основания с салазками 1, поворотной платформы 3, трубчатой стрелы 9, механизма подъема груза и системы управления. В центре основания установлен трубчатый стакан 10, в который вставлен шкворень поворотной платформы. На консоли поворотной платформы размещены грузовая лебедка 5 и противовес 2. Спереди к поворотной платформе шарнирно крепится трубчатая стрела, удерживаемая в рабочем положении оттяжками 4. Изменение вылета стрелы производится путем изменения длины оттяжек. Механизм подъема груза состоит из реверсивной червячной лебедки 5 с приборами управления, грузового каната 6 и крюковой обоймы 8. Грузовой канат с барабана лебедки проходит через головной блок стрелы, блок крюковой обоймы и закрепляется на стреле. На головке стрелы установлен рычажный

ограничитель 7 высоты подъема крюка, отключающий двигатель лебедки при подходе крюковой обоймы к крайнему верхнему положению. Поворот платформы и передвижение крана производят вручную.

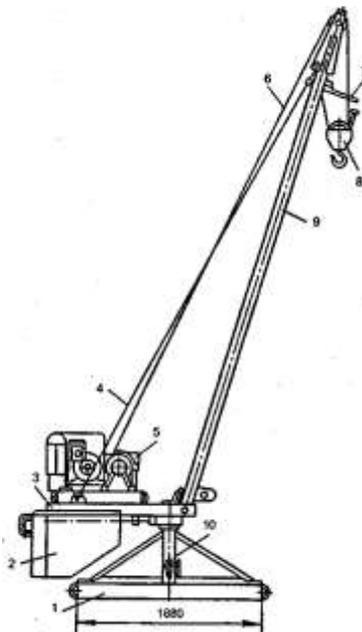


Рис. 6.1.2.1. Стреловой полноповоротный переносной кран.

Максимальная грузоподъемность передвижных полноповоротных кранов 0,5 – 1,0 т, наибольший вылет стрелы 3 – 4 м, наименьший – 2 м, высота подъема крюка 4, 5 – 6 м при установке на земле и 18 – 20 м при установке на здании.

6.1.3. Башенные краны

Башенными называют строительные краны со стрелой, закрепленной в верхней части вертикально установленной башни, и выполняющие работу по перемещению грузов и монтажу строительных конструкций за счет сочетания рабочих движений: подъема и опускания груза, изменения вылета, поворота стрелы с грузом и передвижения самого крана (для передвижных кранов).

Башенные краны используют как основные грузоподъемные машины для выполнения строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в гражданском, промышленном и энергетическом строительстве. Грузоподъемность кранов, используемых в жилищном строительстве, обычно составляет от 5 до 25 т, а кранов для монтажа конструкций и тяжелого промышленного оборудования – до 50 т и даже до 250 т. Широкое распространение башенных кранов в строительстве предопределяется их высокой маневренностью, большой зоной обслуживания и подстреловым пространством.

Башенные краны классифицируют:

по назначению (строительные, монтажные, краны-перегрузатели);

по возможности передвижения (передвигающиеся по рельсовым путям; стационарные или приставные, прикрепляемые к возводимому сооружению; самоподъемные, устанавливаемые на каркасы зданий и перемещаемые по ним в вертикальном направлении);

по способу изменения вылета крюка (с подъемной и с горизонтальной балочной стрелой);

по типу вращающихся элементов башенно-стрелового оборудования (с поворотными башнями или головками);

по типу металлических конструкций основных элементов (решетчатые и трубчатые).

Согласно действующей системе индексации в технической документации и деловой переписке башенные краны обозначают индексом типа КБ-0000. Для конкретной модели крана нули заменяют цифрами. Первая цифра обозначает размерную группу крана (от 1 до 9 соответственно грузовым моментам до 300, до 750, до 1000, до 1750, до 3000, до 5500, до 8000, до 12000 и более 12000 кН). Следующие две цифры обозначают порядковый номер базовой 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.

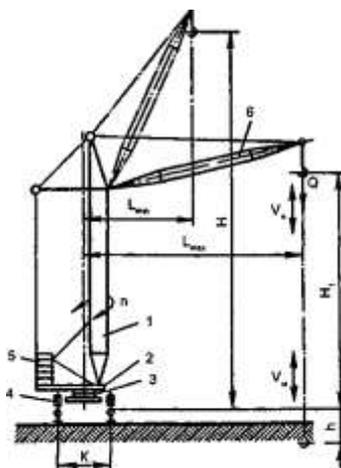


Рис. 6.1.3.1. Схема башенного крана с поворотной башней, подъемной стрелой и нижним расположением противовеса.

Модели кранов, прошедшие первую модернизацию, помечают буквой А, помещаемой после цифровой части индекса, прошедшие вторую модернизацию – буквой Б и т. д. в порядке русского алфавита. Также буквами русского алфавита обозначают специальное климатическое исполнение крана – для холодного (ХЛ), тропического (Т) и тропического влажного (ТВ) климата.

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. Все механизмы башенных

кранов оборудованы нормально замкнутыми тормозами, автоматически размыкающимися при включении привода. Иногда в поворотных механизмах устанавливают также нормально разомкнутые тормоза с устройством (на рычагах или педалях управления тормозом) для фиксации в замкнутом состоянии.

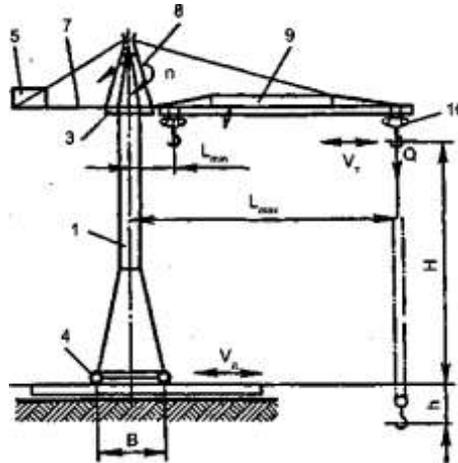


Рис. 6.1.3.2. Схема башенного крана с неповоротной башней, балочной стрелой и верхним расположением противовеса.

Основные элементы башенного крана:

1 – башня; 2 – поворотная платформа; 3 – опорно-поворотное устройство; 4 – ходовое устройство; 5 – противовес; 6 – подъемная стрела; 7 – консоль противовеса; 8 – поворотный оголовок; 9 – балочная стрела; 10 – грузовая тележка.

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

Основные параметры строительных башенных кранов регламентированы требованиями ГОСТ, к ним относятся: вылет крюка L (расстояние от оси вращения поворотной части крана до центра зева крюка), грузоподъемность Q (масса наибольшего допускаемого груза для заданного вылета), высота подъема H и др.

Башенный кран с поворотной башней состоит из неповоротной рамы с ходовым устройством 5 и его приводом и поворотной части. Последняя включает поворотную платформу 4 с противовесом 7, механизмом вращения 3, грузовой 8 и стреловой 9 лебедками, башню 2, стрелу 1, грузовой 13 и стреловой 10 полиспасты. Все механизмы крана имеют индивидуальный электрический привод. Поворотная часть опирается на неповоротную через опорно-поворотный шариковый или роликовый круг 6 закрытого типа.

Башня решетчатой или трубчатой конструкции закреплена на поворотной платформе, а стрела закреплена шарнирно в верхней части башни. Стрела удерживается растяжками 12, огибающими направляющие блоки и закрепленными своими концами на верхней обойме стрелового полиспаста, с помощью которого, а также стрелоподъемной лебедки она может подниматься

и опускаться, изменяя при этом высоту подъема и вылет груза. Поднимают и опускают груз грузовой лебедкой с полиспастом 13 и крюковой подвеской.

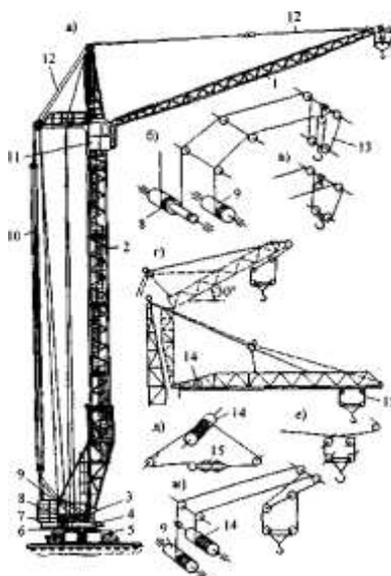


Рис. 6.1.3.3. Башенный кран с поворотной башней.

Грузовые полиспасты башенных кранов бывают четырех- или двукратными. Первые используют для подъема больших грузов на малой скорости, а вторые – для подъема малых грузов на повышенной скорости.

Стрела может быть оборудована грузовой кареткой, перемещающейся по направляющим вдоль горизонтально или наклонно установленной стрелы с помощью тяговой электрореверсивной лебедки, расположенной на стреле или на поворотной платформе. На каретке установлены блоки грузового полиспаста. При перемещении каретки они обкатываются по грузовому канату, и груз перемещается вдоль стрелы в горизонтальной плоскости. При необходимости подъема стрелы грузовую каретку фиксируют на стреле.

В случае перемещения грузовой каретки по наклонной стреле с углом наклона до 30° грузовой и тяговый канаты запасовывают по схеме, при которой обеспечивается горизонтальное перемещение груза. Для увеличения высоты подъема (при сопутствующем этому уменьшении вылета груза) стрелы некоторых кранов выполняют из двух частей, соединенных между собой шарнирно. Корневую часть устанавливают вертикально, а удлиняющую - наклонно.

Грузовая каретка в этом случае может быть зафиксирована на наклонной части стрелы или перемещаться по ней. Обычно нижнюю (грузовую) обойму выполняют с разнесенными блоками, благодаря чему предотвращается закручивание канатов грузового полиспаста. В кранах с грузовой кареткой для изменения вылета груза требуются меньшие затраты энергии, чем в случае подъемной стрелы, однако конструкция крана при этом получается более сложной.

Краны с неповоротной башней отличаются от кранов с поворотной башней тем, что вместе с нижней рамой 2 и ходовыми тележками 3,

конструктивно сходными с таковыми для кранов с поворотной башней, к неповоротной части относится также башня 1 с порталом и балластом 4 в нижней части. Балласт обеспечивает крану требуемую устойчивость против опрокидывания как под нагрузкой, так и в ненагруженном состоянии. Поворотная же часть крана включает поворотную головку 12, опирающуюся на верхнюю часть башни через опорно-поворотное устройство 6, обычно горизонтально расположенную стрелу 14 с грузовой кареткой 15 и лебедкой 13 для ее передвижения и противовесную консоль 7 с передвижным противовесом 8, грузовой лебедкой 9 и лебедкой передвижения противовеса 11. Стрела и противовесная консоль поддерживаются растяжками 10. Как и в случае кранов с поворотной башней, противовес служит для выравнивания нагрузок на тела качения опорно-поворотного круга. Его положение на противовесной консоли зависит от положения грузовой каретки на стреле и массы поднимаемого груза.

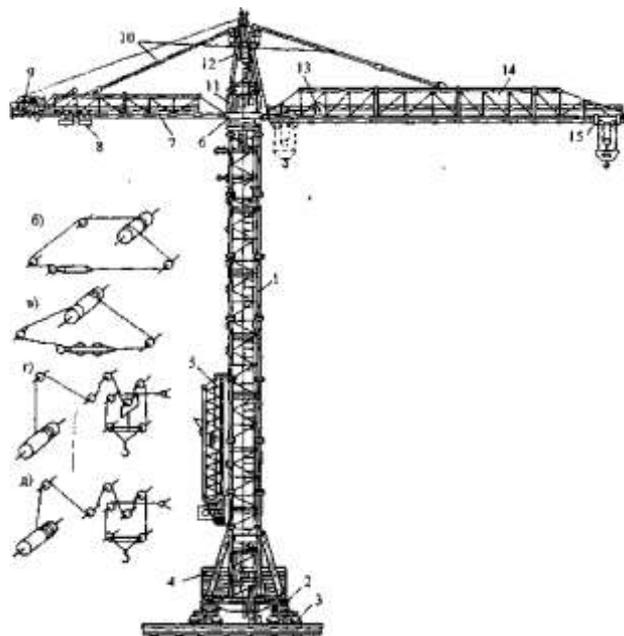


Рис. 6.1.3.4. Башенный кран с неповоротной башней.

По мере возведения здания башню удлиняют с помощью монтажной стойки 5. Для этого, предварительно уравновесив поворотную часть соответствующим расположением грузовой каретки и противовеса, с помощью монтажной стойки и специальной лебедки поднимают башню вместе с поворотной частью и в образовавшийся зазор вводят дополнительную секцию, которую пристыковывают к нижней части поднятой башни, после чего на нее опускают верхнюю часть. В кранах с поворотной башней масса высокорасположенных элементов меньше, чем в кранах с неповоротной башней, а, следовательно, общий центр масс расположен ниже, что способствует уменьшению общей массы крана, повышению его динамической устойчивости и удобства его транспортирования и монтажа. Однако при большой грузоподъемности и большой высоте подъема груза у этих кранов значительно увеличивается их общая масса, из-за чего при грузоподъемности более 10 т целесообразно использовать краны с неповоротной башней.

ЛЕКЦИЯ №7

7.1. Гусеничные краны

Гусеничные краны работают без выносных опор (об исключениях см. выше) и могут передвигаться в пределах строительной площадки без предварительной подготовки трассы со скоростью 0,5 ... 1 км/ч, а при специальной подготовке они могут перемещаться с номинальным грузом на крюке.

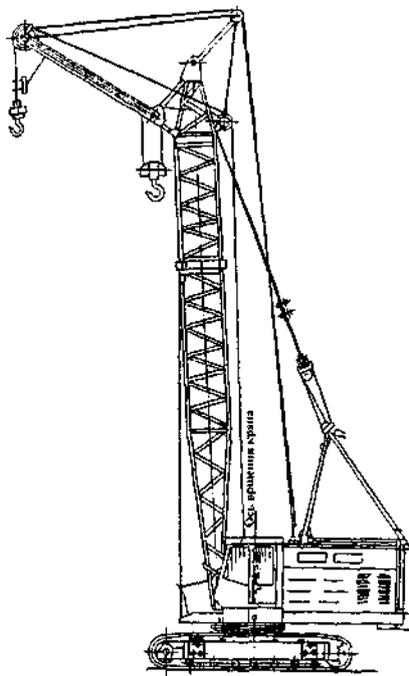


Рис. 7.1.1. Гусеничный кран.

Грузоподъемность отечественных гусеничных кранов составляет от 16 до 250 т (краны: МКГ-25.1, ДЭК-252, РДК-250-3, СКГ-401, МКГС 125).

Высокая маневренность и большая грузоподъемность обусловили их широкое применение в различных отраслях строительства на объектах с большими, в том числе с рассредоточенными, объемами работ для монтажа укрупненных конструкций и технологического оборудования. Этими качествами предопределяется высокая конкурентная способность гусеничных кранов по отношению к специальным башенным кранам, требующим устройства подкрановых путей.

Гусеничные краны комплектуют всеми видами стрелового и башенно-стрелового рабочего оборудования. Длина основных прямых стрел обычно составляет 10-15 м. Увеличение высоты подъема крюка достигается установкой до пяти дополнительных вставных секций длиной от 5 до 10 м, а также гуськов различной длины.

Гусеничные краны имеют, как правило, индивидуальный электрический привод с первичным силовым агрегатом – дизелем и электрогенератором

переменного трехфазного тока частотой 50 Гц, напряжением 380 и 220 В, что допускает работу от внешней электросети. Дизель-генератор устанавливают в хвостовой части поворотной платформы. Приводы всех механизмов (грузового, стрелоподъемного, поворотного, ходового и др.) 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.

7.2. Пневмоколесные краны

Пневмоколесные краны имеют одинаковое с гусеничными кранами назначение и сходное с ними устройство поворотной части, но отличаются пневмоколесным ходовым оборудованием – с нормальной базой или короткобазовые. Последние обладают повышенной маневренностью, что особенно важно для работы в стесненных условиях, в том числе внутри производственных помещений. В настоящее время в нашей стране производятся и находятся в эксплуатации пневмоколесные краны типов КС и МКП грузоподъемностью 16, 25, 36 и 100 т.

Пневмоколесное ходовое оборудование может быть двухосным и многоосным (до пяти осей). Короткобазовые краны имеют две оси со всеми поворотными колесами, что существенно повышает их маневренность. Рабочая скорость передвижения не превышает 5 км/ч, а транспортная достигает 35 км/ч и более (до 70 км/ч).

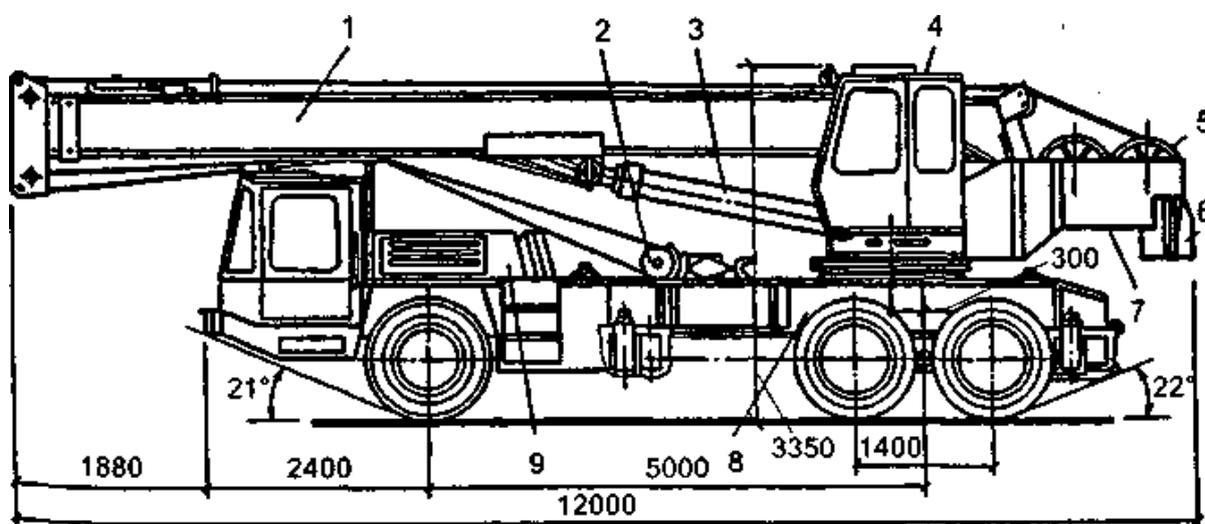


Рис. 7.2.1. Кран на шасси автомобильного типа КС-5473Б
грузоподъемностью 25 т, основные части:

1 – стрела; 2 – крюковая подвеска; 3 – гидроцилиндр; 4 – кабина; 5 – лебедка; 6 – противовес; 7 – поворотная платформа; 8 – шасси; 9 – двигатель.

7.3. Автомобильные краны

Автомобильные краны применяют как на погрузо-разгрузочных работах, так и на монтаже конструкций и оборудования небольших масс и габаритов. В последнее время автомобильные краны широко используют для выполнения грузоподъемных работ при строительстве небольших зданий. Оборудованные двухканатным грейфером автомобильные краны используют на перегрузке сыпучих материалов.

Грузоподъемность автомобильного крана обусловлена параметрами базового автомобиля. В настоящее время отечественная промышленность выпускает автомобильные краны грузоподъемностью 4; 6,3; 10; 16; 25 и 32 т. Паспортная грузоподъемность крана обеспечивается только при работе на четырех выносных опорах. Транспортная скорость автомобильных кранов по дорогам достигает 60...70 км/ч.

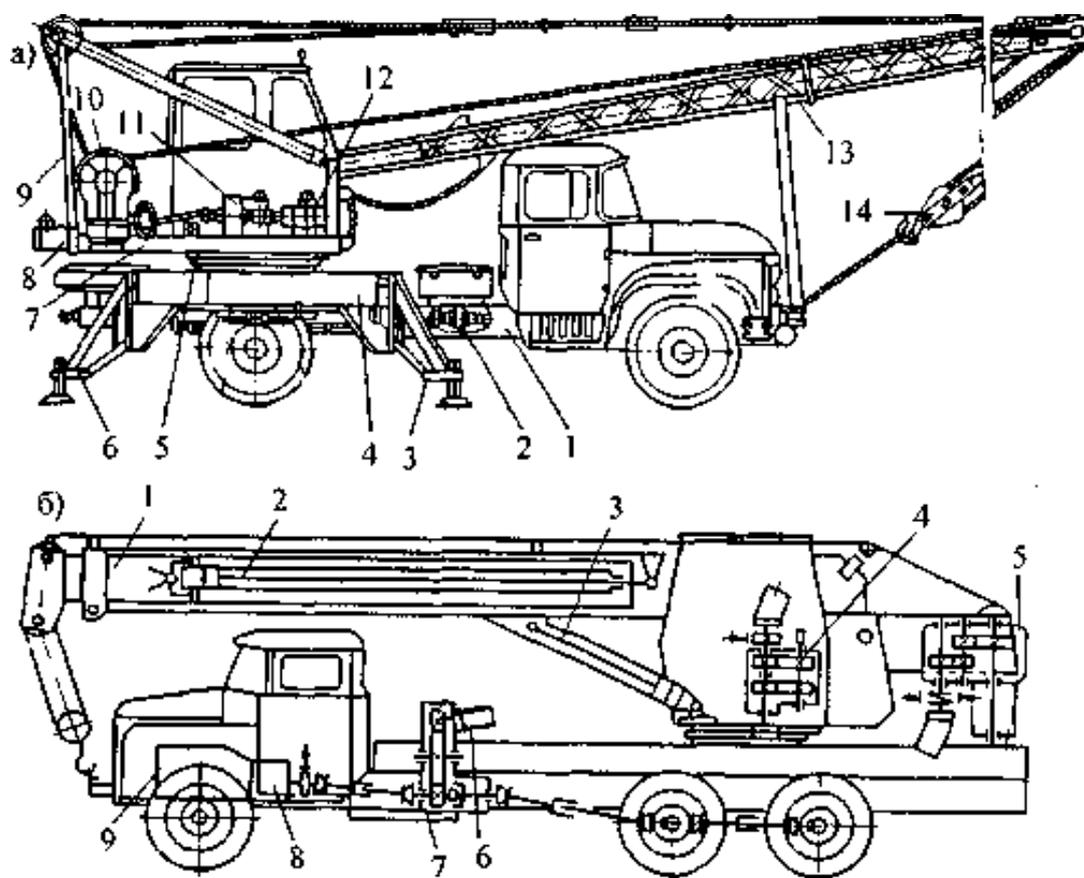


Рис. 7.3.1. Автомобильные краны:
а – с решетчатой стрелой и групповым приводом.

Основные части:

1 – шасси грузового автомобиля; 2 – коробка отбора мощности; 3 и 6 – выносные опоры; 4 – дополнительная рама; 5 – опорно-поворотное устройство;
7 – поворотная платформа; 8 – противовес; 9 – двуногая стойка; 10 – грузовая и стреловая лебедки; 11 – реверсивно-распределительный механизм; 12 – механизм вращения; 13 – стрела; 14 – крюковая подвеска.

б – с телескопической стрелой и гидравлическим индивидуальным приводом

Основные части:

1 – стрела; 2 – гидроцилиндр раздвижки секций стрелы; 3 – гидроцилиндр подъема стрелы; 4 – механизм вращения; 5 – грузоподъемный механизм; 6 – насос; 7 – коробка отбора мощности; 8 – коробка передач; 9 – двигатель автомобиля.

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, реже шарикового 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.

Для увеличения рабочего подстрелового пространства и его основных параметров – высоты подъема и вылета – кран может быть укомплектован дополнительной удлиненной стрелой или вставкой для удлинения основной стрелы, надставкой – гуськом и башенно-стреловым оборудованием.

Угол наклона к горизонту телескопической стрелы коробчатого сечения, а также ее раздвижку обеспечивают гидравлические цилиндры. В современных кранах телескопическая стрела может раздвигаться с грузом на крюке, обеспечивая этим высокую точность установки монтируемых элементов.

7.4. Краны пролётного типа

Каждый из кранов пролетного типа имеет две опоры, перемещающиеся по рельсам и пролетную часть (мост решетчатой или коробчатой конструкции). У кранов мостового типа груз подвешен на грузовом полиспасте, верхняя обойма которого закреплена на перемещаемой вдоль моста грузовой тележке.

Пространственная траектория груза образуется из сочетания траекторий трех простых движений:

- подъема груза,
- перемещения тележки вдоль моста,
- перемещения всего крана.

К кранам пролетного типа относятся:

- козловые краны;
- мостовые краны;
- кран-балки.

Козловые краны применяют в основном на обслуживании складов строителей и монтажных площадок по изготовлению и сборке металлических и железобетонных конструкций и монтажу оборудования. Их грузоподъемность составляет от 1 до 500 т при пролетах от 9,3 до 50 м и высоте подъема 7... 30 м (см. рис. 7.4.1.)

По сравнению со стреловыми кранами козловые краны имеют постоянную грузоподъемность по всей площади обслуживаемой зоны, более

устойчивы, менее материалоемки. К недостаткам относятся меньшая маневренность и сложность монтажа.

Различают козловые краны общего назначения и специальные (монтажные). По конструкции моста они бывают однобалочными и двухбалочными, а по типу металлоконструкций – решетчатыми и коробчатыми. Мосты некоторых кранов имеют консоли. Кран перемещается по рельсам, реже на пневматических шинах. В последнем случае, а также при небольших пролетах, а, следовательно, небольшой колее рельсового пути опоры крана 7 могут соединяться с мостом 2 жестко. При уширенной рельсовой колее, во избежание опасности заклинивания опор при температурных расширениях моста и при возможных отклонениях колеи от ее номинального значения при передвижении ходовых тележек 8 по рельсам, одну опору соединяют с мостом шарнирно.

Мосты кранов малой грузоподъемности (до 5 т) изготавливают в виде пространственной трехпоясной фермы и ездовой балки двутаврового профиля, по которой перемещается электроталь. Мосты кранов средней и большой грузоподъемности выполняют в виде четырехпоясной решетчатой фермы прямоугольного или трапецеидального сечения. Перемещаемая по верхнему или нижнему поясам моста грузовая тележка 3 может быть самоходной или приводимой канатным механизмом от электрореверсивной тяговой лебедки 1. При этом во избежание утяжеления тележки, грузоподъемный механизм, состоящий из нескольких лебедок 10 - 13, располагают на одной из опор. Чаще самоходные тележки оборудуют автоматическими нормально замкнутыми тормозами.

Особенностью грузоподъемного механизма, состоящего из двух пар лебедок, является возможность изменять скорости подъема (опускания) груза в широких пределах: включением всех лебедок на подъем (опускание) груза, включением одной пары лебедок, например 10 и 11 на подъем, а второй пары 12 и 13 на опускание или наоборот, включением только одной пары лебедок при неработающей второй паре.

Грузовая полиспастная система 4 состоит обычно из двух симметрично расположенных полиспастов, объединенных траверсой 5. Распространены комбинированные конструкции, у которых по верхнему поясу моста перемещается грузовая тележка основного, а по нижнему поясу – тележка 9 меньшей грузоподъемности вспомогательного подъема. Последнюю используют для работы с грузами малой массы с повышенной скоростью.

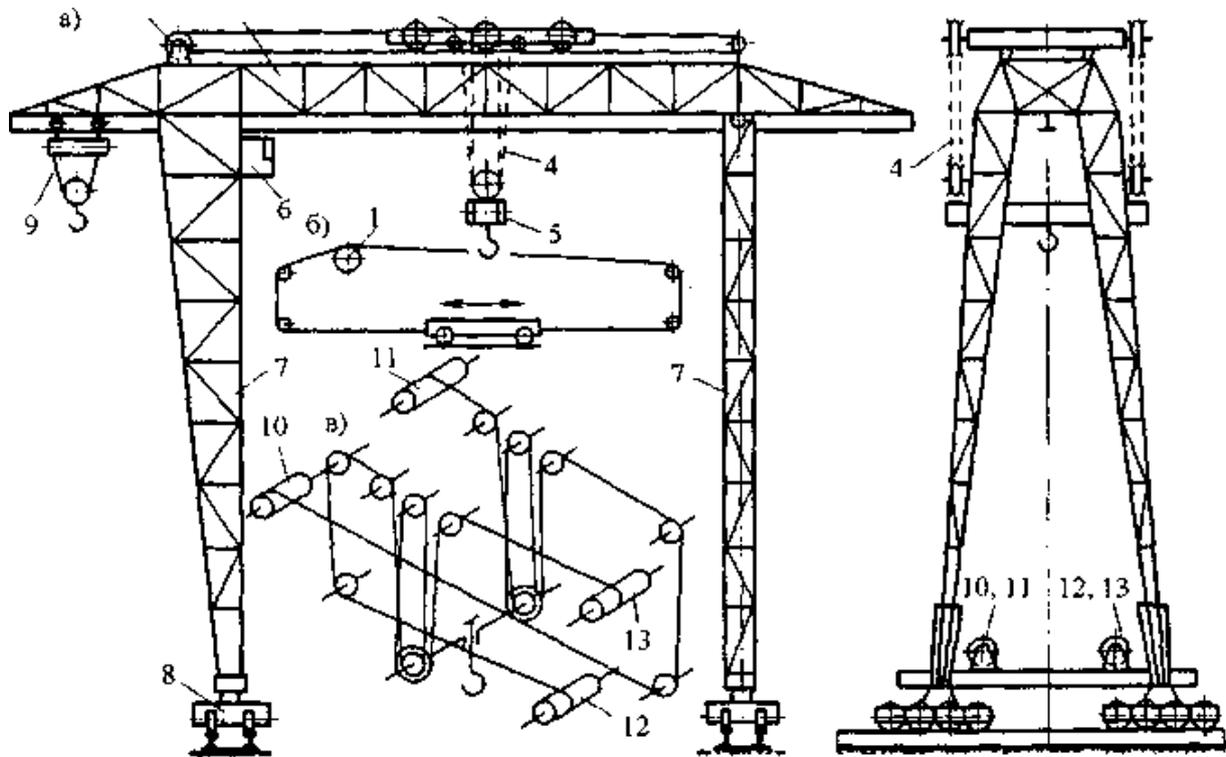


Рис. 7.4.1. Козловый кран:
а – схема общего вида; б, в – схемы канатоведения.

Механизмы крана имеют электрический привод и питаются от внешней электросети через троллеи или гибкий кабель. Управляют краном из кабины машиниста 6, располагаемой на одной из опор.

Для монтажа тяжелого промышленного оборудования – цементных печей, котлов, турбогенераторов и др. – применяют козловые краны грузоподъемностью 100...125 т с пролетом 20...25 м при высоте подъема 12,5...25 м. На строительстве атомных станций работают козловые краны грузоподъемностью 400 т.

Мостовые краны отличаются от козловых тем, что они передвигаются по рельсовым путям, уложенным на колоннах цеха (склада). Мостовые краны применяют для механизации грузоподъемных работ на машиностроительных и ремонтных предприятиях, в производстве строительных материалов и т.п., для механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ (см. рис. 7.4.2.).

По конструкции моста эти краны бывают одно- и двухбалочными. Грузоподъемность двухбалочных кранов составляет от 5 до 500 т, пролет – от 10 до 32 м. В кранах малой и средней грузоподъемности механизм передвижения имеет обычно групповой привод (с трансмиссионным валом и двумя редукторами по концам для передачи движения ходовым колесам), а в кранах большой грузоподъемности – индивидуальный привод для каждой стороны крана. Известны также зарубежные мостовые краны небольшой грузоподъемности с пневматическими колесами, обеспечивающими мягкость и бесшумность перемещения крана по железобетонным путям.

Кран-балки представляют собой однобалочные мостовые краны, которые используют в цехах и складах при переработке грузов малого габарита и веса.

В качестве подъемного механизма у кран-балок используют электротали. Грузоподъемность таких кранов - до 5 т, пролет 5...17 м. Управляют краном с пола, реже из кабины. (см. рис. 7.4.3.)

а)

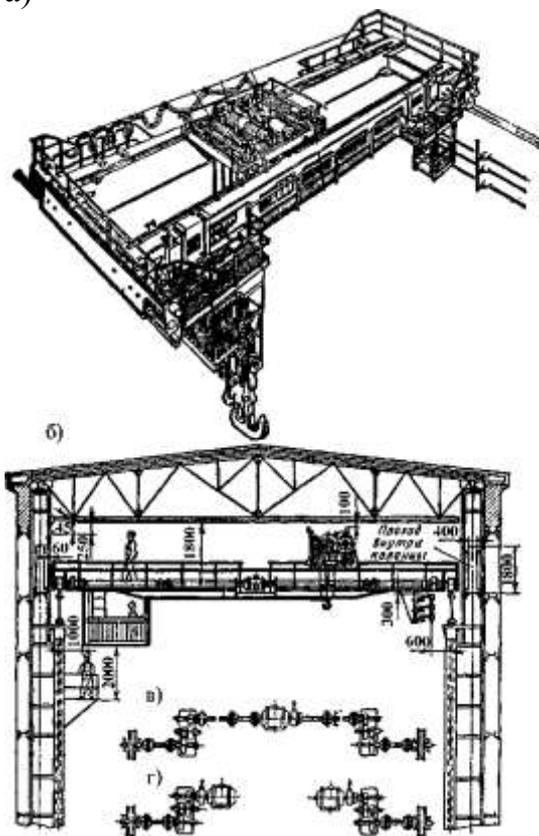


Рис. 7.4.2. Мостовой кран:

а – общий вид; б – размещение крана в пролете; в – механизм передвижения крана с общим двигателем; г – то же с отдельными двигателями.

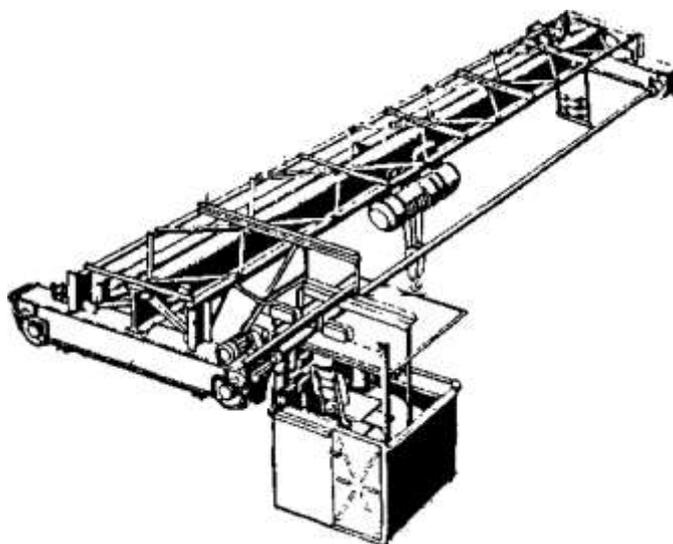


Рис. 7.4.3. Электроталь

7.5. Нагрузки, действующие на кран

Краном воспринимаются следующие нагрузки:

- вес груза вместе с грузозахватными устройствами;
- вес элементов крана, включая противовес;
- силы инерции, действующие на кран и груз, а также на двигатель и элементы механизмов крана в периоды неустановившегося движения и при вращении поворотной части крана как в неустановившемся, так и в установившемся режимах;
- вес снега и слоя льда при обледенении;
- давление ветра, зависящее от скоростного напора движущегося воздуха (ветра) и конфигурации воспринимающей поверхности конструкции крана и груза.

Последние два вида нагрузок – только для кранов, работающих на открытом воздухе.

Различают нагрузки рабочего и нерабочего состояния крана.

В рабочем состоянии кран с грузом или без него совершает рабочие движения собственными механизмами.

Нерабочим состоянием считается такое, при котором по условиям внешней среды кран эксплуатировать не допускается, например, при ураганном ветре, землетрясении и т. п. К нерабочему относится также состояние машины в стадии ремонта или монтажа.

К нагрузкам рабочего состояния относятся все перечисленные выше нагрузки.

К нагрузкам нерабочего состояния относятся вес элементов крана, вес снега и льда и повышенное давление ветра или повышенный вес груза (при испытаниях нагрузкой, превышающей номинальную) при рабочем давлении ветра.

7.6. Устойчивость кранов

Свободно стоящие стреловые краны, не закрепленные на фундаменте или стене здания, подвержены действию внешних нагрузок в процессе выполнения грузоподъемных операций, а также в нерабочем состоянии, определенное сочетание которых вместе с силами тяжести составных частей кранов может привести к их опрокидыванию. Способность кранов противостоять опрокидыванию относительно некоторой общей с основанием оси (ребра опрокидывания) называют **устойчивостью**. Условием устойчивости является равенство моментов относительно возможного ребра опрокидывания – опрокидывающих кран (M_{opr}) и удерживающих его сил ($M_{уд}$) или превышение второго над первым: $M_{уд} > M_{opr}$.

Различают продольную (при возможном опрокидывании в продольной плоскости ходового оборудования) и поперечную устойчивость - в поперечной плоскости. В качестве ребра опрокидывания при проверке продольной

устойчивости принимают ось, проходящую через точки контакта передних или задних колес (для колесных кранов без выносных опор). Для кранов с выносными опорами ребро опрокидывания проходит через центры опорных поверхностей передних или задних выносных опор. Для гусеничных кранов ребро опрокидывания проходит через крайние (в передней или задней частях) точки опорного контура.

При проверке поперечной устойчивости ребро опрокидывания проходит через те же точки, но взятые попарно на одной из боковых сторон ходового оборудования.

Устойчивость крана с грузом на крюке называют грузовой устойчивостью, а без груза – собственной устойчивостью.

Устойчивость проверяют для следующих состояний крана: грузовую – при работе крана с грузом (схема а); собственную – для рабочего состояния крана без груза с предельно поднятой стрелой (схема б); для нерабочего состояния (схемы в и г).

Состояние, представленное на схеме в, является расчетным в случае, если у кранов в нерабочем состоянии допускается свободное вращение поворотной части, которая под действием ветра займёт такое положение.

Кроме того, устойчивость проверяют для случая внезапного обрыва груза (схема д), когда кран может опрокинуться в сторону, противоположную рабочему оборудованию, вследствие преобразования накопленной в предшествующем расчетному случаю нагруженном состоянии потенциальной энергии в кинетическую энергию опрокидывания крана.

Устойчивость проверяют также при монтаже (демонтаже) крана – в начале монтажа или в конце демонтажа в момент отрыва монтируемого блока от земли (схема е) и при вертикально установленном, но не полностью смонтированном блоке (схема ж).

Устойчивость проверяют для наиболее неблагоприятных условий состояния крана: при наиболее неблагоприятном в отношении опрокидывания сочетании действующих на кран нагрузок при расположении крана на наклонной поверхности (в сторону возможного опрокидывания).

При расчете учитывают упругую деформацию элементов крана под действием приложенных к нему сил, деформацию кранового пути (для рельсоколесных кранов), а также просадку основания под опорными элементами крана.

Во всех случаях удерживающий момент формируется силами тяжести элементов крана.

Опрокидывающий момент создается силой тяжести груза (только при проверке грузовой устойчивости), ветровой и инерционными нагрузками при подъеме груза и передвижении крана. Расчетную массу груза принимают равной грузоподъемности крана.

Ветровую нагрузку для схем а, б и д принимают по нормам рабочего состояния, для всех других случаев – по нормам нерабочего состояния. Последняя примерно в 3,6 раз больше ветровой нагрузки рабочего состояния.

Расчетное направление ветровой нагрузки - в сторону возможного опрокидывания. Инерционные нагрузки определяют в соответствии с инерционными параметрами (массами и моментами инерции, жесткостью связей) движущихся элементов привода, груза и крана в целом, а также динамическими характеристиками привода.

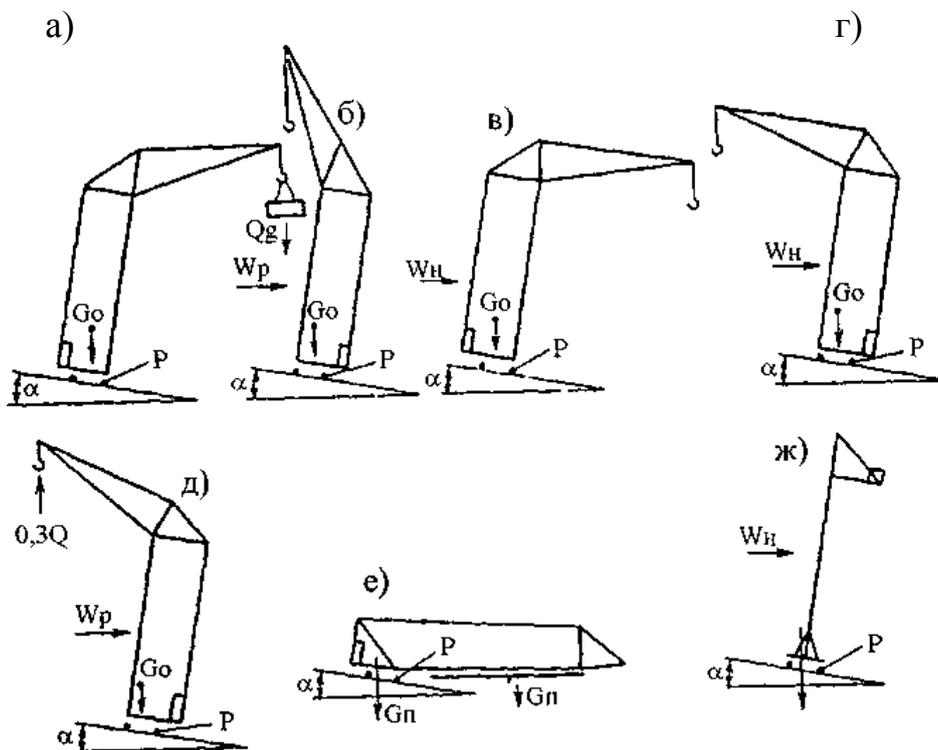


Рис. 7.6.1. Схемы для определения устойчивости свободно стоящих кранов.

Ветровую нагрузку для схем а, б и д принимают по нормам рабочего состояния, для всех других случаев – по нормам нерабочего состояния. Последняя примерно в 3,6 раз больше ветровой нагрузки рабочего состояния. Расчетное направление ветровой нагрузки – в сторону возможного опрокидывания. Инерционные нагрузки определяют в соответствии с инерционными параметрами (массами и моментами инерции, жесткостью связей) движущихся элементов привода, груза и крана в целом, а также динамическими характеристиками привода.

Грузовую устойчивость проверяют расчетом и испытанием изготовленного крана по Правилам Госгортехнадзора при приемочных испытаниях на предприятии-изготовителе и при техническом освидетельствовании на строительной площадке. Остальные виды устойчивости проверяют только расчетом. Параметры устойчивости рассчитывают в соответствии с нормативной документацией головных научно-исследовательских организаций, согласованной с Госгортехнадзором.

7.7. Устройства безопасности

Строительные краны оборудуют устройствами безопасности:

- для автоматической остановки механизмов подъема крюка в его крайних (верхнем и нижнем) положениях;
- для изменения вылета в крайних положениях;
- для передвижения рельсовых кранов и их тележек;
- для передвижения мостовых и козловых кранов и их грузовых тележек, работающих на одном пути;
- для всех других механизмов при необходимости ограничения их хода, например, механизма поворота.

Применяемые устройства безопасности:

- ограничители и указатели грузоподъемности;
- анемометры;
- креномеры;
- сигнализаторы приближения к ЛЭП и др.

В кранах с электроприводом приборы и устройства безопасности включают в электрические цепи питания соответствующих механизмов. При срабатывании их контакты разрывают электрическую цепь.

В качестве ограничителей линейных и угловых перемещений применяют концевые и путевые выключатели рычажного и шпиндельного типов.

Ограничитель передвижения служит для автоматической остановки рельсокошечного крана перед его подходом к тупиковым упорам.

Ограничитель поворота ограничивает угол вращения механизма поворота в кранах с бескольцевым токоприемником, чем исключается скручивание питающего кабеля.

Ограничитель угла наклона стрелы у кранов с маневровой стрелой или пути тележки у кранов с балочной стрелой автоматически останавливают механизм изменения вылета перед подходом стрелы или грузовой тележки к конечным положениям.

Ограничителем подъема у кранов с балочной стрелой отключают грузовую лебедку перед подходом крюковой подвески к стреле. Применяемые в качестве указанных выше ограничителей концевые выключатели не исключают возможности движения крана (механизма) в обратном направлении.

7.8. Технический надзор и испытания кранов в процессе их эксплуатации

В процессе эксплуатации грузоподъемные машины могут при необходимости подвергаться статическим и динамическим испытаниям, а также полному техническому освидетельствованию.

Статические испытания грузоподъемной машины проводят с целью проверки ее прочности нагрузкой, превышающей номинальную

грузоподъемность на 25%. При статических испытаниях мостовых и козловых машину устанавливают над опорами крановых путей, а ее тележку (тележки) – в положение, соответствующее наибольшему прогибу моста. Груз поднимают на высоту 100 ... 200 мм с выдержкой в таком положении в течение 10 мин. После снятия нагрузки проверяют мост на отсутствие остаточных деформаций. При наличии последних кран не допускается к работе. Краны стрелового типа, имеющие одну или несколько грузовых характеристик, испытывают в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности. Для испытаний стрелу устанавливают в положение, соответствующее наименьшей устойчивости крана. В остальном режим испытаний прежний. Кран считается выдержавшим испытания, если в течение 10 мин поднятый на высоту 100 ... 200 мм груз не опустится на землю и не будет обнаружено трещин, остаточных деформаций и других повреждений его металлоконструкций и механизмов.

Динамические испытания проводят с целью проверки действия механизмов и тормозов нагрузкой, на 10% превышающей грузоподъемность машины. При динамических испытаниях многократно поднимают и опускают груз, проверяют действие всех других механизмов в режиме совмещений рабочих движений.

Техническое освидетельствование проводится с целью проверки:

- соответствия грузоподъемной машины (и её установки) Правилам Госгортехнадзора, паспортным данным и представленной документации (для регистрации в органах Госгортехнадзора);
- ее исправности, обеспечивающей безопасную работу;
- соответствия требованиям Правил организации надзора и обслуживания машины.

Полное техническое освидетельствование включает осмотр и проверку машины, ее статические и динамические испытания.

При техническом освидетельствовании осмотру и проверке в работе подлежат:

- механизмы и электрооборудование грузоподъемной машины;
 - приборы безопасности;
 - тормоза;
 - ходовые колеса и аппараты управления;
- только проверке в работе подлежат:
- освещение;
 - сигнализация;
 - габариты;
 - состояние металлоконструкций машины и ее сварных (клепаных) соединений на отсутствие трещин, утонения стенок вследствие коррозии, ослабления клепаных соединений и других дефектов;
 - кабины, лестницы, площадки и ограждения;
 - состояние крюка (не реже одного раза в 12 мес.), ходовых колес, блоков, барабанов, элементов тормозов;

- расстояние между крюковой подвеской и упором при срабатывании концевого выключателя механизма подъема;
- состояние изоляции проводов и заземления электрических кранов с определением их сопротивления;
- соответствие массы противовеса и балласта у кранов стрелового типа их паспортным значениям;
- состояние кранового пути и его соответствие требованиям Правил, проекту и инструкции по эксплуатации грузоподъемной машины;
- состояние канатов и их крепления.

Грузоподъемные машины, отработавшие нормативный срок, подвергаются обследованию (диагностике) специализированными организациями, имеющими лицензию Госгортехнадзора.

Ответственность за исправное состояние и безопасное действие грузоподъемных машин возлагается на представителя технической администрации, в ведении которой находится грузоподъемная машина.

Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация подъёмно-транспортных машин. Основные параметры грузоподъемных машин.
2. Лебёдки, их назначение, классификация, устройство, их основные параметры.
3. Строительные подъёмники, их назначение, устройство и принципы работы.
4. Строительные краны, их классификация.
5. Стреловой полноповоротный переносной кран, его назначение, устройство и принципы работы.
6. Башенные краны с неповоротной и с поворотной башней, их отличительные особенности устройства, достоинства и недостатки их компоновок.
7. Индексация башенных и стреловых кранов.
8. Устройство основных механизмов башенных кранов: механизм подъёма груза, механизм подъёма стрелы, механизм поворота платформы, механизм передвижения крана.
9. Гусеничные краны, их назначение, устройство и принципы работы.
10. Пневмоколёсные краны, их назначение, устройство и принципы работы.
11. Автомобильные краны, их назначение, устройство и принципы работы.
12. Краны пролетного типа (козловые, мостовые и кран-балки), их назначение, устройство и принципы работы.
13. Виды нагрузок, действующих на кран.
14. Устойчивость кранов, расчёт их собственной и грузовой устойчивости.
15. Назначение и разновидности устройств безопасной работы кранов.
16. Технический надзор и испытания кранов в процессе их эксплуатации.

ЛЕКЦИЯ №8

МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

8.1. Общие сведения о машинах для земляных работ

Значение машин для земляных работ определяется большими масштабами и непрерывным ростом объемов этих работ.

В связи с большими объемами земляных работ возникла необходимость создать для их производства машины особенно больших размеров и мощности. Например, вместимость ковша одноковшовых экскаваторов доведена до 200 м³ при массе машины 10 тыс. т. Применяются многоковшовые экскаваторы производительностью до 200 тыс. м³ грунта в сутки. Эти машины относятся к самым крупным и мощным сухопутным самоходным машинам. Сейчас выпускаются разнообразнейшие машины для земляных работ – от гигантских экскаваторов до малогабаритных машин для различных вспомогательных земляных работ и работ в стесненных условиях.

8.2. Характеристика и условия применения машин для земляных работ

8.2.1. Общие сведения о земляных работах и сооружениях

Основная цель земляных работ – строительство земляных сооружений и добыча ископаемых строительных материалов.

Земляные сооружения создаются вырезанием их в грунтовом массиве с удалением излишнего грунта или отсыпкой из грунта, добываемого в специальных резервах или карьерах, доставляемого на место возведения сооружения и уплотняемого до необходимой степени.

Виды, форма и размеры земляных сооружений определяются их назначением и могут зависеть от рельефа земляной поверхности. К ним относятся спланированные площадки, котлованы, траншеи, дамбы, дорожные выемки и т.д. Например, для нормального движения транспорта подъемы и спуски на дорогах не должны превышать определенных величин, что достигается срезанием грунта в одних местах и возведением насыпи в других.

Для аэродромов необходимо создавать большие горизонтальные площадки. В естественных условиях такие площадки встречаются только в степных зонах, поэтому для достижения горизонтальности нужно срезать бугры и засыпать впадины.

В зависимости от положения земляных сооружений относительно первоначальной поверхности земли различают выемки и насыпи.

Обычно чередование выемок и насыпей позволяет использовать для возведения насыпей грунт, извлекаемый из выемок. Если грунт из выемок непригоден для насыпей или его больше, чем нужно, его укладывают в отвалы.

Если грунта выемок недостаточно для возведения насыпей, его доставляют из специально отрываемого карьера или из резервов вдоль насыпей, как это обычно делается в дорожном строительстве.

Во всех случаях проектирования и строительства каналов, дорог и других земляных сооружений стремятся уравновесить (сбалансировать) объемы выемок и смежных с ними насыпей, чтобы сократить расходы на производство работ.

В выемках выполняют траншеи для прокладки водопроводов, нефте- и газопроводов, линий связи, русла каналов, земляное полотно для автомобильных и железных дорог, котлованы различного назначения.

Насыпи отсыпают только из грунтов, пригодных для возведения земляных сооружений (песков, супесей, суглинков и др.). Грунты насыпей должны быть хорошо уложены и обладать достаточной несущей способностью.

Насыпи возводят для устройства дорог в пониженной местности, проведения каналов через впадины, сооружения дамб, плагин и т.п. В некоторых случаях насыпи достигают большой высоты - несколько десятков метров. По бокам насыпи ограничиваются откосами, придающими им устойчивость и прочность.

8.2.2 Особенности производства земляных работ

Производство земляных работ обычно состоит из трех основных операций: отделение от массива и захват грунта, его перемещение и затем укладка в сооружение или отвал.

8.3. Классификация машин для земляных работ

По назначению среди машин для земляных работ различают: землеройные, землеройно-транспортные, для подготовительных и вспомогательных земляных работ, для уплотнения грунтов, 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 (например, одноковшовые экскаваторы).

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

Машины для подготовительных и вспомогательных земляных работ выполняют, например, расчистку территории, на которой должны производиться земляные работы, от кустарника, валунов, пней, предварительное рыхление грунтов повышенной плотности. К этим машинам относятся кусторезы, корчеватели-собиратели, рыхлители и т.д.

При возведении земляных сооружений путем укладки предварительно разработанного грунта (насыпей, дамб, земляных платин) обязательно его уплотнение для придания грунту в сооружении достаточной плотности и прочности, требующихся как для предотвращения деформации земляных сооружений вследствие естественного уплотнения грунта под действием силы тяжести и увлажнения, так и для выдерживания внешних нагрузок. Для этих целей служат **машины для уплотнения грунтов** – катки, трамбовки, виброуплотнители и др.

Развитие технологии производства земляных работ и задачи механизации всех без исключения операций обусловили создание разнообразных специальных машин, в том числе кабелеукладочных, мелиоративных, буровых, для бестраншейной прокладки трубопроводов, для устройства ям под столбы линий связи. Многочисленность типов этих машин выделил их в отдельную группу – группу **машин для специальных земляных работ**.

При соответствующих условиях в строительстве успешно применяют **машины и оборудование для гидромеханизации земляных работ**, например, гидромониторы, землесосные снаряды.

Машины для земляных работ классифицируют также по виду привода (электрический внутреннего сгорания, гидравлический, комбинированный), по числу двигателей (одновигательные, многодвигательные), по мощности (малой, средней, большой), по ходовому оборудованию (гусеничные, пневмоколесные, шагающие, рельсовые), в зависимости от климата (в северном, тропическом, обычном исполнении).

8.4. Физико-механические свойства грунтов и классификация грунтов по трудности разработки

Основным способом разработки грунтов машинами для земляных работ (кроме машин для гидромеханизации) является механический способ, при котором часть грунта или породы отделяется ножевым или ковшовым рабочим органом путем резания, откола, отрыва, обрушения под действием статических, динамических, вибрационных нагрузок.

К основным физико-механическим свойствам грунтов, характеризующим их способность сопротивляться внешним нагрузкам, относятся гранулометрический состав, плотность, влажность, пластичность, липкость, разрыхляемость, связность, сопротивление сдвигу.

Плотность характеризуется массой единицы объема грунта, взятой в естественном залегании (в плотном теле).

Влажность определяется содержанием воды в грунте, измеренным в процентах. Грунты, разрабатываемые строительными машинами, обычно имеют влажность 10 ...20 %.

Пластичность – способность грунта изменять, не разрушаясь, свою форму, сохраняемую после снятия нагрузки. Пластичные грунты (глины,

суглинок) хорошо уплотняются, хорошо заполняют ковшовые емкости, но налипают на рабочее оборудование.

Разрыхляемостью называют способность грунтов, пород, материалов увеличиваться в объеме при разработке. Коэффициент разрыхления K_p представляет собой отношение объема грунта в разрыхленном к объему грунта в естественном состоянии.

На сопротивление сдвигу грунта влияет связность (сцепление) и трение грунтов. Связность характеризует способность грунтов противостоять воздействию внешних сил. К связным грунтам относятся глины, к несвязным – сухие пески. Трение грунта о металлические поверхности рабочего оборудования (внешнее) и грунта о грунт (внутреннее) оценивается коэффициентами трения соответственно μ_1 и μ_2 .

Комплексными показателями для оценки разрабатываемости грунтов рабочими органами строительных машин являются удельные сопротивления грунта резанию K и копанию K' , т.е. сопротивления на рабочих органах, отнесенные к площади поперечного сечения вырезаемой стружки. При этом сопротивление копанию включает в себя все сопротивления при разрушении грунта и наполнении рабочего органа, а сопротивление резанию – только сопротивление от вырезания стружки.

Картина процесса копания и набора грунта рабочими органами всех землеройно-транспортных и многих землеройных машин в принципе аналогична (рис. 8.4.1.). Режущие ножи в нижней части рабочих органов отделяют грунт от массива (происходит процесс резания). Вырезанный грунт затем захватывается и накапливается рабочими органами. При этом происходят такие явления, как движение грунтовой стружки и образование призмы волочения. Грунтовая стружка поднимается вверх: по поверхности отвалов под призмой волочения – у отвальных рабочих органов или внутри накапливаемых масс грунта – у ковшовых рабочих органов. Совокупность этих процессов, включая и резание, называют копанием. Цифровые обозначения на рисунке 1 указывают на ориентировочную последовательность заполнения рабочих органов.

Удельные сопротивления резанию и копанию зависят не только от физико-механических свойств грунтов, но и от типа и параметров рабочего оборудования, т.е. являются одновременно как прочностными характеристиками грунтов, так и показателями энергоемкости резания и копания.

Удельные сопротивления в настоящее время широко используются при расчетах, испытаниях и исследованиях машин, но ввиду трудоемкости их определения в полевых условиях классификация разрабатываемости грунтов по удельным сопротивлениям резанию и копанию затруднена.

В основу принятой классификации грунтов по группам трудности их разработки, предложенной проф. А.Н. Зелениным, положен более простой показатель – прочность грунтов по числу ударов специального плотномера – ударника ДорНИИ.

Достоинством ударника ДорНИИ является простота оценки прочности грунта. Недостатком классификации грунтов по показаниям ударника ДорНИИ

является условность оценки разрабатываемости грунта по одним прочностным показателям независимо от типа рабочего оборудования.

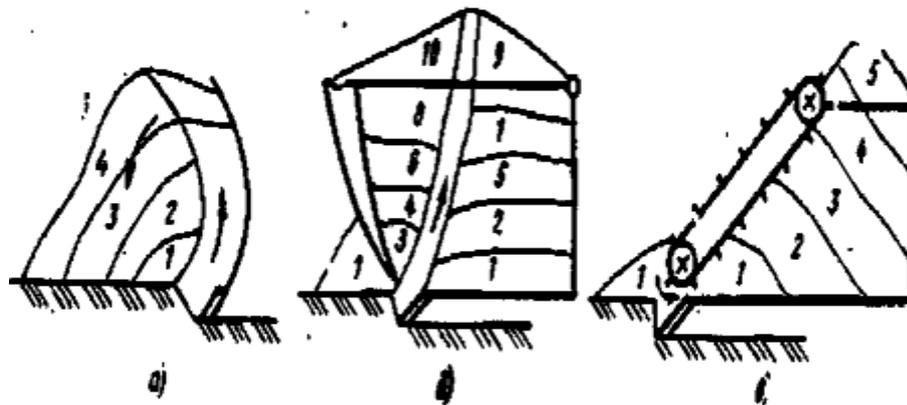


Рис. 8.4.1. Схема копания и набора грунта рабочими органами землеройно-транспортных машин:

а – отвалами бульдозера и автогрейдера; б – ковшом скрепера; в – ковшом скрепера с элеваторной загрузкой.

Некоторые исследователи на основе обработки и обобщения результатов экспериментов рекомендуют корреляционные зависимости между числом ударов ударника ДорНИИ и удельными сопротивлениями резанию и копанию. Шкала удельных сопротивлений резанию и копанию для отвальных и ковшовых рабочих органов, соотнесенная с показаниями ударника ДорНИИ и группами трудности разработки грунтов, приведена в таблице.

В практике строительства используют еще одну классификацию грунтов - так называемую производственную классификацию по группам трудности разработки механическими способами, частично приведенную в таблице 8.4.2. Несмотря на качественное описание характеристики грунта в этой классификации, ее применяют при нормировании выработки и расценке строительных работ.

Таблица 8.4.1. Классификация грунтов по группам плотности, определяемым ударником ДорНИИ, и сопоставление их со значениями удельного сопротивления резанию K и копанию K'

Показатель	Группа трудности разработки грунта			
	I	II	III	IV
Значение числа ударов	$\frac{1...4}{3}$	$\frac{5...8}{6}$	$\frac{9...15}{12}$	$\frac{16...34}{24}$
Удельное сопротивление резанию ножами отвалов и ковшей K , МПа	$\frac{0,11...0,44}{0,33}$	$\frac{0,55...0,88}{0,66}$	$\frac{1,00...1,65}{1,32}$	$\frac{1,76...3,74}{2,64}$
Удельное сопротивление копанию ковшами K' , МПа	$\frac{0,39...1,13}{0,91}$	$\frac{1,35...1,93}{1,55}$	$\frac{2,11...3,12}{2,63}$	$\frac{3,28...5,84}{4,47}$

Примечание. В числителе приводится вероятный диапазон показателей, в знаменателе – их среднее значение.

Таблица 8.4.2. Классификация грунтов по группам трудности их разработки механическим способом с учетом применяемого оборудования

Грунт	Средняя плотность грунта, т/м ³	Разработка грунта					
		бульдозерами	скреперами	автогрейдерами	грейдер-элеватор	экскаваторами	
						одноковшовыми	непрерывного действия
Песок всех видов (естественной влажности)	1,6	II	II	II	III	I	II
Супесь без примесей, а также с примесью щебня или гравия до 10%	1,7	II	II	II	II	I	II
Суглинок: легкий без примесей тяжелый	1,7	II	II	II	II	II	II
	1,75	III	-	-	-	III	-
Глина: жирная мягкая или насыпная, слежавшаяся с примесью щебня или гравия до 10% То же, с примесью щебня или гравия более 10 % тяжелая ломовая	1,75	II	II	III	III	II	-
	1,9	III	II	III	-	III	-
	2	III	-	-	-	IV	-

ЛЕКЦИЯ № 9

ОДНОКОВШОВЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

9.1. Общие сведения об одноковшовых экскаваторах

Экскаваторы – это самоходные землеройные машины с ковшовым рабочим оборудованием. Они предназначены для разработки грунтов и горных пород с перемещением их на сравнительно небольшие расстояния в отвал или в транспортные средства. По характеру рабочих процессов различают экскаваторы циклического и непрерывного действия.

Рабочее оборудование экскаватора (рис. 9.2.1) состоит из ковша, рукояти и стрелы. Смонтировано оно вместе с силовой установкой, приводными механизмами и кабиной машиниста на поворотной платформе, которая с помощью опорно-поворотного устройства опирается на ходовую часть.

Экскаватор имеет следующие механизмы: подъема ковша, напорный для выдвигания рукояти с ковшом относительно стрелы, стрелоподъемный для изменения наклона стрелы, поворотный для поворота рабочего оборудования вместе с платформой и механизм передвижения.

9.2. Классификация одноковшовых экскаваторов

Одноковшовые экскаваторы классифицируются по следующим признакам:

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

Кроме перечисленных признаков одноковшовые экскаваторы бывают универсальные, полууниверсальные и специальные (карьерные, вскрышные, тоннельные и др.). Универсальными условно называют экскаваторы, работающие со сменным рабочим оборудованием более трех видов, полууниверсальными – двух-трех видов, специальными – работающие с оборудованием одного вида. В дорожном строительстве наибольшее применение находят универсальные одноковшовые экскаваторы на гусеничном ходу с ковшом вместимостью $0,65 \dots 2,5 \text{ м}^3$.

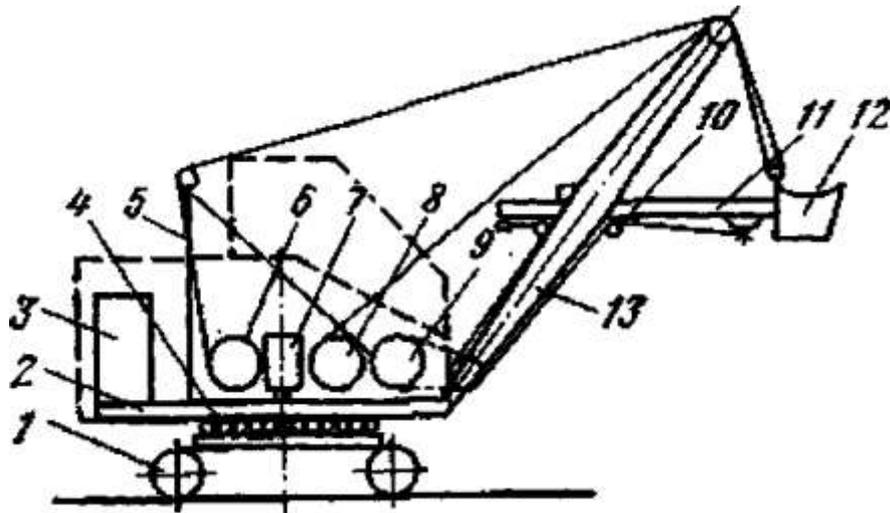


Рис. 9.2.1. Одноковшовый экскаватор с механическим приводом.

1 – ходовая часть; 2 – поворотная платформа; 3 – силовая установка; 4 – опорно-поворотное устройство; 5 – двуногая стойка; 6 – механизм подъема стрелы; 7 – поворотный механизм; 8 – механизм подъема ковша; 9 – напорный механизм; 10 – канатный напор; 11 – рукоять; 12 – ковш; 13 – стрела.

Главный параметр одноковшовых экскаваторов – эксплуатационная масса в тоннах.

9.3. Индексация одноковшовых экскаваторов

Действующая система индексации предусматривает следующую структуру индекса (рис. 9.3.1.), дающего более полную характеристику эксплуатационных возможностей машины.

Буквы ЭО означают экскаватор одноковшовый универсальный. Четыре основные цифры индекса последовательно означают: размерную группу машины, тип ходового устройства, конструктивное исполнение рабочего оборудования (вид подвески) и порядковый номер данной модели.

Структура индексов одноковшовых универсальных экскаваторов

Восемь размерных групп экскаваторов обозначаются цифрами с 1 по 8. Размер экскаватора характеризуют масса машины и мощность основного двигателя, а также геометрическая вместимость основного ковша. В настоящее время серийно выпускаются экскаваторы 1 ... 6-й размерных групп. В стандартах на экскаваторы для каждой размерной группы обычно приводятся несколько вместимостей ковшей – основного и сменных повышенной вместимости, для последних предусмотрены меньшие линейные параметры и более слабые грунты, чем при работе с основным ковшом. Вместимость основных ковшей экскаваторов составляет: для 1-й размерной группы – 0,1 ... 0,2 м³; для 2-й – 0,25 ... 0,28 м³; 3-й – 0,40 ... 0,65 м³; 4-й – 0,65 ... 1,00 м³; 5-й – 1,00 ... 1,60 м³; 6-й – 1,60 ... 2,50 м³; 7-й – 2,50 ... 4,00 м³.



Рис. 9.3.1. Индексация одноковшового экскаватора.

Тип ходового устройства указывается цифрами с 1 по 9: 1 – гусеничное (Г); 2 – гусеничное уширенное (ГУ); 3 – пневмоколесное (П); 4 – специальное шасси автомобильного типа (Сш); 5 – шасси грузового автомобиля (А); 6 – шасси серийного трактора (Тр); 7 – прицепное ходовое устройство (Пр); 8,9 – резерв.

Конструктивное исполнение рабочего оборудования указывается цифрами: 1 (с гибкой подвеской), 2 (с жесткой подвеской), 3 (телескопическое).

Последняя цифра индекса означает порядковый номер модели экскаватора.

Первая из дополнительных букв после цифрового индекса (А, Б, В и т.д.) означает порядковую модернизацию данной машины, последующие – вид специального климатического исполнения (С или ХЛ – северное, Т – тропическое, ТВ – для работы на влажных тропиках).

Например, индекс ЭО-5123ХЛ расшифровывается так: экскаватор одноковшовый универсальный, 5-й размерной группы, на гусеничном ходовом устройстве, с жесткой подвеской рабочего оборудования, третья модель в северном исполнении. Экскаватор оборудуется основным ковшом вместимостью $1,0 \text{ м}^3$, соответствующим 5-й размерной группе, и сменными вместимостью $1,25$ и $1,6 \text{ м}^3$.

9.4. Основные виды рабочего оборудования

В зависимости от вида выполняемых работ экскаваторы могут иметь следующее рабочее оборудование: прямую лопату (рис. 9.4.1.,а), обратную лопату (рис. 9.4.1,б), драглайн (рис. 9.4.2,а), грейфер (рис. 9.4.2,б), кран (рис. 9.4.2,г). Реже используют копер (рис. 9.4.2,в), корчеватель, клин-молот, струг и др.

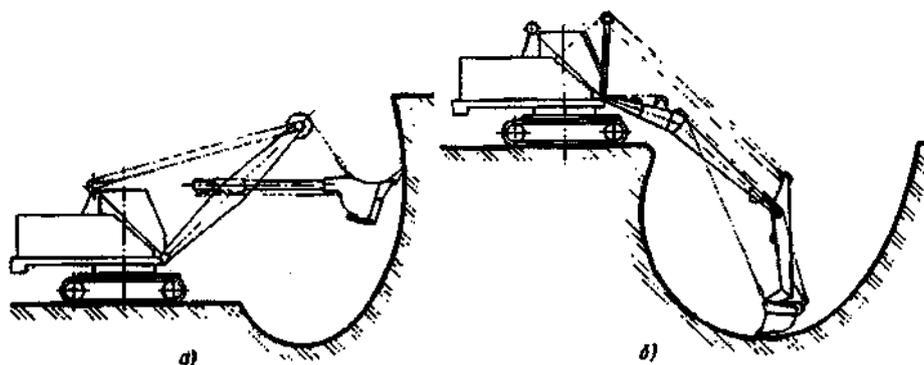


Рис. 9.4.1. Одноковшовые экскаваторы с механическим приводом и рабочим оборудованием:
а – прямая лопата; б – обратная лопата.

Основными видами рабочего оборудования механических экскаваторов канатным управлением являются прямая лопата и драглайн. Типоразмер этих экскаваторов определяют по вместимости основного ковша прямой лопаты. На гидравлических экскаваторах наиболее часто используют обратную лопату, прямую лопату и грейфер.

Сменное рабочее оборудование универсального одноковшового экскаватора с механическим приводом

Экскаватор с оборудованием прямой лопаты (см. рис. 9.4.1,а) ведет разработку грунта выше уровня своей стоянки. Ковш при этом движется снизу вверх и от экскаватора. Прямой лопатой разрабатывают грунт чаще с погрузкой в транспортные средства и реже в отвал. Цикл работы экскаватора с прямой лопатой состоит из следующих операций: копания грунта (выдвижение и подъем рукояти с ковшом); поворота на разгрузку (поворот платформы со всем рабочим оборудованием); разгрузки (открыванием днища ковша или поворотом ковша относительно рукояти); поворота в забой; втягивания рукояти и опускания ковша на подошву забоя.

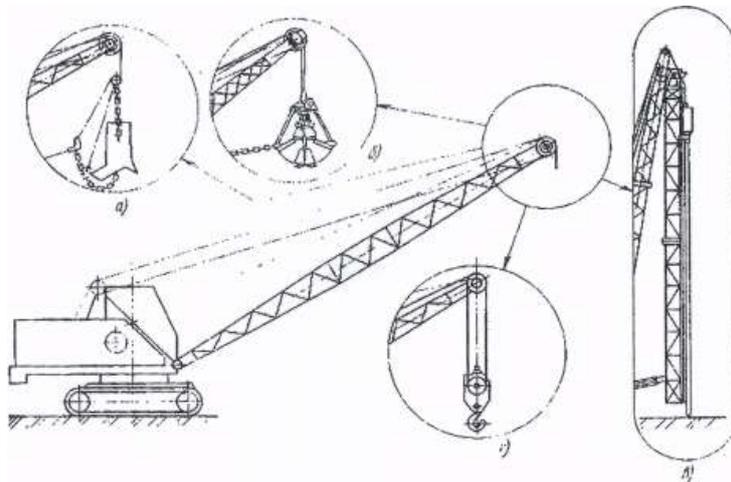


Рис. 9.4.2. Сменное рабочее оборудование универсального одноковшового экскаватора с механическим приводом:
а – драглайн; б – грейфер; в – копер; г – кран.

Экскаваторы с канатным управлением при вместимости ковша до 0,4 м не имеют напорного механизма, напорное движение рукоять получает при одновременном подъеме ковша и опускании стрелы.

Экскаватор с оборудованием обратной лопаты (см. рис. 9.4.1,5) предназначен для рытья траншей и небольших котлованов, расположенных ниже уровня его стояния. При копании ковш движется сверху вниз и вверх к экскаватору. Ковш врезается в грунт под действием силы тяжести рабочего оборудования при подтягивании рукояти с ковшом. Напорный механизм отсутствует. При разгрузке рукоять с ковшом выбрасывается вперед.

Отличительной особенностью экскаваторов с оборудованием драглайнов (рис. 9.4.3.) является наличие удлиненной решетчатой стрелы и гибкой канатной подвески ковша. Копание грунта ковшом драглайна и наполнение его грунтом осуществляется подтягиванием ковша к экскаватору при расположении самой машины выше выемки. По сравнению с прямой и обратной лопатами драглайн имеет большие радиус действия и глубину копания, что позволяет разрабатывать большие по сечению траншеи и котлованы с отсыпкой грунта в отвал или (реже) в транспортные средства. Кроме того, драглайны применяют для извлечения грунта со дна водоемов, сооружения высоких насыпей из боковых резервов, на вскрышных работах и т.д.

Рабочий цикл экскаватора-драглайна включает следующие операции: подъем ковша 1 подъемным канатом 3 к голове стрелы 5 при слегка натянутом тяговом канате 7 (положение Г); забрасывание ковша в забой с отпусканьем тягового, а затем подъемного канатов (положение II) (возможно забрасывание ковша одновременно с разворотом поворотной платформы со стрелой); копание грунта подтягиванием ковша тяговым канатом (положение III); подъем ковша канатом 3 с одновременным натяжением и притормаживанием тягового каната 7 (положение IV), одновременно с подъемом ковша происходит поворот платформы на разгрузку; разгрузка ковша, опрокидывающегося при

отпущенном тяговом канате на натянутом подъемном канате (положение V), поворот платформы в исходное положение.

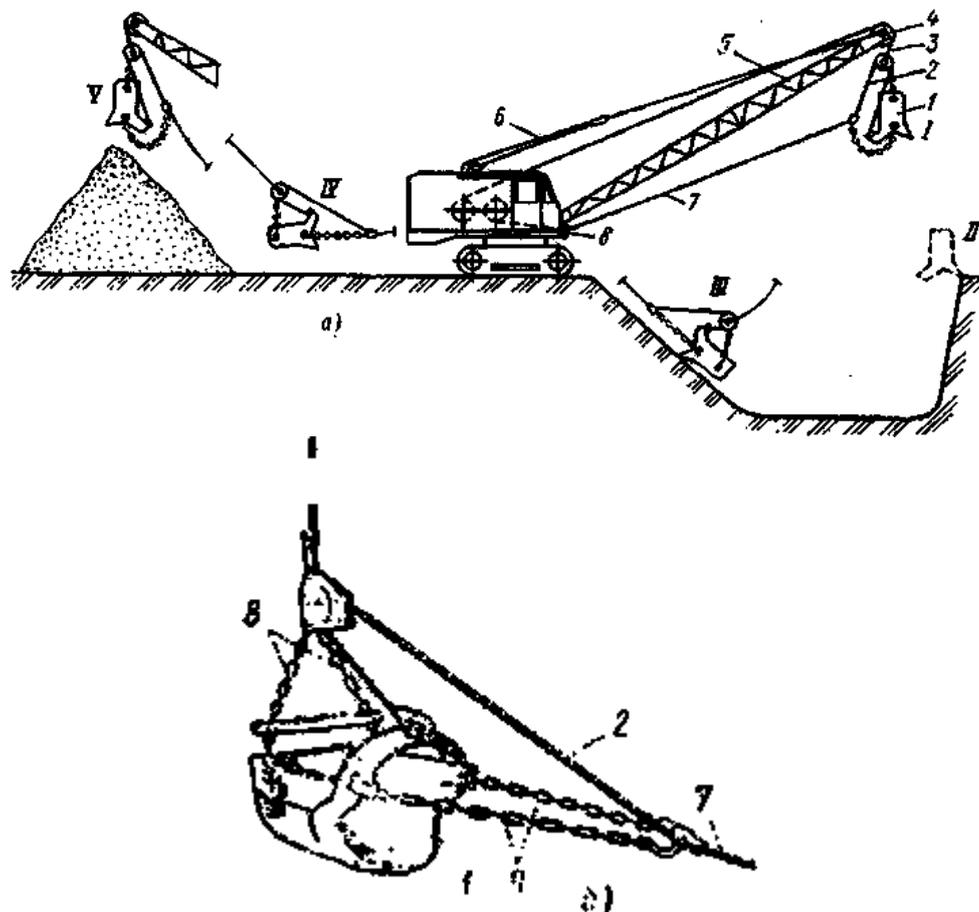


Рис. 9.4.3. Экскаватор с оборудованием драглайна:

а – общий вид и принцип работы; б – подвеска ковша; I – ковш в верхнем положении; II – в исходном положении перед заполнением; III – в процессе заполнения; IV – перед разгрузкой; V – во время разгрузки; 1 – ковш; 2 – разгрузочный канат; 3 – подъемный канат; 4 – головные блоки; 5 – стрела; 6 – канатная система подъема стрелы; 7 – тяговый канат; 8 – подъемные цепи; 9 – тяговые цепи.

Грейферное оборудование (см. рис. 9.4.2,б) применяют при погрузке и разгрузке сыпучих и мелкокусковых материалов, для рытья колодцев и узких котлованов в легких грунтах. Допускается разработка грунтов под водой. Грейферное оборудование включает удлиненную решетчатую стрелу, грейферный ковш, подъемный и замыкающий канаты с блоками. Ковш состоит из двух челюстей, шарнирно соединенных между собой. Копание грунта происходит в результате смыкания челюстей ковша. Принцип действия грейферного ковша приведен на рис. 9.4.4.

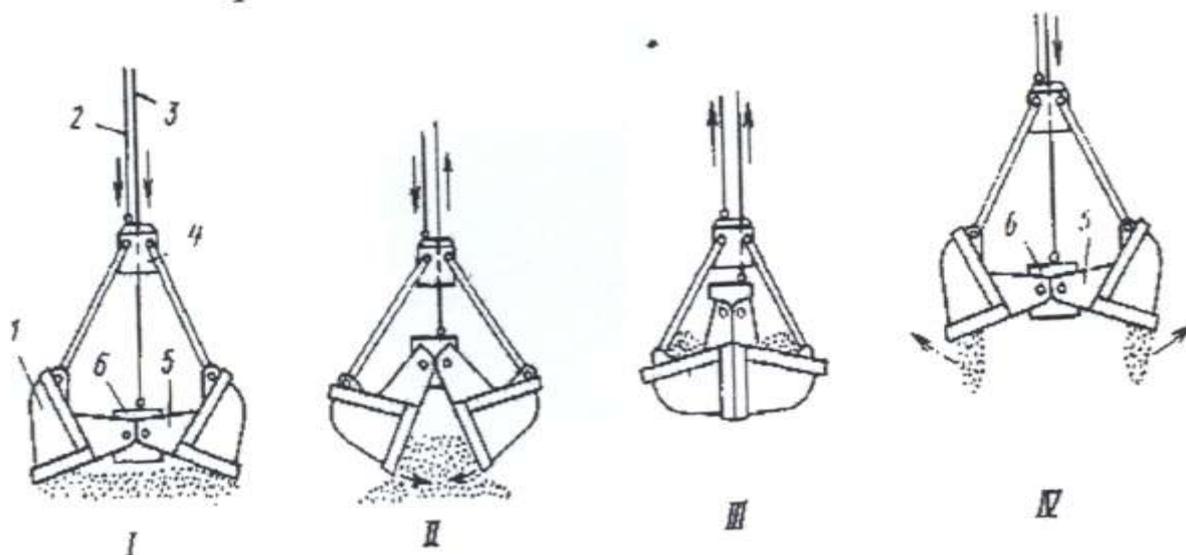


Рис. 9.4.4. Схема работы двухканатного грейферного ковша:

I – исходное положение перед заполнением; II – заполнение; III – подъем; IV – разгрузка; 1 – челюсть; 2 – подъемный канат; 3 – замыкающий канат; 4 – верхняя головка; 5 – тяга; 6 – нижняя головка.

Крановое оборудование (см. рис. 9.4.2,г) монтируют на экскаваторах с ковшом вместимостью до 8 м^3 . Предназначено оно для выполнения погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ. В качестве стрелового оборудования используют обычные и удлиненные стрелы со вставками и надставками (гуськами).

Навесное копровое оборудование (см. рис. 9,в) является узкоспециальным, используют его для забивки свай при сооружении путепроводов и эстакад, в промышленном и гражданском строительстве. Копровую мачту вместе со свайей и дизель-молотом шарнирно подвешивают к стреле экскаватора и удерживают внизу телескопическими распорками. Сваю подтаскивают и поднимают под молот подъемной лебедкой, устанавливают (наводят) в нужное место наклоном стрелы и поворотом платформы экскаватора.

В случаях, когда есть возможность на строительной площадке использовать одну машину для выполнения последовательно земляных, свайных и монтажных работ и когда сваи забиваются кустами с одной стоянки экскаватора, сменное копровое оборудование имеет преимущества по сравнению с копрами и установками других типов.

9.5. Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом

У гидравлических экскаваторов – экскаваторов с гидравлическим приводом и гидравлическим управлением – рабочее оборудование приводится в действие гидроцилиндрами, механизмы поворота – гидромоторами или гидроцилиндрами, механизмы передвижения – гидромоторами. Рабочее давление в гидросистемах составляет $10 \dots 35 \text{ МПа}$. Обычно используют многопоточные

гидросистемы с несколькими насосами, позволяющие совмещать отдельные движения рабочего оборудования. Примерно 80 % всех строительных универсальных экскаваторов имеют гидравлический привод, и производство гидравлических экскаваторов быстро развивается. Выпускаемые в СНГ гидравлические экскаваторы имеют вместимость ковша (обратной лопаты) 0,25; 0,5; 0,65; 1,0; 1,25; 1,6 и 2,5 м³.

Гидравлический привод позволяет: рационально скомпоновать узлы и агрегаты, упростив кинематику трансмиссии и рабочего оборудования; расширить номенклатуру сменных рабочих органов; полнее использовать мощность силовой установки; рационально совмещать рабочие операции, сокращая общую продолжительность цикла. Такой привод обеспечивает плавное регулирование рабочих скоростей и точную ориентацию рабочего органа; уменьшает утомляемость машиниста. У гидравлических экскаваторов большее усилие на зубьях ковша и лучшее наполнение ковша. Благодаря этим преимуществам производительность гидравлических экскаваторов на 15 ... 30% выше, чем у экскаваторов с механическим приводом.

Рабочее оборудование обратной лопаты (рис. 9.5.1,а), прямой лопаты (рис. 9.5.1,б) и грейфера (рис. 21.2) полноповоротных гидравлических экскаваторов выполнено по жесткой шарнирно-рычажной схеме подвески с гидроцилиндрами в качестве жестких связей.

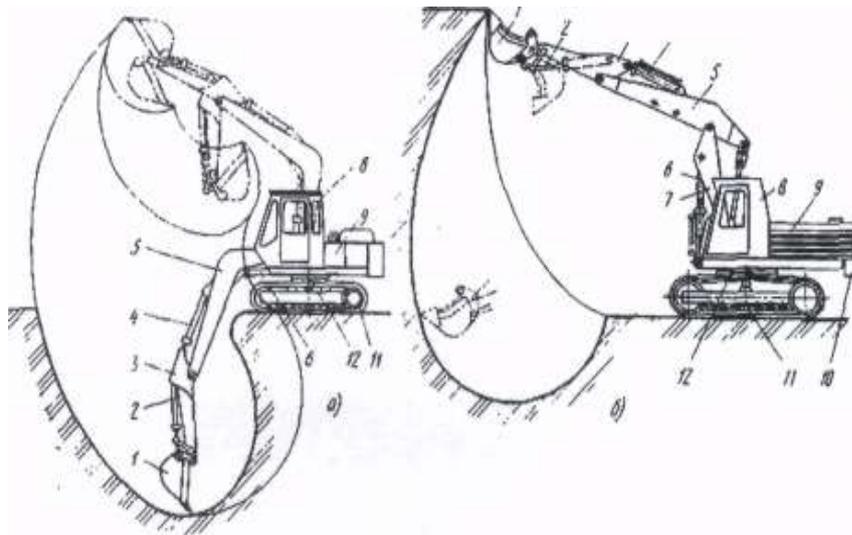


Рис.9.5.1. Полноповоротные гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием:

- а – обратная лопата; б – прямая лопата; 1 – ковш; 2 – гидроцилиндр ковша; 3 – рукоять; 4 – гидроцилиндр рукояти; 5 – стрела; 6 – гидроцилиндр стрелы; 7 – дополнительная нижняя часть стрелы; 8 – кабина; 9 – силовая установка; 10 – противовес; 11 – ходовая часть; 12 – опорно-поворотный круг.

Обратная лопата (см. рис. 9.5.1,а) является основным видом рабочего оборудования гидравлических экскаваторов 2 ... 4 размерных групп ($d = 0,25 \dots 1,0 \text{ м}^3$). Оборудование обратной лопаты содержит ковш 1 с зубьями, рукоять 3, стрелу 5 и гидроцилиндры 2, 4 и 6 соответственно поворота ковша, подъема

стрелы и поворота рукояти. Обратная лопата копает грунт в выемках как поворотом ковша относительно рукояти, а рукояти относительно стрелы, так и подъемом и опусканием стрелы. Разгружается ковш поворотом относительно рукояти с помощью гидроцилиндра 2.

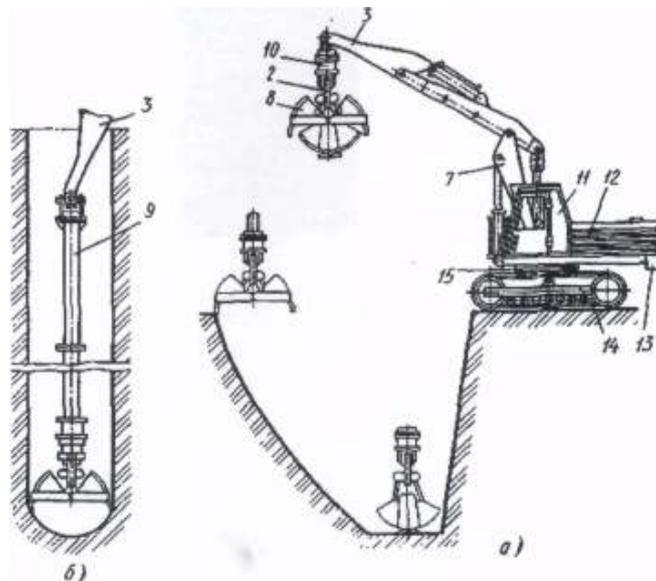


Рис. 9.5.2. Полноповоротный гидравлический экскаватор с грейферным рабочим оборудованием:

а – общий вид; б – схема установки грейферного ковша на удлиняющей штанге; 2 – гидроцилиндр челюстей ковша грейфера; 3 – рукоять; 7 – дополнительная нижняя часть стрелы; 8 – челюсти грейфера; 9 – удлиняющая промежуточная вставка (штанга); 10 – механизм поворота ковша; 11 – кабина; 12 – силовая установка; 13 – противовес; 14 – ходовая часть; 15 – опорно-поворотный круг.

Прямая лопата состоит из тех же элементов рабочего оборудования, что и обратная лопата, но отличается другим ковшом и положением его установки на рукояти. Ковш разгружается при открывании его днища, как у механического экскаватора, или поворотом относительно рукояти (см. рис. 9.5.1,6). Прямая лопата копает грунт выше уровня стоянки, но если у механического экскаватора с прямой лопатой стрела во время рабочего цикла неподвижная, то у гидравлического – поднимается и опускается. Напорное движение при копании создается движениями рукояти, стрелы и ковша (если ковш поворотный). Эти движения могут совмещаться.

Гидравлические грейферы (см. рис. 9.5.2) шарнирно подвешены к рукояти экскаватора вместо ковша. Челюсти 8 грейфера при зачерпывании материала смыкаются принудительно под действием гидроцилиндра 2. Напор на грунт можно создать опусканием стрелы, а в необходимых случаях и весом машины. Это дает возможность разрабатывать плотные грунты независимо от веса грейферного оборудования. Для копания глубоких колодцев, траншей и котлованов (до 20 ... 30 м) используют удлиняющие промежуточные вставки 9 (см. рис. 9.5.2,6). Для рытья траншей глубиной до 30 м при строительстве сооружений методом «стена в грунте» грейферное оборудование закрепляют на телескопической напорной штанге.

Конструкция гидравлических экскаваторов позволяет оперативно и просто заменять съемное навесное оборудование, поэтому гидравлические экскаваторы имеют большую номенклатуру сменного рабочего оборудования, что значительно расширяет их технологические возможности по сравнению с механическими экскаваторами. Некоторые виды сменных рабочих органов гидравлических экскаваторов показаны на рисунке 9.6.1.

9.6. Экскаваторы-планировщики

Широко распространены экскаваторы-планировщики с телескопической стрелой, изменяющей свою длину с помощью гидроцилиндра (рис. 9.6.2). Рабочее оборудование этих экскаваторов совершает следующие движения: поворот ковша 1 в вертикальной плоскости гидроцилиндром 2; удлинение и втягивание выдвигной части стрелы 3 относительно основной части 4; поворот стрелы (вместе с ковшом) относительно собственной оси в обойме 11; наклон стрелы в вертикальной плоскости относительно шарнира 12 гидроцилиндром 6.

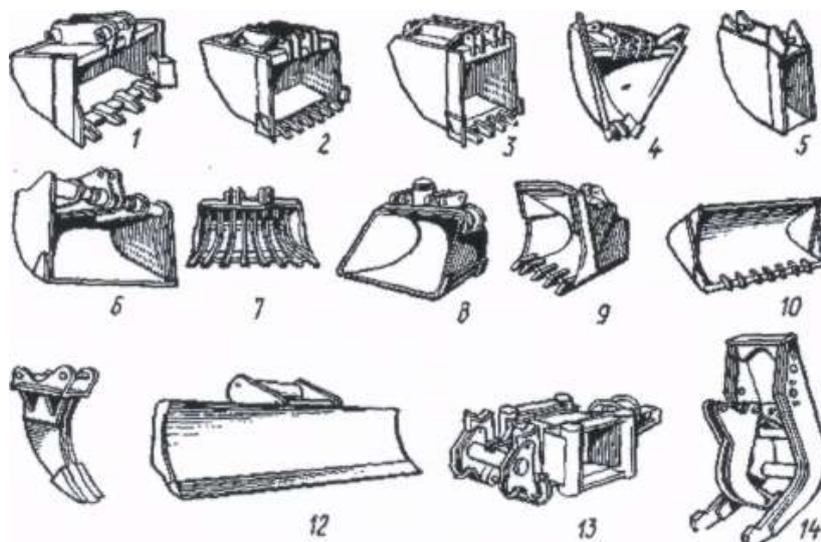


Рис. 9.6.1. Сменные рабочие органы одноковшовых гидравлических экскаваторов: 1,2,3 – основные ковши обратных лопат; 4 – ковш для дренажных работ; 5 – для рытья узких траншей; 6 – для планировочных работ; 7 – зачистной ковш; 8, 9, 10 – погрузочные ковши; 11 – рыхлитель; 12 – планировочный отвал; 13 – приспособление для бокового копания; 14 – клещи для штучных грузов.

Возможность плавного движения рабочего органа по прямым траекториям (горизонтальным и наклонным) позволяет использовать экскаваторы-планировщики на планировании откосов насыпей, выемок и горизонтальных поверхностей, на зачистке дна траншей и котлованов. Кроме того, их применяют при разработке траншей и небольших котлованов в стесненных условиях, для обратной засыпки, на погрузочно-разгрузочных работах.

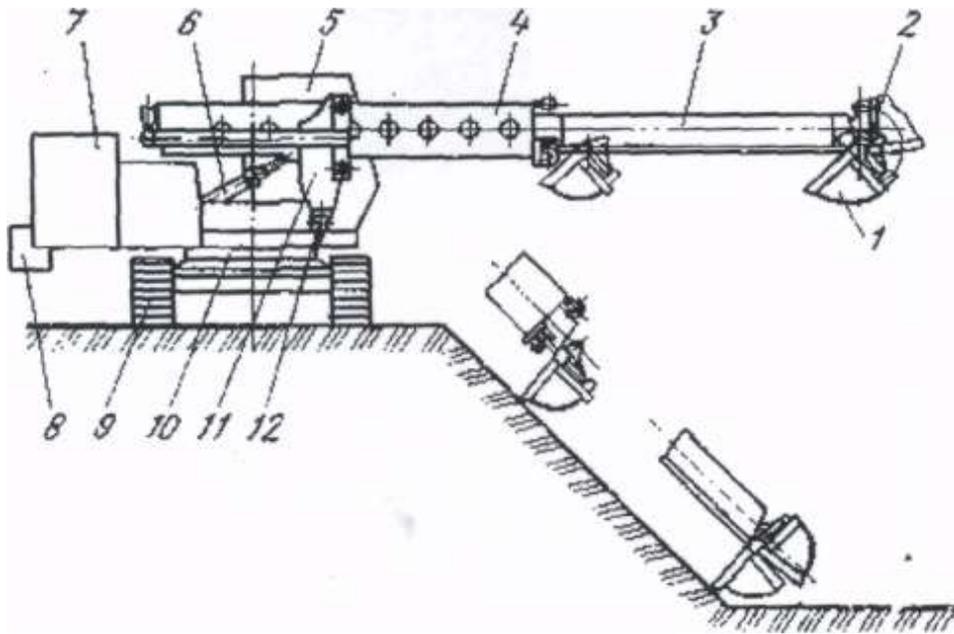


Рис. 9.6.2. Экскаватор-планировщик:

1 – ковш; 2 – гидроцилиндр ковша; 3 – выдвижная часть стрелы; 4 – стрела; 5 – кабина; 6 – гидроцилиндр наклона стрелы; 7 – силовая установка; 8 – притивовес; 9 – ходовое оборудование; 10 – опорно-поворотный круг; 11 – обойма наклона и вращения стрелы; 12 – шарнир наклона обоймы.

Экскаваторы-планировщики по своим технологическим возможностям существенно снижают долю ручного труда на земляных работах. Экскаваторы-планировщики выпускают на гусеничном и пневмоколесном ходу, а также на шасси грузовых автомобилей.

9.7. Неполноповоротные гидравлические экскаваторы

Неполноповоротные (навесные) гидравлические экскаваторы представляют собой мобильные малогабаритные машины, выполняющие земляные и погрузочные работы небольших объемов на рассредоточенных объектах в грунтах I ... III групп.

По такой схеме выпускают экскаваторы с ковшом вместимостью 0,25 м³ на базе колесного трактора мощностью 40 кВт. Этот экскаватор в настоящее время является одной из наиболее массовых землеройных машин. Его рабочее оборудование навешено на поворотной колонке 7, установленной на усиленной раме колесного трактора. Колонка поворачивается относительно вертикальной оси двумя гидроцилиндрами 8. Кроме экскаваторной машина имеет также бульдозерное оборудование 11, расположенное спереди трактора и служащее одновременно противовесом. Для устойчивости экскаватора при работе предусмотрены две выносные опоры с приводом от гидроцилиндров (на рисунке они не показаны).

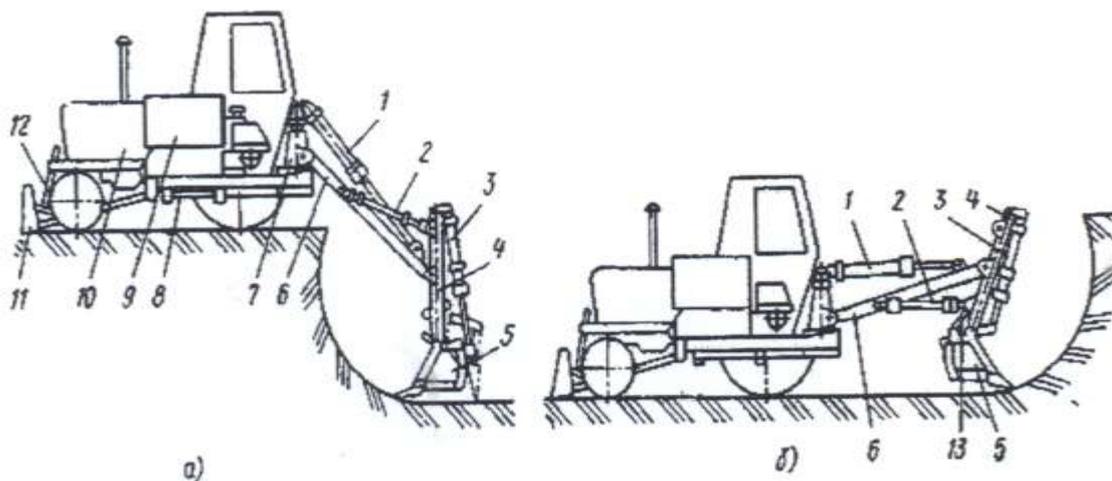


Рис. 9.7.1. Неполноповоротный гидравлический экскаватор:

а – с обратной лопатой; б – с прямой лопатой; 1 – гидроцилиндр подъема стрелы; 2 – гидроцилиндр поворота рукоятки; 3 – гидроцилиндр ковша; 4 – рукоять; 5 – ковш; 6 – стрела; 7 – поворотная колонка; 8 – гидроцилиндры поворота колонки; 9 – бак для гидравлической жидкости; 10 – трактор; 11 – бульдозерное оборудование; 12 – гидроцилиндр отвала; 13 – оттяжка.

Все элементы навесного оборудования экскаватора унифицированы. Для переоборудования с обратной на прямую лопату достаточно перевернуть на 180° ковш 5, закрепить его жестко на рукояти 4 оттяжкой 13 и переставить оси крепления штоков гидроцилиндров 2 и 3. Гидроцилиндр 3 на обратной лопате поворачивает ковш, а на прямой лопате открывает днище ковша. При работе обратной лопаты днище ковша плотно закрыто. В комплект дополнительного сменного рабочего оборудования этого экскаватора входят грейферный и погрузочный ковши, крановая подвеска и вилы.

9.8. Определение производительности и пути ее повышения

Производительность одноковшовых экскаваторов (в $\text{м}^3/\text{ч}$) определяют так же, как и производительность машин циклического действия:

$$P_m = \frac{3600V}{T_{\text{ц}}} \cdot \frac{K_n}{K_p}$$

где V – геометрический объем ковша, м^3 ; $T_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла, с; K_p – коэффициент разрыхления грунта; K_n – коэффициент наполнения ковша грунтом в разрыхленном состоянии, $K_n = 0,6 \dots 1,2$.

Продолжительность цикла (в с) включает в себя время, необходимое на копание t_1 подъем ковша t_2 , поворот стрелы с ковшом t_3 , выгрузку ковша t_4 , поворот стрелы в забой t_5 и опускание ковша t_6 т.е.

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6.$$

При достаточной квалификации машиниста груженный ковш можно поднимать во время поворота на разгрузку, а опускать после разгрузки – во время поворота в забой. Особенно благоприятными возможностями для совмещения операций располагают гидравлические экскаваторы благодаря многопоточным схемам гидропривода и уменьшенной массе машины.

По аналогии с грузоподъемными машинами (кранами) и погрузчиками совмещение операций одноковшового экскаватора можно учитывать, вводя в формулу производительности коэффициент совмещения K_c , который в зависимости от конкретных условий эксплуатации и квалификации машиниста колеблется от 1,3 до 1,5. Тогда техническая производительность (в м³/ч):

$$P_m = \frac{3600V}{T_{ц}} \cdot \frac{K_n}{K_p} \cdot K_c.$$

Эксплуатационная производительность экскаваторов учитывает использование машины во времени и утомляемость машиниста:

$$P_{э} = P_m \cdot K_b \cdot K_y,$$

где K_b – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, $K_b = 0,8 \dots 0,85$; K_y – коэффициент, учитывающий утомляемость машиниста в зависимости от качества системы управления экскаватором, $K_y = 0,7 \dots 0,95$.

Для повышения производительности экскаваторов необходимо увеличивать наполнение ковша, сокращать продолжительность цикла, рационально организовать работу экскаватора в забое. Наполнение ковша улучшают рациональным подбором его из широкого набора сменных рабочих органов. В легких и средних грунтах необходимо применять ковши увеличенной вместимости, а в плотных грунтах применяют метод подбоя с обрушением. При выгрузке в отвал уменьшение угла поворота стрелы с 90 до 70° сокращает цикл не менее чем на 10 %.

Производительность экскаватора при работе с транспортными средствами во многом определяется непрерывностью их подачи и правильной установкой в забое с тем, чтобы угол поворота экскаватора был наименьшим.

ЛЕКЦИЯ № 10

ЭКСКАВАТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

10.1. Общие сведения, классификация и индексация

Экскаваторы непрерывного действия все операции рабочего процесса выполняют одновременно, т. е. вместе с копанием грунта происходит выгрузка ковшей и транспортирование (эвакуация) грунта из забоя в отвал или транспортные средства. Принцип непрерывности рабочих процессов дает повышенную производительность. Вместе с тем эти экскаваторы менее универсальны, чем одноковшовые, и, кроме того, их применение ограничивают каменные включения в грунте: линейные размеры включений, как правило, не должны превышать $1/3$ ширины ковша.

Экскаваторы непрерывного действия классифицируют по следующим основным признакам:

- по типу рабочего органа – цепные (ЭТЦ) и роторные (ЭТР) (рис. 10.1.1);
- по способу соединения рабочего оборудования с базовым тягачом – с навесным и полуприцепным рабочим оборудованием;
- по типу ходового устройства базового тягача – на гусеничные и пневмоколесные;
- по типу привода – с механическим, гидравлическим, электрическим и комбинированным приводом.

Наибольшее распространение получили гусеничные экскаваторы непрерывного действия с комбинированным приводом. В индексе экскаваторов непрерывного действия (рис. 10.1.2) первые две буквы ЭТ означают экскаватор траншейный, а третья – тип рабочего органа (Ц – цепной, Р – роторный). Первые две цифры индекса обозначают большую глубину отрываемой траншеи (в дм), третья – порядковый номер модели. Первая из дополнительных букв цифрового индекса (А, Б, В и т. д.) означает порядковую модернизацию машины, последующие – вид специального климатического исполнения (ХЛ – северное, Т – тропическое, ТВ – для работ влажных тропиках). Например, индекс ЭТЦ-252А обозначает: экскаватор траншейный цепной, глубина копания 25 дм, вторая модель – 2, прошедшая первую модернизацию – А.

В строительстве наиболее широко используют экскаваторы продольного копания, так называемые траншейные, для получения траншей под инженерные коммуникации (кабели, трубопроводы), ленточные фундаменты зданий, для сооружения каналов и водоводов, при выполнении мелиоративных работ. Экскаваторы поперечного и радиального копания применяют в основном для вскрышных работ, открытых разработок полезных ископаемых и при разработке крупных карьеров строительных материалов (песка, гравия, глины).

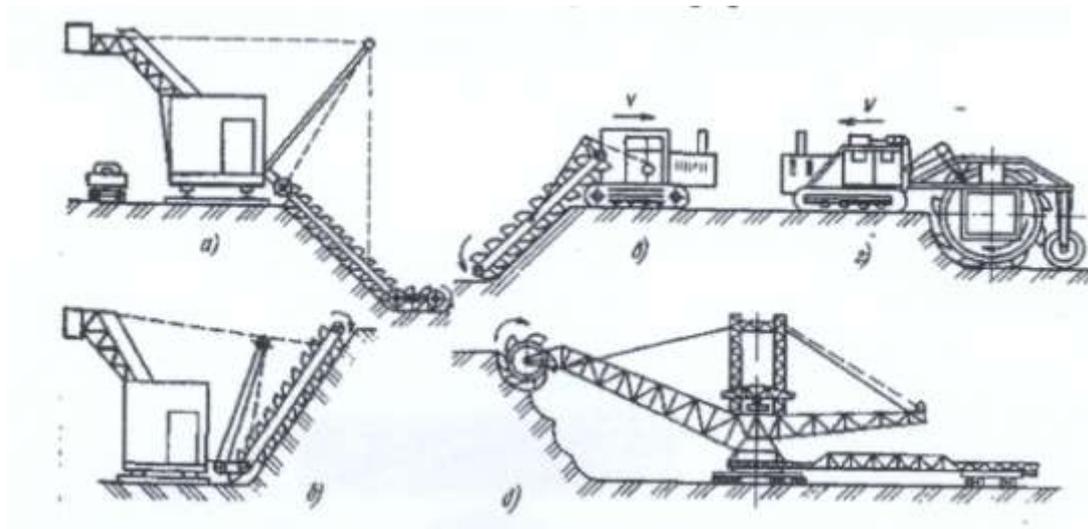


Рис.10.1.1. Основные типы экскаваторов непрерывного действия.

а – цепной поперечного копания с подачей грунта вверх по откосу; б – цепной поперечного копания с подачей грунта вниз по откосу; в – цепной продольного копания; г – роторный продольного копания; д – роторно-поворотный радиального копания.

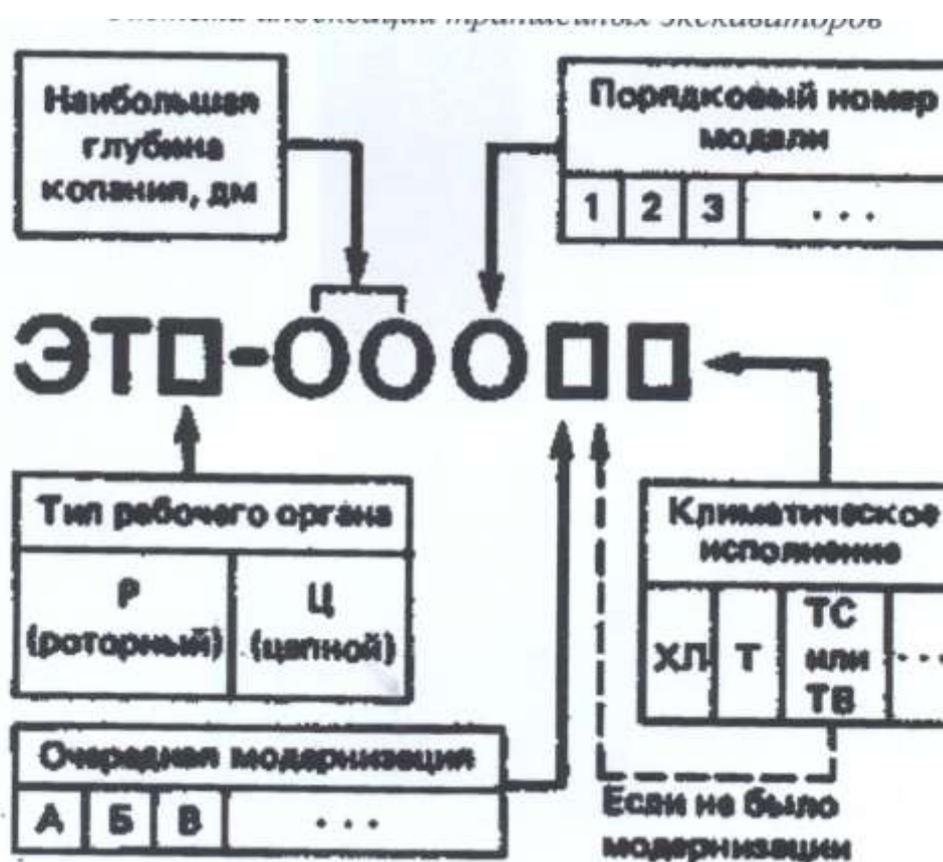


Рис. 10.1.2. Система индексации траншейных экскаваторов.

Цепные и роторные траншейные экскаваторы продольного копания в большинстве случаев выполняют на базе переоборудованных гусеничных

тракторов, у которых расширен и удлинен гусеничный ход, а в трансмиссию включен ходоуменьшитель для получения пониженных рабочих скоростей передвижения машины.

10.2. Цепные траншейные экскаваторы

Цепные траншейные экскаваторы выпускают производительностью до $220 \text{ м}^3/\text{ч}$ при глубине отрываемой траншеи до 3,5 м и ширине до 1,1 м. Рабочим органом цепных экскаваторов (рис. 10.2.1,я) является одно- или двухрядная втулочно-роликовая цепь 3, огибающая по замкнутому контуру наклонную раму 8 и несущая на себе ковш 9 или скребки. Ковши заполняются последовательно, вырезая тонкие стружки на наклонной поверхности забоя при совмещении двух движений – касательного вместе с цепью и продольного – продвижением (подачей) всей машины вдоль траншеи.

При опрокидывании ковшей вокруг верхнего поперечного (турасного) вала 2 грунт ссыпается в перегрузочный бункер 1. Расположенный под бункером ленточный конвейер 11 выносит грунт в отвал на бровку траншеи или в транспортное средство. Конвейер 11 может выдвигаться влево или вправо от продольной оси машины, обеспечивая разгрузку грунта с нужной стороны. Ковшовая цепь и конвейер 11 приводятся в движение двигателем 13 через редуктор и цепные передачи. Скорость цепи не превышает 1,2 м/с.

Для увеличения ширины траншеи на ковшах крепят (через один) боковые ножи-уширители или применяют ковши разной ширины. При работе в слабых грунтах, где возможно осыпание стенок траншеи, на ковшовую раму устанавливают приводные винтовые фрезы, придающие стенкам траншеи ступенчатый профиль.

Скребковый рабочий орган с однорядной цепью (рис. 10.2.1,б) навешивают на пневмоколесные серийные тракторы и предназначают для рытья траншей глубиной до 1,6 м и шириной 0,2 ... 0,4 м в грунтах I ... III групп. Грунт послойно срезается резцами 15 различной ширины и поднимается из траншеи скребками 14. Затем винтовые конвейеры 16 сдвигают грунт в обе стороны от траншеи.

Такие одноцепные экскаваторы применяют на рассредоточенных земляных работах небольших объемов. Их производительность составляет $60...80 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Двухцепные скребковые экскаваторы могут разрабатывать траншеи в мерзлых грунтах при глубине промерзания до 1 м. Для этого их снабжают сменным оборудованием в виде скребков, оснащенных зубьями с износостойкой наплавкой.

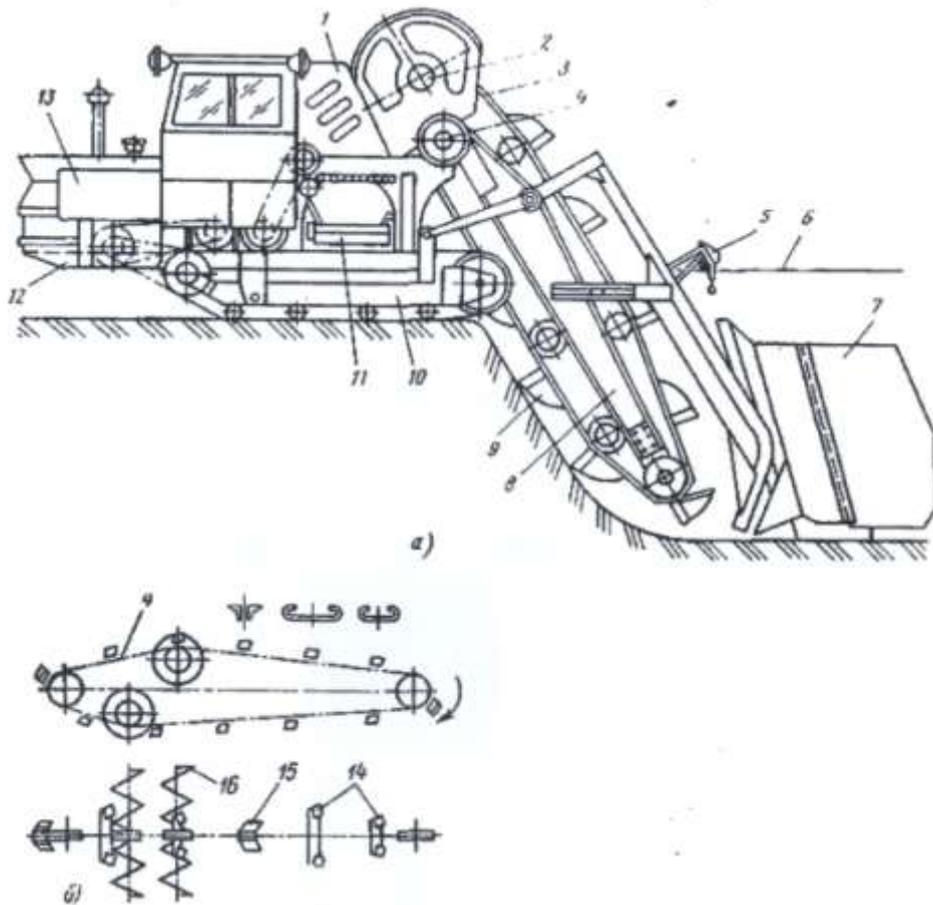


Рис. 10.2.1. Цепной траншейный экскаватор:

а – схема экскаватора с ковшовым рабочим органом; б – схема скребкового рабочего органа; 1 – перегрузочный бункер; 2 – верхний вал; 3 – цепь; 4 – ось поворота ковшовой рамы; 5 – датчик глубины копания; 6 – копирная струна; 7 – приспособление для укладки дренажных труб; 8 – ковшовая рама; 9 – ковш; 10 – рама гусеничной тележки; 11 – выдающий ленточный конвейер; 12 – основная рама; 13 – двигатель; 14 – скребки; 15 – резец; 16 – винтовой конвейер.

10.3. Траншейные роторные экскаваторы

Траншейные роторные экскаваторы разрабатывают траншеи прямоугольного или трапецидального профиля в немерзлых грунтах I ... IV групп, а также в мерзлых грунтах при глубине промерзания верхнего слоя до 1,1 ... 1,5 м. Роторные экскаваторы более производительны, чем цепные, так как допускаемая скорость ковшей них больше – до 2 ... 2,5 м/с (в цепях при таких скоростях появляются вредные динамические нагрузки, снижающие их долговечность). Однако масса роторных экскаваторов при одинаковой глубине траншеи больше, чем у цепных, так как диаметр ротора должен превышать глубину траншеи не менее чем в 1,6 раза.

Роторные экскаваторы отрывают траншеи глубиной не более 5 м. Производительность траншейных роторных экскаваторов доходит до 1200 м³/ч. Наиболее широкое применение роторные экскаваторы получили при прокладке траншей большой протяженности с высоким темпом прокладки, например, при строительстве нефте- и газопроводов.

Рабочим органом экскаваторов этого типа (рис. 10.3.1.) является ротор 7 - жесткое колесо с ковшами. Внутри ротора помещен поперечный ленточный конвейер 4. Ковши 8 при вращении ротора поднимают разрабатываемый грунт из траншеи и высыпают его на ленту конвейера 4, отбрасывающего грунт на бровку траншеи. Глубина отрываемой траншеи регулируется гидроцилиндром 2, к штоку которого прикреплены подъемные цепи и тяги. Дно траншеи обрабатывается зачистным башмаком 5. Для рытья различных траншей на один и тот же базовый тягач могут навешиваться сменные рабочие органы с различными шириной и диаметром ротора.

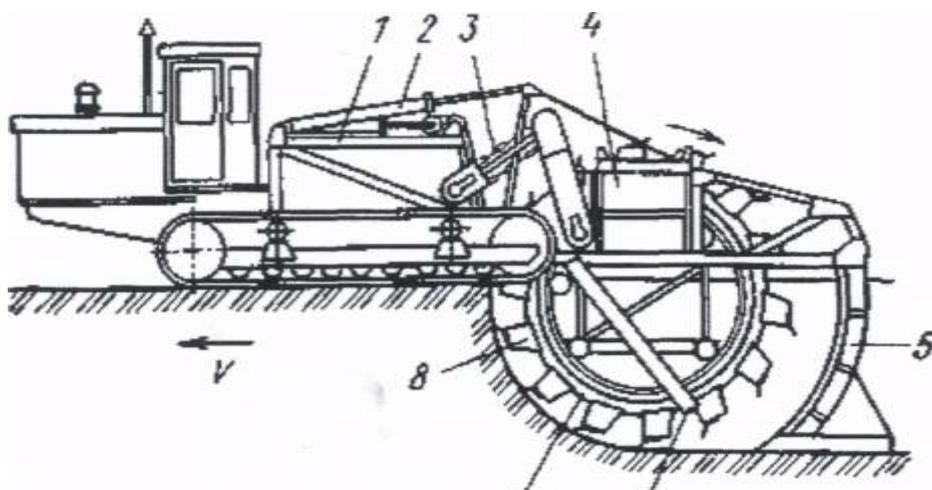


Рис. 10.3.1. Роторный трап шейный экскаватор:

- 1 – рама рабочего оборудования; 2 – гидроцилиндр подъемного механизма; 3 – цепная передача привода; 4 – ленточный выдающий конвейер; 5 – зачистной башмак; 6 – ножевой откосник; 7 – ротор; 8 – ковш.

Для получения траншей с наклонными стенками на рабочем органе устанавливают ножевые откосники 6. В мерзлых грунтах могут быть применены активные фрезерные уширители. Днища ковшей выполняют из цепей, которые при опрокидывании ковшей в верхнем положении прогибаются, встряхиваются и обеспечивают хорошую выгрузку грунта. Ковш оснащен зубьями из легированных сталей. Для работы в плотных и мерзлых грунтах зубья упрочняют пластинками из твердых сплавов.

Роторные экскаваторы продольного копания выпускают навесными и полунавесными к гусеничным тягачам. В последнем случае в рабочем и транспортном положениях роторы опираются на дополнительные опорные колеса (см. рисунок 10.1.1 ,г). Мощность силовых установок роторных экскаваторов достигает 400 ... 500 кВт.

10.4. Определение производительности

Производительность экскаваторов непрерывного действия, как и одноковшовых, зависит от числа разгрузок (черпаний) в единицу времени. При заданной скорости движения ковшей \mathcal{G} (в м/с) и их шаге S (в м) число разгрузок за 1 мин:

$$n = \frac{60\mathcal{G}_k}{S}.$$

Для роторных экскаваторов скорость \mathcal{G}_k можно выразить через частоту вращения ротора n_p (7 ... 10 об/мин), и тогда число разгрузок:

$$n = z \cdot n_p.$$

где z – число ковшей на роторном колесе, $z = 10 \dots 18$.

При известном числе разгрузок производительность цепных и роторных экскаваторов (в м³/ч)

$$П_m = \frac{60 \cdot V \cdot n \cdot K_n}{1000 \cdot K_p},$$

где V – вместимость одного ковша, л; K_n – коэффициент наполнения ковша грунтом, для ковшовых цепных и роторных экскаваторов $K_n = 0,5 \dots 1,1$, для скребковых цепных экскаваторов $K_n = 0,35 \dots 0,75$; K_p – коэффициент разрыхления грунта, $K_p = 1,1 \dots 1,5$.

Производительность машин непрерывного действия, как известно, можно определить по площади поперечного сечения F (в м²) потока разрабатываемого материала и по скорости \mathcal{G} (в м/ч) движения машины. Независимо от вместимости ковшей и числа разгрузок производительность (в м³/ч)

$$П_m = F \cdot \mathcal{G}.$$

Для прямоугольной траншеи $F = B \cdot H$, где B – ширина траншеи, равная ширине ковшей, м, H – глубина траншеи, м.

Сопоставляя формулы производительности, можно найти необходимую скорость движения (подачи) экскаватора (в м/ч):

$$\mathcal{G} = 3,6 \cdot \frac{V \cdot \mathcal{G}_k \cdot K_n}{S \cdot B \cdot H \cdot K_p}.$$

Экскаваторы непрерывного действия имеют широкий диапазон рабочих скоростей движения: для цепных 10 ... 400 м/ч и для роторных 10 ... 800 м/ч. Транспортные скорости гусеничных многоковшовых экскаваторов составляют 1,2 ... 6 км/ч.

Для повышения точности работы траншейные экскаваторы снабжают автоматическими устройствами выдерживания глубины копания. В качестве копира используют натянутую проволоку $\phi 6$ (см. рис. 22.3), протянутую по геодезическим приборам параллельно оси траншеи. По проволоке движется щуп датчика δ , который подает сигнал на механизм подъема ковшовой рамы. В качестве копира могут быть использованы световые лучи, в частности лазерные.

МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

11.1. Землеройно-транспортные машины

Землеройно-транспортными называют машины с ножевым рабочим органом, выполняющие одновременно послойное отделение от массива и перемещение грунта к месту укладки при своем поступательном движении. К этой группе машин относятся: бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдер-элеваторы. Первые два типа машин, особенно бульдозеры, широко используются в промышленном и гражданском строительстве.

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

11.2. Бульдозеры

Бульдозер представляет собой самоходную землеройно-транспортную машину в виде гусеничного трактора или колесного тягача с навешенным на него с помощью рамы или брусьев рабочим органом – отвалом. Обычно отвал навешивают спереди трактора вне базы ходовой части (рис. 11.2.1). Бульдозер выполняет послойное копание и перемещение грунтов и других материалов на расстояние до 100... 120 м и планировку площадей.

Широко применяют бульдозеры при возведении из резервов насыпей высотой до 2 м, для рытья котлованов и каналов, сооружения плотин, засыпки траншей и ям, разравнивания и профилирования грунта, очистки аэродромов и дорог, при подготовке трасс, для разравнивания и штабелирования сыпучих строительных материалов, на вскрытии грунтовых карьеров и карьеров ископаемых. Их используют также в качестве толкачей для скреперов.

Бульдозеры классифицируются:

по назначению – общего назначения и специальные;

в зависимости от тягового класса базовых машин – малогабаритные (класс до 0,9), легкие (классов 1,4...4), средние (классов 6... 15), тяжелые (классов 25...35) и сверхтяжелые (класса выше 35);

по типу ходового устройства – гусеничные и пневмоколесные;

по конструкции рабочего органа — с неподвижным в плане отвалом и с поворотным отвалом.

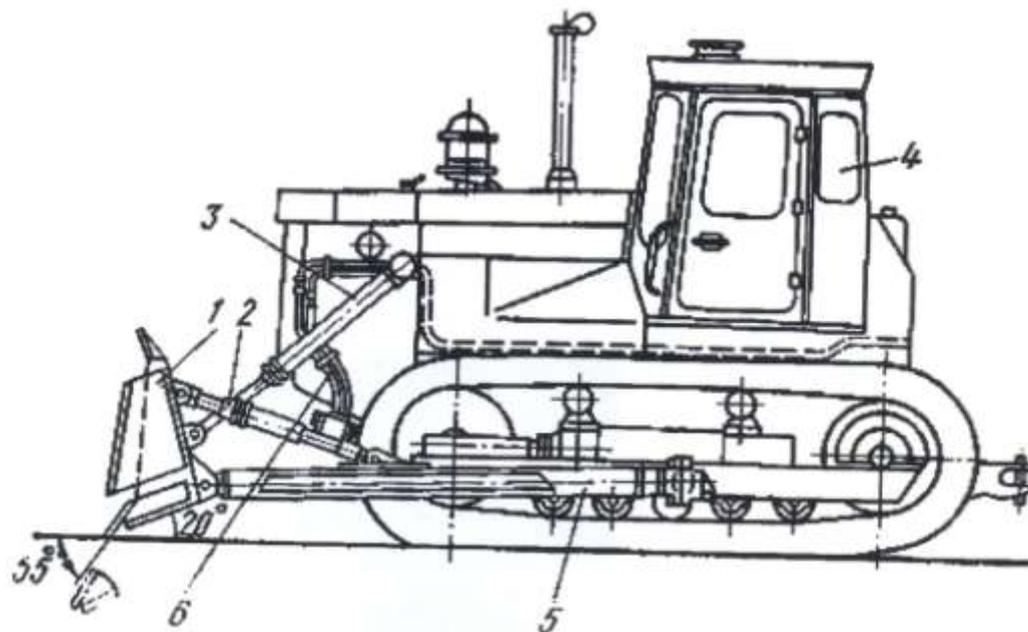


Рис. 11.2.1. Гусеничный бульдозер с неповоротным отвалом:
1 – отвал; 2 – гидравлический раскос; 3 – гидроцилиндр подъема отвала; 4 – базовый трактор;
5 – толкающий брус; 6 – гибкие рукава гидросистемы.

На толкающих брусках отвал установлен шарнирно и с помощью раскосов можно изменять угол резания в пределах $45...60^\circ$. На бульдозерах с гидравлическим управлением иногда один из раскосов выполняют в виде гидроцилиндра, которым машинист, не выходя из кабины, может установить перекося отвала в поперечной плоскости на угол до $4...12^\circ$ в обе стороны. Поперечный перекося отвала дает возможность бульдозеру разрабатывать прочные и подмерзшие грунты, обеспечивая их срезание боковым концом отвала.

Наиболее часто на бульдозерах устанавливают прямые неповоротные и поворотные отвалы (рис. 11.2.2). У бульдозеров с неповоротным отвалом угол в плане между отвалом и осью машины (угол захвата) всегда равен 90° . У бульдозеров с поворотным отвалом (их иногда называют универсальными) положение отвала в горизонтальной плоскости (в плане) изменяется на угол $25...30^\circ$. Поворотный отвал всегда ниже, но длиннее неповоротного, так как в повернутом положении он должен перекрывать ширину базовой машины. Применяют его для планировочных работ с перемещением грунта в сторону (грунт при этом сходит с отстающего конца отвала в виде бокового валика), для засыпки траншей, разравнивания валов, кавальеров и других работ при непрерывном движении машины вдоль фронта работ. Поворотный отвал устанавливают только на гусеничных тракторах, так как колесные тягачи плохо воспринимают боковые нагрузки.

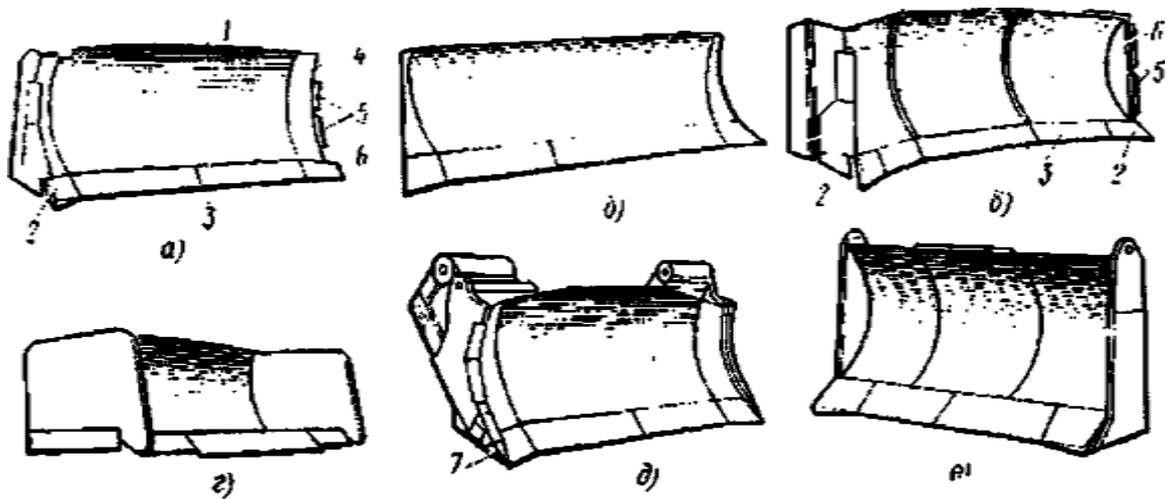


Рис. 11.2.2. Основные типы отвалов бульдозера:

а – прямой; б – универсальный (поворотный); в – сферический; г – совко-вообразный; д – с боковыми рыхлящими зубьями; е – короткий толкающий; 1 – лобовой лист; 2 – угловые ножи; 3 – средние ножи; 4 – боковые щитки; 5 – боковые ножи; 6 – открьлки; 7 – выдвижные зубья.

Сферические отвалы (см. рис. 11.2.2), состоящие из трех или пяти секций, которые установлены под углом 10... 15° одна к другой, набирают грунта на 15...20% больше, чем прямые отвалы. Сферические отвалы применяют для работы с кусковыми и сыпучими материалами при мощности базовых машин более 130 кВт. Совковый отвал имеет развитые боковые щитки и применяется при перемещении сыпучих и слабопрочных материалов на большие расстояния (до 150 м). Отвал с рыхлящими боковыми зубьями применяют в крепких каменных и мерзлых грунтах на гусеничных бульдозерах мощностью не менее 50 кВт и на колесных бульдозерах мощностью не менее 220 кВт. Короткий прямой отвал снабжен амортизатором и предназначен для установки на толкачах, помогающих загружать скреперы.

Разнообразие видов работ, выполняемых бульдозерами общего назначения, а также широкая номенклатура сменного рабочего оборудования и приспособлений к ним делают бульдозер универсальной машиной, незаменимой на любой стройке. На земляных работах в настоящее время бульдозеры выполняют 30.. .40% общего объема.

Главным параметром бульдозера является номинальное тяговое усилие T_n . По номинальному тяговому усилию и мощности двигателя бульдозеры условно разделяют на пять классов:

Бульдозеры	малогабаритные	легкие	средние	тяжелые	сверхтяжелые
Тяговое усилие, кН	до 25	25.. .135	135.. .200	200... 300	св. 300
Мощность двигателя, кВт	до 45	45.. .120	120.. .180	180.. .300	св. 300

Мощность двигателей современных бульдозеров 15 ... 600 кВт при базовой машине гусеничном или колесном тракторе и до 1200 кВт для бульдозеров на специальных тягачах.

Полный цикл работы бульдозера при вырезании и перемещении грунта состоит из следующих этапов: внедрения отвала в грунт и набора призмы волочения, перемещения грунта к месту укладки, укладки (разгрузки) грунта слоями или грудами, возвращения в забой, опускания отвала и установки его в положение внедрения (рис. 11.2.3.). Наиболее распространенной схемой циклической работы бульдозера является челночная схема, при которой обратный (холостой) ход выполняют задним ходом без разворота машины.

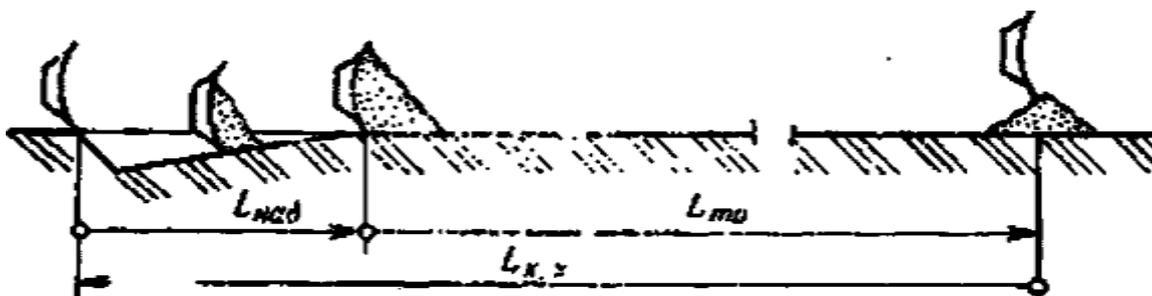


Рис. 11.2.3. Элементы рабочего цикла разработки и перемещения грунта бульдозером:
 $L_{наб}$ – длина пути набора призмы волочения; $L_{тр}$ – дальность транспортирования; $L_{х.х}$ – длина холостого хода.

Производительность бульдозера при вырезании и перемещении грунта определяется объемом перемещаемого грунта и продолжительностью цикла. Техническая производительность бульдозера (в $m^3/ч$):

$$P_c = \frac{3600VK_{np}}{T_{ц}K_p},$$

где V – объем призмы волочения (условная вместимость отвала), m^3 ; K_{np} , – поправочный коэффициент к объему призмы волочения, зависящий от соотношения ширины B и высоты H отвала, а также физико-механических свойств разрабатываемого грунта; $T_{ц}$ – продолжительность цикла, с; K_p – коэффициент разрыхления.

Объем призмы волочения (в m^3) ориентировочно может быть определен по формуле:

$$V=0,5BH^2$$

Продолжительность цикла (в с)

$$T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

где t_1 , t_2 , t_3 – соответственно время, затрачиваемое на набор грунта, его перемещение и холостой ход бульдозера. Дополнительно учитывает затраты на переключение передач, манипуляции с отвалом и т. д.

Бульдозеры могут оснащаться автоматическими системами управления рабочим оборудованием. Серийно выпускаемая система «Автоплан-1» автоматически изменяет положение отвала при наезде на неровности грунта, тем самым улучшая планирующую способность бульдозера. «Автоплан-1»

также формирует продольный профиль земляного полотна путем стабилизации отвала под заданным углом.

11.3. Скреперы

Скрепер – землеройно-транспортная машина циклического действия, предназначенная для послойного вырезания грунта с набором его в ковш, транспортирования набранного грунта и отсыпки его слоями или в отвал с частичным уплотнением ходовыми колесами или гусеницами. Скреперы ежегодно выполняют 12... 15% всех земляных работ в народном хозяйстве. Скреперы могут разрабатывать грунты I...IV групп прочности (III и IV группы – с предварительным разрыхлением).

В дорожном и аэродромном строительстве скреперы используют для возведения насыпей и разработки выемок, сооружения подходов к искусственным сооружениям, вскрытии грунтовых карьеров и карьеров строительных материалов, а также на различных вспомогательных работах – планировке, зачистке, подсыпке грунта и т.п. В исключительных случаях – в качестве землевозных тележек, загружаемых экскаваторами. Широко применяют скреперы на вскрышных работах, строительстве газо- и нефтепроводов, при рекуперации почвенных слоев, сооружении каналов.

Главным параметром скрепера является геометрическая вместимость (объем) ковша (в м³), положенная в основу типоразмерного ряда скреперов. Вместимость «с шапкой» превышает геометрическую на 20.. 25%.

Скреперы классифицируют:

по вместимости ковша – машины малой (до 5 м³), средней (5... 15 м) и большой (свыше 15 м³) вместимости;

по способу загрузки ковша – с пассивной загрузкой движущим усилием срезаемого слоя грунта, с принудительной загрузкой с помощью скребкового элеватора;

по способу разгрузки ковша – с принудительной разгрузкой при выдвигании стенки ковша вперед (основной способ), со свободной (самосвальной) разгрузкой опрокидыванием ковша вперед по ходу машины;

по способу агрегатирования с тяговыми средствами – прицепные к гусеничным тракторам и двухосным колесным тягачам; самоходные, агрегатируемые с одноосными и двухосными колесными тягачами;

по способу управления рабочим – с гидравлическим и электрогидравлическим управлением.

Гидравлическая или электрогидравлическая системы управления рабочим органом обеспечивают принудительное опускание, подъем и разгрузку ковша, изменение глубины резания, подъем и опускание передней заслонки ковша с помощью гидроцилиндров двойного действия. Принудительное заглубление ножей ковша в грунт позволяет довольно точно регулировать толщину срезаемой стружки, сокращать время набора грунта и эффективно разрабатывать плотные грунты.

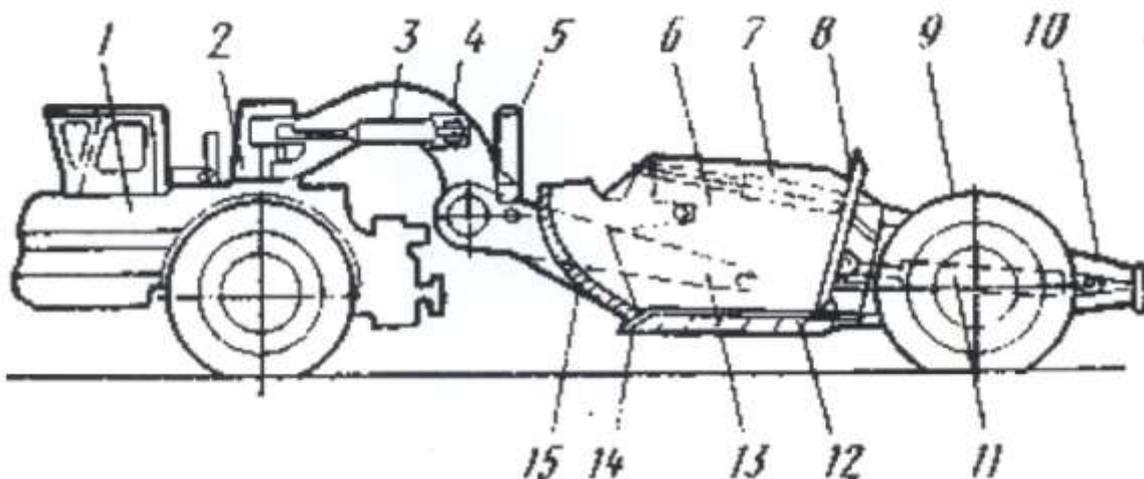


Рис. 11.3.1. Схема самоходного скрепера:

- 1 – одноосный тягач; 2 – седельно-сцепное устройство; 3 – гидроцилиндр поворота; 4 – дышло (арка-хобот); 5 – гидроцилиндр подъема ковша; 6 – ковш; 7 – гидроцилиндры заслонки; 8 – задняя подвижная стенка; 9 – заднее колесо; 10 – буфер для толкача; 11 – гидроцилиндр выдвигания задней стенки; 12 – днище ковша; 13 – тяговая рама; 14 – нож; 15 – передняя заслонка.

Рабочее оборудование скрепера (рис. 11.3.1) состоит из ковша 6 с передней заслонкой 15 и задней стенкой 5, тяговой рамы 13 с дышлом 4 и гидросистемы управления ковшом. Ковш имеет прямые или ступенчатые ножи, срезающие слой грунта во время движения машины на участке набора. Рабочий процесс скрепера состоит из следующих последовательно выполняемых операций: резание грунта и наполнение ковша, транспортирование грунта в ковше к месту укладки, выгрузка и укладка грунта, обратный (холостой) ход машины в забой. Передняя заслонка при наборе приподнята и образует щель, через которую стружка грунта поступает в ковш. Сзади скрепер оборудован буфером для подталкивания толкачом при заполнении, когда тягового усилия тягача оказывается недостаточно.

В транспортном положении ковш приподнят, заслонка закрыта. Разгружается скрепер чаще всего принудительно с помощью выдвигной задней стенки ковша, выталкивающей грунт через щель, образованную между заслонкой и ножом. Далее грунт разравнивается (планируется) ножами ковша и частично уплотняется колесами скрепера. При холостом ходе порожний ковш поднят в транспортное положение, а заслонка опущена.

Техническая производительность скрепера (в м³/ч):

$$P_m = \frac{3600VK_n}{T_{ц}K_p}$$

где V – геометрическая вместимость ковша скрепера, м³; $T_{ц}$ – продолжительность цикла, с; K_n – коэффициент наполнения ковша грунтом в зависимости от типа грунта и способа заполнения; K_p – коэффициент разрыхления грунта.

В соответствии со структурой рабочего цикла его продолжительность (в с) представляет собой сумму продолжительности отдельных операций:

$$T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6$$

где $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ — соответственно продолжительность набора грунта в ковш, движения груженого скрепера, разгрузки скрепера, движения порожнего скрепера и дополнительных операций, включающих повороты, переключения передач и другие затраты времени.

11.4. Автогрейдеры

Автогрейдер (рис. 11.4.1) является одной из основных машин, применяемых при строительстве дорог и их содержании. С помощью автогрейдеров можно профилировать земляное полотно, возводить насыпи высотой до 0,6 м, планировать откосы, выемки и насыпи, перемещать грунт и дорожно-строительные материалы, устраивать корыта и боковые канавы в дорожном полотне, перемешивать грунт и гравийные материалы с вяжущими материалами и добавками, очищать дороги от снега.

Для автогрейдеров характерно разнообразие производимых работ благодаря тому, что отвал может устанавливаться под различным углом в вертикальной и горизонтальной плоскостях и выноситься в сторону, достаточная точность выполнения планировочных и профилировочных работ, возможность установки различного сменного навесного оборудования (до 20 видов), высокая мобильность (транспортная скорость машины достигает 45 км/ч).

Автогрейдеры классифицируют по мощности двигателя и по соответствующему ей весу машины, по количеству осей и типу колесной схемы, по системе управления рабочим органом.

Классификация по мощности и весу приведена в таблице 11.4.1. Легкие автогрейдеры предназначены для содержания или мелкого ремонта грунтовых дорог; средние, получившие в настоящее время наибольшее распространение, для строительства и среднего ремонта дорог, а также для работы в грунтах средних категорий; полутяжелы и тяжелые автогрейдеры предназначены для различных дорожных работ большого объема, для строительства дорог в тяжелых грунтовых условиях, для планирования аэродромов и т.п.

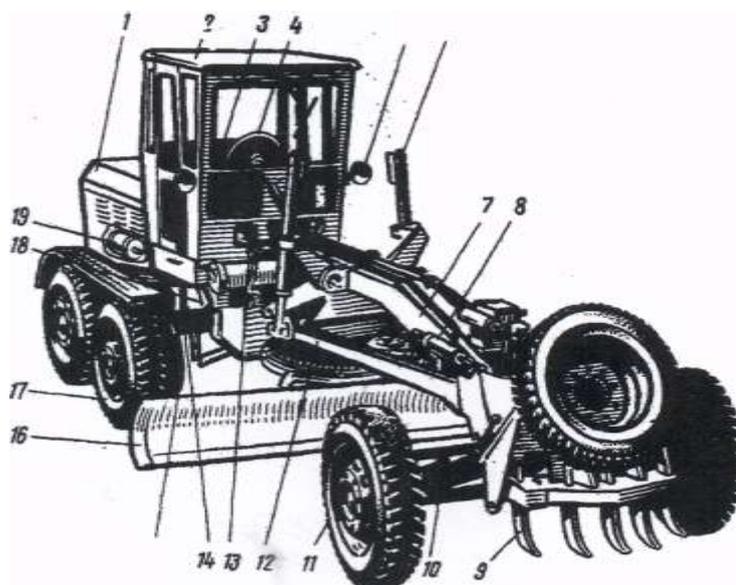


Рис. 11.4.1. Автогрейдер:

1 – капот; 2 – кабина; 3 – сидение машиниста; 4 – пульт управления; 5 – электросистема; 6, 8 – гидроцилиндры; 7 – основная рама; 9 – дополнительное оборудование; 10 – передняя ось; 11 – управляемые колеса; 12 – тяговая рама; 13 – гидросистема управления отвалом; 14 – задняя тележка; 15 – балансиры; 16 – основной отвал; 17 – ведущие пневмоколеса; 18 – трансмиссия; 19 – двигатель

Таблица 11.4.1. Классификация автогрейдеров по мощности и весу

Группы	Вес автогрейдера в т	Мощность двигателя в л.с.
Легкие	7... 9	до 75
Средние	10... 12	до ПО
Полутяжелые	13 ... 18	до 160
Тяжелые	18 ...24	170 и более

Различают автогрейдеры с двумя и тремя колесными осями.

Конструктивная компоновка автогрейдера характеризуется его колесной схемой, т. е. общим количеством осей, ведущих осей и осей с управляемыми колесами. Колесные схемы условно обозначаются формулой:

$$A \times B \times V,$$

где А – число осей с управляемыми колесами; В – число ведущих осей; V – общее число осей авто грейдера.

Так, трехосный автогрейдер с двумя задними ведущими осями и передней осью с управляемыми колесами имеет колесную формулу 1x2x3. Автогрейдеры с такой колесной формулой получили наибольшее распространение (75%), от автогрейдеров, имеющих колесную формулу 2x2x2, они отличаются более постоянной величиной сцепного веса и силой тяги по сцеплению, лучшей планирующей способностью ножа, лучшей конструктивной развеской по мостам, в связи с чем обеспечивается более устойчивое выдерживание прямолинейного движения. Однако автогрейдеры с колесной схемой 2x2x2

проще по конструкции и более маневренны, у них меньший радиус поворота, достаточная сила тяги.

Система управления рабочим органом автогрейдера может быть гидравлическая, редукторная, комбинированная (электрогидравлическая, редукторно-гидравлическая, пневмоэлектрическая и др.). Наиболее распространены автогрейдеры с объемным гидроприводом.

Основной вид работы автогрейдера – профилирование грунтовых дорог с треугольными или трапециевидальными кюветами (рис. 11.4.2.) в нулевых отметках или в насыпях высотой 0,3 ... 0,4 м, образующихся за счет грунта канав. Профилирование складывается из повторения отдельных циклов рабочих проходов, начальным из которых является зарезание. После каждого прохода – зарезания грунт перемещают одним или несколькими проходами на место укладки. Зарезание является наиболее трудоемким проходом, требующим наибольшего тягового усилия.

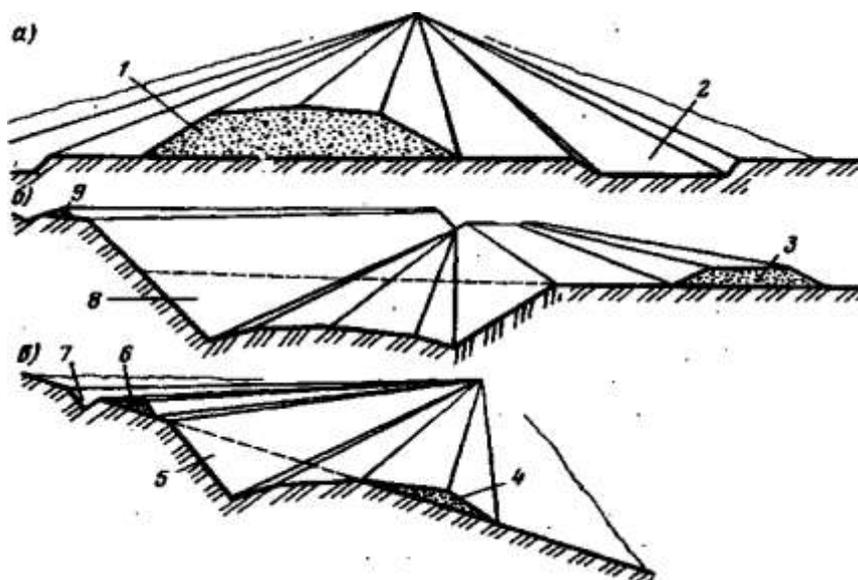


Рис. 11.4.2. Поперечные профили грунтовых дорог:
а – с насыпью; б – в выемке; в – полувыемка-полунасыпь;
1 –насыпь; 2 – резерв; 3 – кавальеры; 4 – полунасыпь; 5 - 9 – банкеты;

Производительность автогрейдера зависит от его основных параметров: размеров ножа, мощности двигателя, тягового усилия на колесах, а также от условий его работы (характера грунта, технологии работ и т. д.).

Производительность автогрейдера выражается в объеме вырезанного и перемещенного грунта за единицу времени, в километрах спрофилированной дороги или в квадратных метрах спланированной площади.

Эксплуатационная производительность автогрейдера ($\text{м}^3/\text{ч}$) при резании и перемещении грунта:

$$П_{\text{э}} = \frac{3600 \cdot B \cdot l \cdot h \cdot k_{\text{в}}}{(t_p + t_n) \cdot n},$$

где B – ширина захвата отвала, м; l – длина участка, м; h – толщина срезаемой стружки, м; k_b – коэффициент использования машины по времени; t_p – время, затрачиваемое на один проход, с; t_n – то же, на один поворот; n – число проходов по одному участку.

11.5. Грейдер-элеватор

Грейдер-элеватор (рис. 11.5.1) разрабатывает (срезает) грунт послойно и отсыпает его в отвал или в транспортные средства.

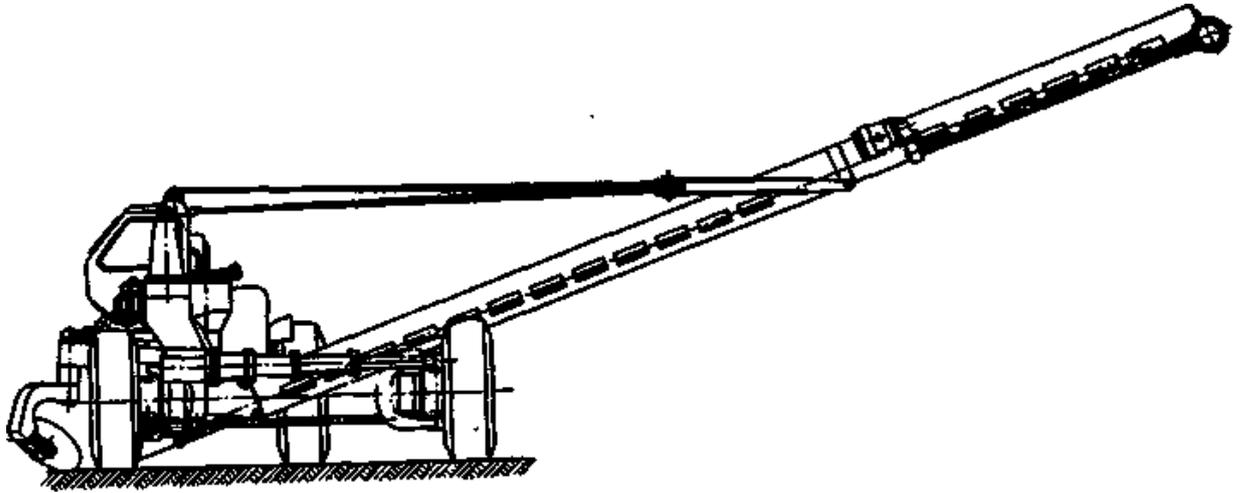


Рис. 11.5.1. Грейдер-элеватор

Принципиальной особенностью этой машины является то, что грунт, отделяемый от массива, попадает на транспортирующее устройство – конвейер, при помощи которого он подается в транспортное средство или в отвал. Это выгодно отличает грейдер-элеваторы от других землеройно-транспортных машин, так как расход энергии на транспортирование грунта конвейером значительно меньше, чем на заполнение грунтом скрепера или бульдозера, где в процессе перемещения грунта значительное количество энергии расходуется на трение грунта о грунт.

Грейдер-элеватор состоит из ходовой части, основной рамы, плужной балки, рабочего органа, ленточного конвейера, трансмиссии, привода конвейера, силовой установки и механизмов управления.

По типу рабочего органа грейдер-элеваторы разделяются на машины с дисковыми ножами, которые могут быть поворотными или неповоротными, с прямыми ножами и с криволинейными (струги). На рисунке 18.4 приводится конструкция дискового ножа. Диаметры таких ножей составляют от 600 до 1000 мм.

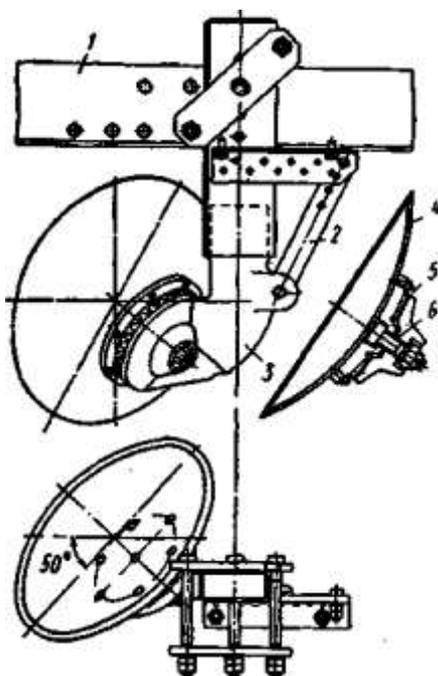


Рис. 11.5.2. Дисковый сферический нож грейдер-элеватора:

1 – плужная балка; 2 – подкос; 3 – дискодержатель; 4 – режущий диск; 5 – соединительный диск; 6 – центральный болт.

По расположению конвейера грейдер-элеваторы разделяются на машины с поперечным или диагональным расположением конвейера, с одним или двумя поворотными конвейерами и машины с грунтометателем.

В зависимости от ходового оборудования и тягового средства грейдер-элеваторы могут быть прицепные (на пневматическом ходу), полуприцепные к гусеничным тракторам, навесные в виде сменного оборудования к автогрейдерам и самоходные (с собственной ходовой частью с использованием одноосных тягачей).

Грейдер-элеваторы применяются при строительстве дорог, постройке оросительных каналов, возведении дамб, валов, земляных плотин, разработке карьеров в равнинной местности и грунтов без значительных включений. При использовании транспорта с помощью таких машин устраивают высокие насыпи с выемкой грунта из боковых резервов или карьеров, разрабатывают глубокие или широкие выемки. Наиболее эффективно используют грейдер-элеваторы при разработке связных грунтов. На сыпучих или сырых (с влажностью более 25%) грунтах производительность их невысокая.

Грунты I-III категорий грейдер-элеватор разрабатывает без предварительного рыхления, грунты IV категории должны предварительно разрыхляться. Мерзлые грунты, глубина промерзания которых больше 0,15 м, должны предварительно разрыхляться на всю глубину. При работе в разрыхленном грунте производительность грейдер-элеваторов падает вследствие ухудшения подачи кусков грунта на конвейер.

Для производительной работы грейдер-элеваторов требуется, чтобы поперечный уклон не превышал 180.

Ввиду отмеченных значительных ограничений применения таких машин, широкого распространения они не получили.

ЛЕКЦИЯ № 12

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

12.1. Оборудование для свайных работ

При устройстве свайных фундаментов зданий и сооружений различного назначения применяют два вида свай – забивные (готовые) железобетонные и металлические заводской готовности и буронабивные железобетонные сваи, устройство которых осуществляется в вертикальных и крутонаклонных скважинах непосредственно на месте производства работ. При возведении водозащитных ограждений котлованов, колодцев и траншей используют металлический и железобетонный шпунт. Для погружения готовых свай и шпунтов применяют сваепогружающие агрегаты, копры и копровое оборудование со свайными погружателями ударного, вибрационного, виброударного, вдавливающего и вибродавляющего действия и для завинчивания свай. Некоторые виды оборудования используют также для извлечения из грунта ранее погруженных элементов (сваевыдергиватели).

Технологический цикл погружения готовых свай включает операции захвата и установки свай в проектное положение, погружения свай сваепогружателем в грунт до проектной отметки, перемещения сваебойной установки к месту погружения очередной сваи. Сваепогружатели разнообразны по конструкции, виду потребляемой энергии и принципу работы.

12.2. Свайные молоты

Свайные молоты состоят из массивной ударной части, движущейся возвратно-поступательно относительно направляющей конструкции в виде цилиндра (трубы), поршня со штоком, штанга и т.п. Ударная часть молота наносит чередующиеся удары по головке сваи и погружает сваю в грунт. Направляющая часть молота снабжена устройством для закрепления и центрирования молота на свае.

Рабочий цикл молота включает два хода – холостой (подъем ударной части в крайнее верхнее положение) и рабочий (ускоренное движение ударной части вниз и удар по свае). По роду привода свайные молоты разделяются на механические, паровоздушные, дизельные и гидравлические.

Паровоздушные молоты приводятся в действие энергией пара или сжатого до 0,5...0,7 МПа воздуха. Различают молоты простого одностороннего действия, у которых энергия привода используется только для подъема ударной части, совершающей затем рабочий ход под действием собственного веса, и молоты двустороннего действия, энергия привода которых сообщает ударной части также дополнительное ускорение при рабочем ходе, в результате чего увеличивается энергия удара и сокращается продолжительность рабочего цикла.

Паровоздушные молоты устанавливают на копре или подвешиваются к крюку стрелового самоходного крана. Их можно использовать для забивки как вертикальных, так и наклонных свай, а также для выполнения свайных работ под водой. Основным недостатком паровоздушных молотов является их зависимость от компрессорных установок или парообразователей.

Для погружения свай на объектах городского строительства широко применяют энергетически автономные мобильные **дизель-молоты**, которые представляют собой прямодействующие двигатели внутреннего сгорания, работающие по принципу двухтактного дизеля. Они получили преимущественное распространение в строительстве благодаря энергетической автономности, мобильности, простой и надежной конструкции и высокой производительности.

По типу направляющих для ударной части дизель-молоты делятся на трубчатые и штанговые. У трубчатого дизель-молота направляющей ударной части в виде массивного подвижного поршня служит неподвижная труба, у штангового – направляющими ударной части в виде массивного подвижного цилиндра служат две штанги. Дизель-молоты подвешиваются к копровой стреле с помощью захватов и подъемно-сбрасывающего устройства, предназначенного для подъема и пуска молота и прикрепленного к канату лебедки копровой установки.

Различают легкие (масса ударной части до 600 кг), средние (до 1800 кг) и тяжелые (свыше 2500 кг) дизель-молоты.

Гидравлические свайные молоты по конструкции и принципу действия аналогичны навесным гидродневматическим молотам, но обладают значительно большими массой ударной части и энергией единичного удара.

Гидравлические свайные молоты просты в эксплуатации, имеют высокий КПД, экологически безопасны, а их пусковые качества не зависят от условий забивки свай. Энергию удара для эффективной забивки свай в различных грунтовых условиях можно регулировать в широком диапазоне.

Энергия удара (Дж) свайных молотов механических и одностороннего действия (паровоздушных, гидравлических и дизель-молотов):

$$E = G \cdot H \cdot \eta,$$

а молотов двустороннего действия:

$$E = G + p \cdot S \cdot H \cdot \eta,$$

где G – вес ударной части, Н; H – величина рабочего хода ударной части, м; p – давление рабочей жидкости, сжатого воздуха или пара, Па; S – рабочая площадь поршня, м²; η – КПД молота.

12.3. Вибропогружатели, вибромолоты и шпунтовыдергиватели

Вибропогружатели сообщают погружаемому (или извлекаемому) в грунт элементам (свае, шпунту, трубе), направленным вдоль их оси колебания определенной частоты и амплитуды, благодаря чему резко снижается коэффициент трения между грунтом и поверхностью внедряемого

(извлекаемого) элемента. Они применяются для погружения в песчаные и супесчаные водонасыщенные грунты металлического шпунта, двутавровых балок, труб, железобетонных оболочек, а также извлечения их из грунта. Составными вибропогружателя являются электродвигатель, вибровозбудитель и наголовник.

Вибропогружатели в 2,5...3 раза производительнее паровоздушных и дизельных молотов; они удобны в управлении и не разрушают погружаемые элементы. Основными их недостатками являются непригодность для погружения свай (шпунта) в связные маловлажные грунты и сравнительно небольшой срок службы электродвигателей.

Вибромолоты сообщают погружаемым элементам как вибрационные, так и ударные импульсы и обеспечивают эффективное погружение в плотные грунты металлического шпунта длиной до 13 м, металлических свай и труб длиной до 20 м. Некоторые типы молотов могут работать как в ударном, так и в безударном режимах в зависимости от жесткости упругой системы, параметров вибратора, сопротивления грунта погружению и т.д.

Шпунтовыдергиватели предназначены для извлечения из грунта ранее погруженных металлических свай, труб и шпунта длиной 10...20 м. Наибольшее распространение получили шпунтовыдергиватели виброударного действия, работающие по принципу вибромолотов. Они оснащаются клиновыми и гидравлическими наголовниками и эксплуатируются совместно со стреловыми самоходными кранами, экскаваторами-кранами и копровыми установками.

12.4. Копры и самоходные копровые установки

Свайные молоты, вибропогружатели, вибромолоты и другие погружатели свай являются сменным оборудованием копров и самоходных (на базе самоходных машин) копровых установок, предназначенных для подтаскивания и установки сваи под требуемым углом наклона в заданной точке погружения, для установки сваепогружателя на сваю, направления сваепогружателя и сваи при погружении, а также перемещения копрового агрегата в зоне производства работ.

Копры выполняются передвижными на рельсовом ходовом устройстве и безрельсовыми и разделяются на:

универсальные – имеющие на полноповоротной платформе оборудование для погружения свай с изменяемым вылетом, продольным и поперечным рабочим наклоном копровой мачты для погружения вертикальных и наклонных свай;

полууниверсальные – имеющие на поворотной платформе оборудование для погружения вертикальных свай или обеспечивающие только рабочий наклон копровой мачты для погружения наклонных свай;

простые – для погружения вертикальных свай, не имеющие механизмов поворота платформы, изменения вылета и рабочего наклона копровой мачты.

Мачты копров составлены из нескольких унифицированных секций, что позволяет при необходимости менять их длину.

В строительстве применяют универсальные и полууниверсальные рельсовые копры с электрическим и электрогидравлическим приводом, передвигающиеся по специально устроенному рельсовому пути. В их конструкциях используются сборочные единицы и механизмы строительных башенных кранов.

Самоходные копровые установки представляют собой навесное и сменное копровое оборудование, смонтированное на гусеничных тракторах, экскаваторах и грузовых автомобилях. Такие установки обладают энергетической автономностью, полной механизацией вспомогательных операций, достаточными мобильностью и маневренностью, высокими технико-экономическими показателями.

12.5. Машины и оборудование для устройства буронабивных свай

В строительстве все шире применяются основания и фундаменты из буронабивных свай, при устройстве которых в сложившихся условиях застройки исключается деформация элементов несущих конструкций зданий и сооружений, расположенных поблизости от места производства работ, и шум, возникающий при работе молотов. Фундаменты из набивных свай имеют большую несущую способность, чем фундаменты из забивных свай. Буронабивные сваи изготавливаются диаметром 600... 1200 мм при глубине заложения до 20...30 м и способны воспринимать сосредоточенные нагрузки до 300.. .1000 т на сваю. Их широко применяют в фундаментах опор мостов и несущих конструкций каркасных зданий и сооружений.

Технологический цикл изготовления буронабивных свай включает операции бурения ствола скважины под будущую сваю, изготовление и установку каркаса сваи, бетонирование ствола скважины. Защиту стенок скважин от возможного обрушения при проходке скважин в неустойчивых грунтах осуществляют обычно с помощью обсадных неизвлекаемых или инвентарных извлекаемых труб, а также избыточным давлением глинистого раствора или воды. Наиболее трудоемкой и продолжительной технологической операцией является бурение ствола скважины, которое осуществляется с помощью специальных (бурильных) машин или навесного бурильного оборудования, смонтированного на базе одноковшовых экскаваторов с гидравлическим и механическим приводом.

Для бурения скважин диаметром 0,36... 1,0 м без применения обсадных труб под свайные основания и фундаменты зданий и сооружений применяют навесное бурильное оборудование на серийные гидравлические экскаваторы 4-й и 5-й размерных групп, основным бурильным инструментом которого служат сменные шнековые буры.

Навесное бурильное оборудование к экскаватору четвертой разной группы предназначено для бурения вертикальных и крутонаклонных скважин диаметром 0,36...0,63 м на глубину до 15 м под свайные фундаменты в немерзлых, сезонно-мерзлых и вечномерзлых грунтах. Навесное бурильное оборудование унифицировано с бурильным оборудованием бурильно-крановой машины и монтируется на кронштейне навески. В состав бурильного оборудования входят двухсекционная бурильная мачта, гидроцилиндры изменения угла наклона мачты, механизмы вращения и рабочей подачи бура, спускоподъемный механизм, телескопическая бурильная штанга, сменный бурильный инструмент и гидрооборудование. Навесное оборудование комплектуется тремя короткопшековыми бурами диаметром 0,36; 0,5 и 0,63 м, сменные режущие элементы которых армируются твердосплавными пластинами. Для привода всех механизмов бурильного оборудования используется насосная станция базового экскаватора. Управление навесным бурильным оборудованием ведется из кабины экскаватора.

Обсадное оборудование предназначено для придания обсадным трубам качательных движений при их погружении, а также извлечения из грунта. Оно состоит из основания, составного хомута с гидроцилиндром зажима, гидроцилиндров вертикального движения и гидроцилиндра механизма качания труб с водилом, шарнирно соединенным с хомутом. Для захвата обсадных труб и установки их в обсадном оборудовании служат сменные обечайки, закрепляемые на вращателе. Правильная установка обсадной трубы в обсадном оборудовании обеспечивается вкладышами соответствующего диаметра. Управление буровым оборудованием ведется из кабины машиниста экскаватора.

Для устройства скважин без выемки грунта с уплотнением его в стенки скважин эффективно используются раскатывающие и спиралевидные винтовые снаряды, устанавливаемые вместо грейфера. При винтовом продавливании расширение скважины до заданного диаметра происходит путем непрерывного уплотнения грунта под действием радиально направленных сил, создаваемых спиралевидным снарядом.

Раскатывающие снаряды формируют скважину диаметром до 1 м на глубину до 10 м, спиралевидные – диаметром до 0,8 м на глубину до 14 м. С помощью грейфера проходят скважины диаметром 0,65... 1,0 м на глубину до 15...20 м.

МАШИНЫ ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Земляным работам предшествуют подготовительные работы, включающие расчистку территории от леса, кустарника и камней; рыхление грунтов; удаление растительного слоя, снос и перенос строений, перенос подземных коммуникаций. Завершающим этапом подготовительных работ является разбивка земляного сооружения. При выполнении подготовительных

работ применяют кусторезы, древовалы, корчеватели, корчеватели-собиратели, рыхлители и другое оборудование.

12.6.1 Кусторезы

Кусторезы служат для расчистки территорий от кустарников и мелколесья при строительстве дорог и аэродромов, прокладке просек, подготовке строительных площадок, а также при проведении мелиоративных работ. Кусторезы представляют собой один из видов навесного сменного оборудования гусеничных тракторов или пневмоколесных тягачей.

Рабочий орган кустореза (рис. 19.1,а) клинообразный отвал 1, к нижним кромкам которого прикреплены горизонтальные режущие ножи 6. Отвал устанавливают на универсальной подковообразной раме 5, применяемой при агрегатировании тракторов с навесным оборудованием бульдозеров и корчевателей. Для защиты от падающих деревьев и ветвей трактор оснащают ограждением 4 из труб. При работе кустореза ножи отвала скользят по поверхности грунта и режущими кромками срезают кусты и деревья (мелколесье). В передней части отвала установлен вертикальный нож (колун) 7 для раскалывания пней и раздвигания сваленных деревьев. С внутренней стороны отвала, в его нижней части, на продольной оси имеется гнездо, в которое помещена шаровая головка 2 толкающей рамы. Такое крепление отвала к толкающей раме трактора допускает некоторое перемещение отвала в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Отвал опирается на три лыжи, которые ограничивают степень его заглубления.

Величину заглубления и подъема отвала изменяют гидравлическими цилиндрами 3 или канатно-блочным механизмом, включающим канатный полиспаг и лебедку с приводом от вала отбора мощности трактора. Для перевода кустореза в транспортное положение отвал поднимают над опорной поверхностью на 300...400 мм.

Производительность кустореза (площадь, расчищенная от деревьев и кустарников, в м²/ч):

$$P = \frac{3600 \cdot B \cdot v_p}{n},$$

где B – ширина захвата, м; v_p – средняя рабочая скорость движения кустореза с учетом потери времени на остановки при поворотах и на снижение скорости при буксовании, м/с; n – число проходов по одному месту.

В зависимости от мощности базовой машины и конструкции навесного оборудования кусторезы могут срезать кустарники и деревья диаметром до 20...30 см. Ширина захвата обычно составляет 3,6 м, а производительность 0,5...0,8 Га/ч.

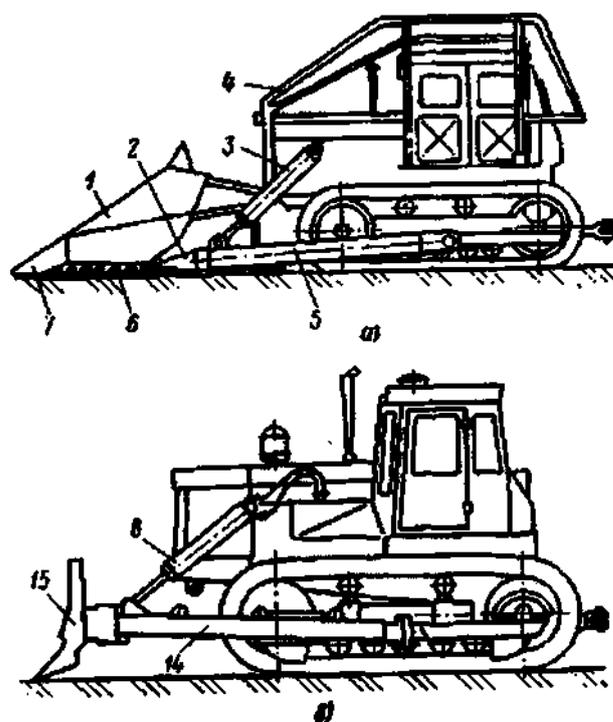


Рис. 12.6.1.1. Машины для подготовительных работ:

а – кусторез; б – древовал; в – корчеватель; 1 – отвал; 2 – съемная шаровая головка; 3 – гидроцилиндр подъема отвала; 4 – ограждение; 5 – универсальная рама; 6 – режущие ножи; 7 – вертикальный раскалывающий нож (колун); 8 – гидроцилиндры подъема основной рамы; 9 – гидроцилиндр изменения положения упора; 10 – упор; 11 – гидроцилиндры управления корчевателем; 12 – корчеватель; 13 – основная рама; 14 – толкающая рама; 15 – поперечные брусья с зубьями.

12.6.2 Древовалы

Для удаления деревьев на расчищаемых участках применяют также цепные и дисковые пилы, бульдозеры и древовалы.

Различают древовалы, смонтированные на тракторах (рис. 12.6.1.1,б) и позволяющие совмещать операции валки и корчевания леса, и древовалы с дисковой пилой на базе одноковшового экскаватора или трактора.

12.6.3. Корчеватели и корчеватели-собиратели

Корчеватели являются сменным навесным оборудованием гусеничных тракторов или пневмоколесных тягачей. Корчеватели служат для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза. В ряде случаев корчеватели на мощных тракторах используют как рыхлители для рыхления плотных грунтов перед разработкой их скреперами и бульдозерами. Корчеватели могут иметь узкие отвалы с 3...5 зубьями или широкие с 7... 10 зубьями. Первые обычно используют для корчевания пней и извлечения крупных камней, вторые – для корчевания пней, удаления корней и

очистки поверхности от поваленных деревьев, кустарников, пней и камней и др.

Корчеватель (см. рис. 12.6.1.1,в) состоит из рамы 14 бульдозерного типа с отвалом или поперечными брусьями, на которых установлены зубья 5. Подъем и опускание рабочего оборудования производится гидроцилиндрами 8. Крепление отвала к раме может быть как жестким, так и шарнирным. Шарнирное крепление позволяет поворачивать отвал с зубьями после их заглабления под пень. В отдельных конструкциях каждый из зубьев имеет независимый шарнирный поворот относительно отвала. Эти дополнительные операции производят специально установленные гидроцилиндры.

Корчеватель-собиратель имеет прямоугольную корчующую решетчатую раму, обеспечивающую перемещение выкорчеванных пней и кустов.

Ширина захвата корчевателей составляет 0,43...2,09 м, а корчевателей собирателей 2,7...3,55 м. Наибольшее заглабление зубьев 0,4...0,5 м. В зависимости от тягового усилия базовой машины за 1 ч работы корчеватели выкорчевывают 45...60 пней диаметром до 0,3...0,5 м. На сборе срезанного кустарника, выкорчеванных пней и на удалении остатков корней сменная производительность корчевателей-собирателей составляет 1,6...3,5 Га.

12.6.4. Рыхлители

Рыхлители (рис. 12.6.4.1.) предназначены для рыхления мерзлых грунтов, трещиноватых горных пород, плотных глин, цементированного гравия, песчаника, слежавшегося строительного мусора и др. Рабочее рыхлительное оборудование может быть выполнено по трех- и четырехзвенным схемам. Оно может быть закреплено на корпусе заднего моста базовой машины или на рамах гусеничных тележек. Рыхлители могут иметь постоянный и регулируемый угол рыхления наконечника зуба. Одним из прогрессивных направлений является создание четырехзвенных рыхлителей с изменяемым углом рыхления. Рыхлительное оборудование устанавливают на гусеничных тракторах, скреперах, автогрейдерах и погрузчиках.

Зуб рыхлителя состоит из стойки, наконечника и элементов крепления. Стойка зуба может быть прямой, полуизогнутой и изогнутой. Зубья с прямыми стойками могут хорошо работать на различных горных породах. Зубья с полуизогнутыми и изогнутыми стойками чаще используют на скальных породах пластинчатого строения и на слабых горных породах. При глубине рыхления более 800 мм применяют только прямые стойки. Наконечники зубьев выполняют сменными.

Зубья рыхлителя можно устанавливать на поперечной балке рамы и в поворотных в наклонной плоскости кронштейнах. Крепление зубьев в поворотных кронштейнах позволяет зубьям отклоняться относительно продольной оси рыхлителя в каждую сторону на угол 10...20° (см. рис. 12.6.4.1,а).

Шарнирное крепление зубьев обеспечивает прямолинейность движения рыхлителя при работе и уменьшает боковые нагрузки на зубья.

Для рыхления горных пород пластинчатого строения применяют зубья с открывками (см. рис.12.6.4.1,б).

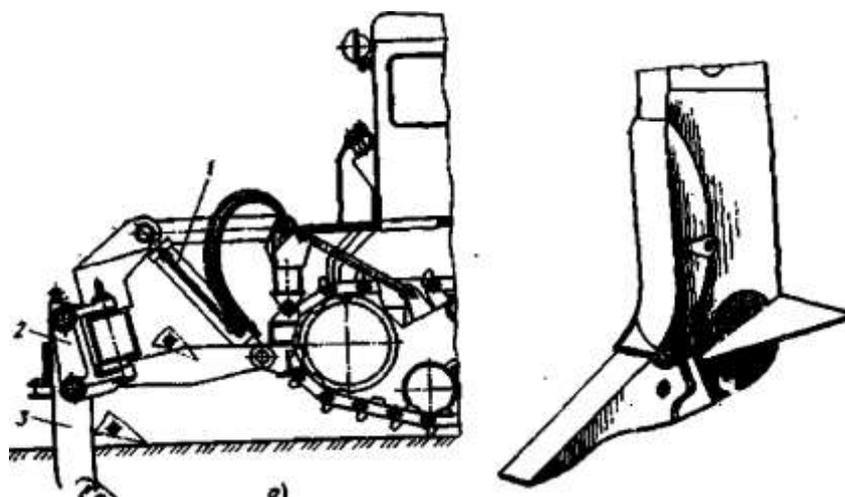


Рис. 12.6.4.1. Рыхлитель с зубьями в поворотных кронштейнах:

а – общий вид; б – рыхлительный зуб с открывками; 1 – гидроцилиндр подъема; 2 – поворотный кронштейн; 3 – зуб.

Шаг зубьев может измениться при применении рыхлителя с откидными зубьями или рыхлителей, на которых зубья закрепляют в хомутах, переставляемых вдоль поперечной балки рамы. Применение четырехзвенной параллелограммной подвески (рис. 12.6.4.2.) позволяет сохранить заданный угол рыхления при изменении заглубления зубьев.

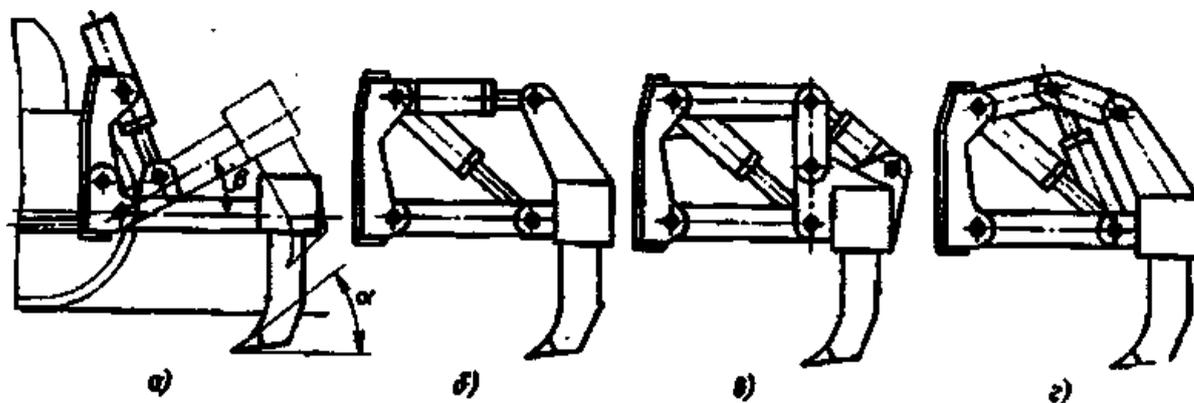


Рис. 12.6.4.2. Конструктивные схемы рыхлительного оборудования:

а – с трехзвенной подвеской; б, в, г – варианты параллелограммной подвески с изменением гидроцилиндром угла рыхления.

Для управления рыхлителями используют стандартные гидравлические системы бульдозеров. При навешивании рыхлительного оборудования на бульдозер, погрузчик, скрепер или автогрейдер, в существующие гидросистемы встраивают переходный кран, позволяющий поочередно управлять рыхлителем или основным оборудованием.

Производительность рыхлителя с учетом возможности разработки горной породы между резами другими машинами (в м³/ч):

$$\Pi = \frac{1000 \cdot \mathcal{G}_p \cdot b \cdot h_p}{k_1 \cdot m},$$

где \mathcal{G}_p – расчетная скорость движения рыхлителя, км/ч; b – расстояние между резами, м; h_p – расчетная глубина рыхления, м; k_1 – коэффициент, характеризующий число проходов одного направления; m – число проходов по одному и тому же резу.

Производительность рыхлителя, рассчитанная по сечению реза (без учета возможности разработки горной породы между резами другими машинами) (в м³/ч):

$$\Pi = 1000 \cdot \mathcal{G}_p \cdot F,$$

где F – площадь поперечного сечения резов при одном проходе, м².

В зависимости от развиваемой тяги базовой машины и физико-механических свойств разрабатываемого грунта наибольшее заглабление зубьев составляет 0,4... 1 м.

Контрольные вопросы

1. Общая классификация машин и оборудования для разработки грунтов.
2. Одноковшовые экскаваторы, их классификация и область применения, устройство, технические характеристики, рабочие процессы, определение производительности.
3. Роторные траншейные экскаваторы, их устройство и принципы работы.
4. Цепные траншейные экскаваторы, их устройство и принципы работы.
5. Буровые машины, их устройство и принципы работы.
6. Землеройно-транспортные машины (бульдозеры, скреперы и грейдеры), их устройство и принципы работы.
7. Бурильные машины, их устройство и принцип работы. Рабочие органы бурильных машин и инструменты.
8. Установка горизонтального бурения (машины для бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций), её устройство и принцип работы.

ЛЕКЦИЯ № 13

ДРОБИЛЬНОЕ И ПОМОЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

13.1 Классификация дробильного и помольного оборудования

Применяемые в строительстве каменные материалы являются продуктом дробления, сортирования, классификации и промывки горных пород. Основные виды товарной продукции дробильно-сортировочных предприятий – это щебень, гравий и песок. Щебень получают из естественного камня при дроблении взорванных скальных пород. Гравий представляет собой естественный сыпучий материал с окатанной формой зерен крупностью до 70 мм. Зерна размером 70 ... 150 мм называют крупным гравием, а более 150 мм – валунами. Песок состоит из зерен крупностью до 5 мм. Различают, песок природный, образующийся в результате естественного разрушения горных пород, и дробленый. В результате сортировки природных или дробленых песков получают фракционные пески.

В зависимости от крупности зерен готового продукта условно различают следующие виды измельчения, мм:

Дробление:

крупное	125 ... 250
среднее	20 ... 70
мелкое	5 ... 20

Помол:

грубый	3 ... 0,1
тонкий	0,1 ... 0,01
сверхтонкий	менее 0,01

Измельчение (дробление), каменных материалов (рис. 13.1.1.) достигается раздавливанием, раскалыванием, изломом, истиранием, а также действием ударов, наносимых рабочими органами дробильных машин (билами или молотками). Для измельчения каменных материалов применяют: щековые, конусные, валковые, молотковые и ударные дробилки, бегуны сухого и мокрого помола, шаровые и стержневые мельницы, а также вибромельницы тонкого помола.

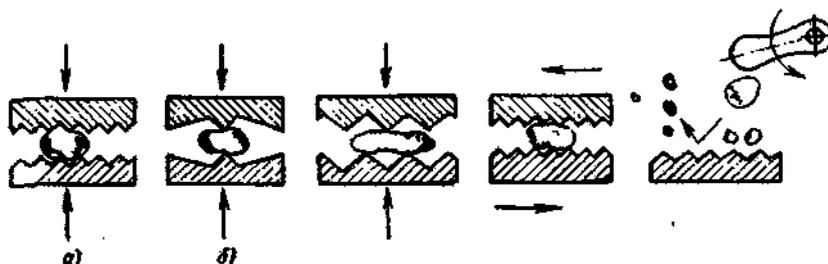


Рис. 13.1.1. Методы измельчения (дробления) каменных материалов: а – раздавливание; б – раскалывание; в – изгиб; г – истирание; д – удар.

13.2. Дробилки

В дорожном строительстве широкое распространение получили щековые, конусные, валковые дробилки и дробилки ударного действия.

Щековые дробилки служат для измельчения пород средней и большой твердости и в зависимости от размеров приемного отверстия применяются как на первой, так и на последующих ступенях дробления. В щековых дробилках (рис. 13.2.1,*а*) дробление камня производится раздавливанием, а в некоторых конструкциях частично и истиранием между дробящими плитами подвижной и неподвижной 2 щек.

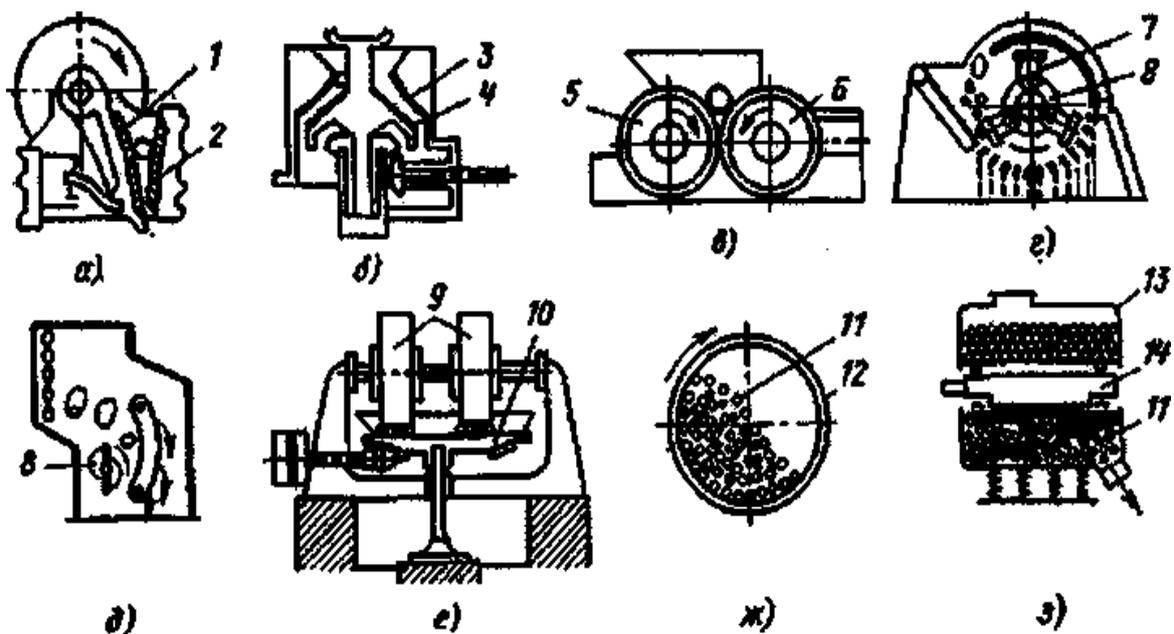


Рис. 13.2.1. Дробильно-размольное оборудование:

а – щековая дробилка; б – конусная дробилка; в – валковая дробилка; г – молотковая дробилка; д – ударная дробилка; е – бегуны; ж – шаровая (стержневая) мельница; з – вибромельница тонкого помола.

Различают щековые дробилки с простым (рис. 13.2.2,*а*) и сложным (см. рис. 13.2.2.) движением подвижной щеки. Крупность дробления регулируют изменением зазора между дробящими плитами.

Конусные дробилки (см. рис. 13.2.1,*б*) служат для измельчения каменных материалов средней и большой твердости и предназначены для крупного или среднего и мелкого дробления. Процесс дробления в них в отличие от щековых дробилок происходит непрерывно. Обычно дробилки для крупного дробления выполняют с крутым дробящим конусом. Они характеризуются шириной загрузочного кольца. Дробилки для среднего и мелкого дробления выполняют с пологим дробящим конусом. Они характеризуются нижним диаметром внутреннего дробящего конуса. Дробилки с пологим конусом применяют для вторичного дробления.

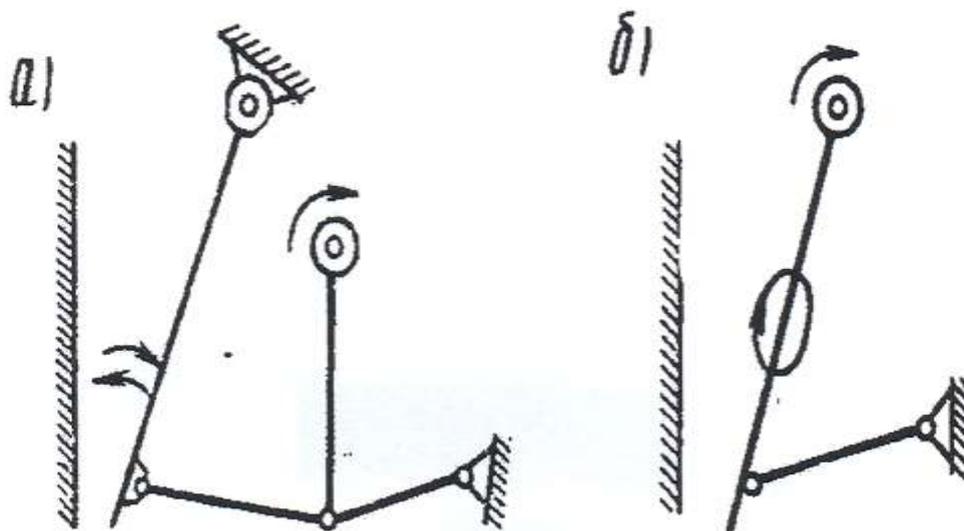


Рис. 13.2.2.Схема щековых дробилок:
а – с простым качением щеки; б – со сложным качением щеки.

Производительность щековых дробилок (в м³/ч)

$$П = 60 \cdot V \cdot n \cdot k_p,$$

где n – число качаний подвижной щеки в минуту, V – объем материала, выпадающий из зева дробилки за один оборот эксцентрикового вала (м³), k_p – коэффициент, учитывающий разрыхление дробимого материала.

Загружаемый непрерывным потоком в пространстве между неподвижным и подвижным дробящими конусами материал подвергается раздавливанию, истиранию, а в некоторых случаях – раскалыванию и изгибу. Подвижный конус измельчает камень, обкатываясь без принудительного вращения по внутренней дробящей поверхности неподвижного конуса.

Производительность конусных дробилок (в м³/ч)

$$П = \pi D_{cp} l b \omega \mu,$$

где μ – коэффициент разрыхления готового продукта; D_{cp} – диаметр окружности, описываемый центром тяжести дробимого материала (м); l – длина параллельной зоны (м); b – ширина параллельной зоны (м); ω – число обкаток эксцентрикового стакана (1/с).

Валковые дробилки служат для измельчения мягких пород, а также для вторичного дробления каменных материалов средней и большой твердости. В таких дробилках (см. рис. 13.2.1,в) камень раздавливается и частично истирается в пространстве между вращающимися навстречу один другому валками. Отечественная промышленность выпускает валковые дробилки с гладкими и рифлеными валками.

Производительность валковых дробилок (в м³/ч):

$$\Pi = L\omega 2e \frac{D}{2} k,$$

где k – коэффициент, учитывающий степень использования ширины вала и разрыхление материала; L – длина вала (м); D – диаметр вала (м); $2e$ – расстояние между валками (м); ω – угловая скорость (рад/с).

Ударные роторные дробилки служат для дробления известняков и хрупких каменных материалов. В ударных дробилках (см. рис. 13.2.1,д) камень измельчается силой ударов, наносимых молотками роторов. Такие дробилки отличаются от щековых и конусных меньшими массой и удельным расходом энергии, большей надежностью в работе и высокой производительностью. Дробилки могут быть одно- и двухроторными.

13.3. Мельницы

Для помола каменных материалов и получения из них минерального порошка применяют размольное оборудование – мельницы. Наиболее часто помол осуществляют в барабанных шаровых и стержневых мельницах, которые обеспечивают высокую тонкость и однородность помола.

В шаровых (см. рис. 13.2.1,ж) и стержневых мельницах измельчение материала достигается истиранием, раздавливанием и частично ударами мелющих тел (металлических шаров или стержней), загружаемых вместе с измельчаемым материалом внутрь вращающегося барабана.

В зависимости от формы барабанов различают цилиндрические, трубные и конические мельницы; в зависимости от принципа работы они бывают мельницами сухого и мокрого помола, непрерывного и периодического действия. В качестве мелющих тел используют шары или цилиндрические стержни, изготавливаемые из марганцовистой или хромистой стали, а иногда из отбеленного чугуна.

Характер измельчения определяется траекторией движения мелющих тел и измельченного материала. При медленном вращении содержимое барабана поднимается на высоту, при которой угол подъема становится равным углу трения и скатывается вниз. Большая скорость приводит к прижатию материала и мелющих тел инерционными силами к внутренней поверхности барабана и к совместному вращению барабана и его содержимого.

Вибромельницы тонкого помола (см. рис. 13.2.1,5) измельчают материал, попадающий в промежутки между соударяющимися шарами. Шары ударяются один о другой в результате вибрации барабана, установленного на пружинах. Вибрация барабана происходит от вращения дебалансного вала.

13.4. Общие сведения о процессе сортировки

Сущность процесса сортировки заключается в разделении смеси сыпучих материалов на отдельные сорта (фракции) по крупности.

В общем технологическом цикле производства строительных материалов сортировка может носить предварительный или промежуточный характер (выделение сверхкрупных или слишком мелких фракций) или окончательный, когда проводится разделение материала на несколько товарных сортов.

В производстве строительных материалов применяются следующие способы сортировки.

1. *Механическая сортировка* (грохочение) производится на машинах, имеющих в качестве рабочих органов просеивающие поверхности: сита, решета или колосники.

2. *Гидравлическая*, основанная на различных скоростях падения частиц разной крупности и массы в жидкости.

3. *Воздушная (сепарация)*, основанная на выделении из воздушного потока частиц разной крупности под действием сил тяжести или в комбинации с центробежными силами.

4. *Магнитная сепарация* применяется для выделения из материала металлических магнитоактивных включений или случайно попавших предметов.

13.5. Грохоты

Для механического разделения на фракции каменных материалов применяют сортировочные машины – грохоты с просеивающей поверхностью в виде колосников, решет и сит (рис. 13.5.1). Грохоты разделяют на плоские и барабанные, последние – на цилиндрические и конические.

Грохоты могут иметь одну, две или несколько просеивающих поверхностей. Наиболее часто в грохотах устанавливают три просеивающие поверхности, которые располагают по одной из трех схем (см. рис. 13.5.1,2).

I - Сита расположены в один ряд. Недостатками этой схемы являются быстрое изнашивание первого сита, низкое качество грохочения (мелкие частицы увлекаются более крупными), значительная длина грохота. Достоинства схемы: простота, удобство наблюдения и ремонта сит.

II - Сита расположены ярусами. Недостатки схемы: сложность наблюдения за состоянием сит, затруднения при смене сит, сложность конструкции. Достоинства: высокое качество сортирования, равномерное изнашивание сит.

III - Смешанное расположение сит. Эта схема в сравнении с предыдущими занимает промежуточное положение и является наиболее распространенной.

Плоские грохоты могут быть неподвижными и подвижными. К неподвижным плоским грохотам относятся колосниковые решетки, перекрывающие

бункера, а также колосники, устанавливаемые перед дробилками. Колосниковые решетки располагают горизонтально или с углом наклона до 12° для отделения крупных включений, с углом наклона $45 \dots 55^\circ$ для отделения мелких включений.

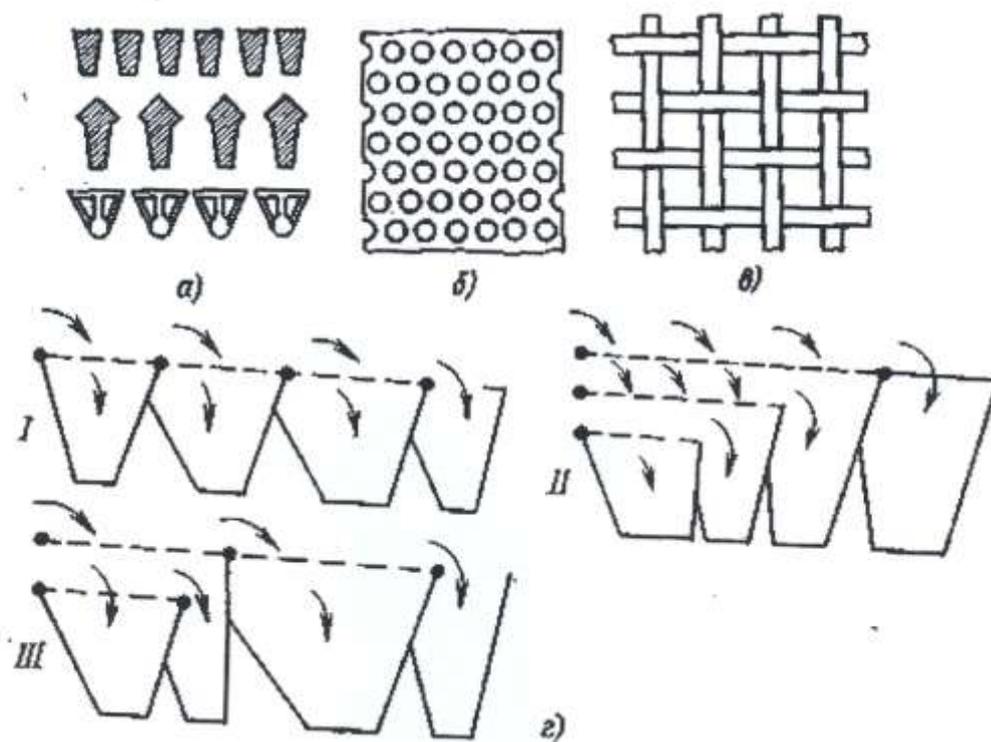


Рис. 13.5.1. Просеивающие поверхности грохота.

а – колосники; б – решето; в – сито; г – варианты расположения просеивающих поверхностей плоских грохотов: I -е один ряд; II - трёхъярусное; III - смешанное.

Подвижные плоские грохоты делятся на колосниковые, качающиеся с возвратно-поступательным движением, эксцентриковые качающиеся, инерционные. Подвижные колосниковые грохоты обычно применяют в качестве питателей камнедробилок. Качающиеся грохоты обеспечивают сортирование материала путем перемещения его по сити в результате взаимодействия сил тяжести с силами инерции и трения. Эти грохоты широко применяются для просеивания песка на растворных узлах.

Эксцентриковые грохоты также являются качающимися, но характер движения их подвижной рамы круговой. Частота вращения эксцентрикового вала $1000 \dots 1200$ об/мин. Частота колебания равна частоте вращения вала, а амплитуда – эксцентриситету шеек. Амплитуда колебаний не зависит от загрузки грохота и частоты вращения его вала.

Инерционные грохоты обеспечивают сортирование материала в результате вибрации, возникающей под действием сил инерции вращающихся неуравновешенных масс. Грохот с вибратором круговых колебаний состоит из неподвижной и подвижной рам, соединенных между собой пружинами. На подвижной раме укреплены сита и подшипники вибрационного вала, который вместе с неуравновешенными грузами приводится во вращение клиноременной передачей от электродвигателя.

Более эффективное сортирование достигается на грохотах с вибраторами направленного действия. Подвижная и неподвижная рамы такого грохота соединены между собой пружинными стойками, параллельно которым расположена линия центров дебалансных валов вибратора направленного действия.

Эксцентрикковые и инерционные грохоты изготавливают с двумя и тремя ситами. Частота колебаний их 800 ... 1200 Гц. Амплитуда колебаний зависит от конструкции грохота и составляет 4...24 мм, а производительность - от 12...16 до 40...60 м³/ч.

Производительность грохотов (т/ч):

$$P = K \cdot q \cdot F \cdot k_1 \cdot k_2,$$

где K – коэффициент, зависящий от вида сортируемого материала, F – площадь сита, м²; q – удельная производительность 1 м² сита; k_1 – коэффициент, зависящий от содержания зерен нижнего класса в исходном материале; k_2 – коэффициент, зависящий от содержания в нижнем классе зерен, размер которых менее 1/2 размера ячейки сита.

13.6. Моечные машины

Добываемые в карьерах гравий и песок часто содержат органические и неорганические примеси, когда загрязненность таких материалов незначительна и содержащиеся в них примеси легко отделить, промывку осуществляют в процессе сортирования на грохотах. При большом содержании примесей и тогда, когда их трудно отделить, применяют моечные машины.

Для промывки и сортировки гравийно-песчаных смесей и щебня применяют гравиемойки-сортировки (рис. 13.6.1). Материал по загрузочному лотку 1 направляется в промывочную секцию, внутри которой укреплены продольные ребра 2 и поперечные кольца 3, образующие отдельные камеры. Внутри промывочной секции проходит водопроводная труба-регистр 6 с отверстиями. При вращении барабана, установленного под углом $\alpha = 5 \dots 7^\circ$, промываемый материал поднимается продольными ребрами, попадает в струи воды, перелопачивается и пересыпается из камеры в камеру. Отмытый от примесей, он поступает в сортировочные секции 4, где разделяется по крупности. Вода, песок и примеси попадают в первый отсек бункера 5, откуда направляются в пескоотстойник и пескомойку. Производительность гра-

виемойки-сортировки 9 ... 45 м³/ч. На промывку 1 м³ материала расходуется 3...5 м³ воды.

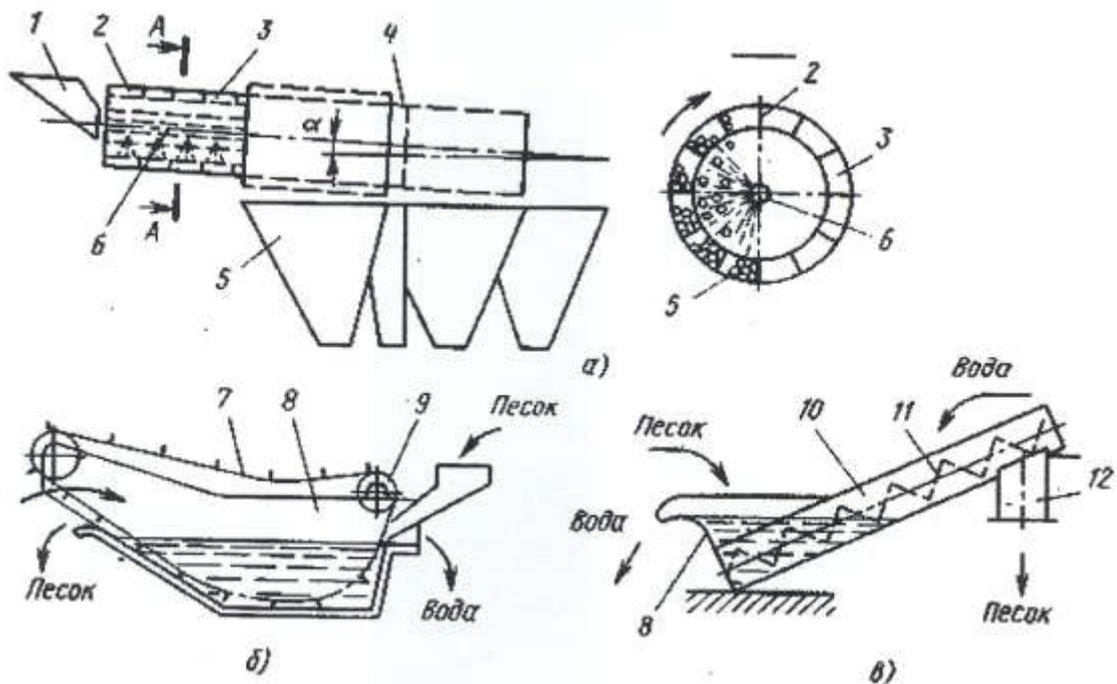


Рис. 13.6.1. Схемы моечных машин:

а – гравиемойка-сортировка; б – драговая пескомойка; в – шнековая пескомойка: 1 – загрузочный лоток; 2 – продольные ребра; 3 – поперечные кольца; 4 – сортировочная секция (цилиндрический грохот); 5 – секционный бункер; 6 – труба-регистр; 7 – тяговый орган со скребками; 8 – промывочная камера; 9 – приводной барабан; 10 – труба; 11 – винт; 12 – разгрузочный патрубок.

ЛЕКЦИЯ № 14

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ

14.1. Смесители цементобетонных смесей и растворов

Для приготовления цементобетонных смесей и растворов применяют стационарные и передвижные бетоносмесители и растворосмесители. В зависимости от способа образования смесей смесители бывают гравитационные (перемешивание происходит в результате свободного падения материалов) и с принудительным перемешиванием. Первые смесители применяют для получения пластичных бетонных смесей, вторые - растворов и жидких бетонных смесей. Смесительные машины делятся на машины периодического и непрерывного действия. Смесительные машины периодического действия характеризуются объемом готового замеса, а также объемом смесительного барабана по загрузке – суммой объемов сухих материалов, загружаемых в смесительный барабан для приготовления одного замеса. В смесительных машинах непрерывного действия главным параметром считается часовая производительность в м³.

Смесительные машины загружаются из бункеров, под которыми установлены машины, и с помощью ковшовых (скиповых) подъемников. Разгружаются машины при опрокидывании и наклоне барабана, с помощью разгрузочного лотка, вводимого внутрь вращающегося барабана, открыванием разгрузочного люка в днище барабана или изменением направления вращения барабана.

Бетоносмесители периодического действия гравитационного типа выпускаются с барабанами, обеспечивающими выдачу готового замеса объемом 65, 100, 165, 330, 380 и 1600 л, что соответствует объему барабанов по загрузке сухими материалами 100, 150, 250, 500, 1200 и 2400 л. Бетоносмесители с объемом готового замеса 65 и 165 л изготавливают передвижными с опрокидными грушевидными барабанами, остальные – стационарными с двухконусными наклоняющимися барабанами.

Бетоносмесители непрерывного действия выпускают производительностью 5, 15, 30, 60 и 120 м³/ч: бетоносмеситель производительностью 120 м³/ч – гравитационным, остальные – двухвальными лопастными смесителями. Последние выполняют по единой схеме: в корытообразном смесительном барабане установлены два лопастных вала, получающих встречное вращение от электродвигателя через клиноременную передачу, редуктор и открытую зубчатую пару.

В СНГ выпускают растворосмесители со смесительными барабанами полезным объемом 40, 80, 150, 325, 1100, 2200 л, что обеспечивает приготовление за один замес соответственно 30, 65, 80, 250, 900 и 1800 л

раствора. Растворосмесители изготавливают передвижными и стационарными. Они могут быть циклического и непрерывного действия, лопастные и турбулентные. В лопастном смесителе в процессе работы лопасти пересекают и перемешивают весь объем смешиваемых материалов.

Производительность смесительных машин периодического действия (в м³/ч):

$$П = \frac{V \cdot n \cdot k}{1000},$$

где V – полезный объем смесительного барабана, л; k – коэффициент, характеризующий выход смеси; n – число замесов за 1 ч работы.

14.2. Оборудование для транспортирования бетонных смесей и растворов

Для транспортирования товарных бетонных и растворных смесей на расстояния более 1 км от смесительных установок и заводов на строительные объекты применяют специализированные автотранспортные средства на базе шасси грузовых автомобилей – авторастворовозы, автобетоновозы и автобетоносмесители, оснащенные технологическим оборудованием для предотвращения потерь и сохранения качества смесей в пути следования. В некоторых случаях жесткие смеси перевозят в специально оборудованных автосамосвалах. На крупных стройках смеси перевозят в бункерах, бадах, контейнерах, установленных в кузовах автомобилей или на железнодорожных платформах. Транспортирование смесей к месту укладки на небольшие расстояния во внутрипостроечных условиях осуществляется наиболее эффективно средствами трубного транспорта – бетоно- и растворонасосами, бетоно и растворонагнетателями. При транспортировании по трубам обеспечивается непрерывность перемещения смеси в горизонтальном и вертикальном направлениях, сохраняется качество смеси и сводятся к минимуму ее потери. Трубный транспорт позволяет доставлять смесь в труднодоступные места и вести работы по их укладке в стесненных условиях.

На качество смесей, перевозимых специализированным автотранспортом, влияют продолжительность перевозки, температура смеси и окружающей среды, состояние дорожного покрытия.

Авторастворовозы (рис. 14.2.1.) применяют для транспортирования со скоростью до 65 км/ч качественных строительных растворов различной подвижности с механическим побуждением в пути следования и порционной выдачи смеси на строительных объектах в приемные емкости растворонасосов, штукатурных агрегатов и станций, промежуточные расходные бункера и бады. Перемешивание раствора в пути следования обеспечивается шнековыми или лопастными побудителями, порционная выдача раствора – шиберными отсекателями (заслонками). Побудители и отсекатели имеют гидравлический привод. Авторастворовозы оборудуются бортовым устройством промыва цистерны водой, подогреваемой выхлопными газами, что облегчает уход за

цистерной и препятствует нарастанию скелетного остатка на ее стенках. Они работают при температуре окружающей среды от -20 до $+40^{\circ}\text{C}$.

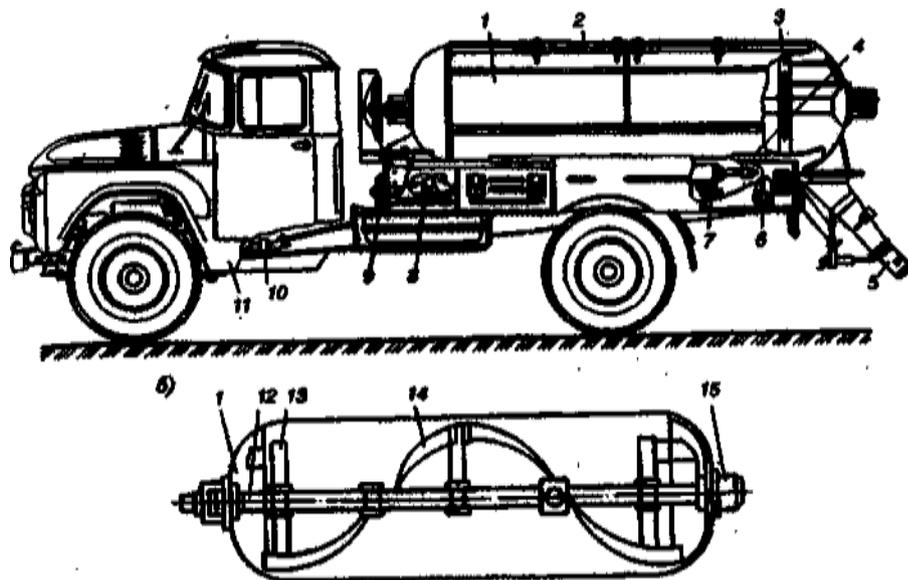


Рис. 14.2.1. Авторастворовоз:
а – общий вид; б – цистерна с побудителем.

Главным параметром авторастворовозов является полезная вместимость цистерны (объем перевозимой смеси) в м^3 .

Автобетоновозы (рис. 27.2) применяют для перевозки товарных бетонных смесей на расстояния до 5... 10 км. Рабочим органом автобетоновозов является опрокидной кузов каплеобразной формы с высокими бортами, наклоняемый назад гидроподъемником при разгрузке на угол до 90° . Автобетоновозы оборудуются устройствами для промывки кузова, обогрева кузова выхлопными газами, встряхивания кузова при разгрузке. Главным параметром автобетоновозов является полезная вместимость кузова (объем перевозимой бетонной смеси) в м^3 . Современные автобетоновозы конструктивно подобны и максимально унифицированы.

Доставляемая автобетоновозами смесь разгружается непосредственно на месте укладки или в промежуточные емкости – бункера, бады и др.

Грузоподъемность автобетоновозов 4,0... 10 т, объем перевозимой бетонной смеси 2,5...4,0 м^3 , продолжительность выгрузки бетонной смеси 1,5...2 мин.

Автобетоносмесители (рис. 14.2.3) применяют для приготовления бетонной смеси в пути следования от питающих отдозированными сухими компонентами специализированных установок к месту укладки, приготовления бетонной смеси непосредственно на строительном объекте, а также транспортирования готовой качественной смеси с побуждением ее при перевозке. Они представляют собой гравитационные реверсивные бетоносмесители с индивидуальным приводом, установленные на шасси грузовых автомобилей.

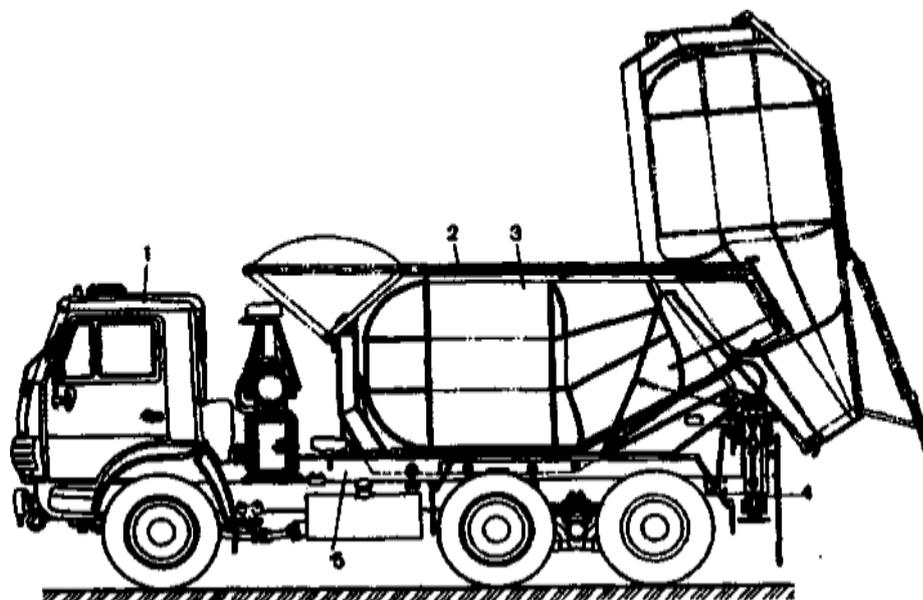


Рис. 14.2.2. Автобетоновоз.

Главным параметром автобетоносмесителей является объем готового замеса (в м^3). Технологическое оборудование отечественных автобетоносмесителей имеет одинаковую конструкцию и максимально унифицировано. Автобетоносмесители работают при температуре окружающего воздуха от -30 до $+40$ °С.

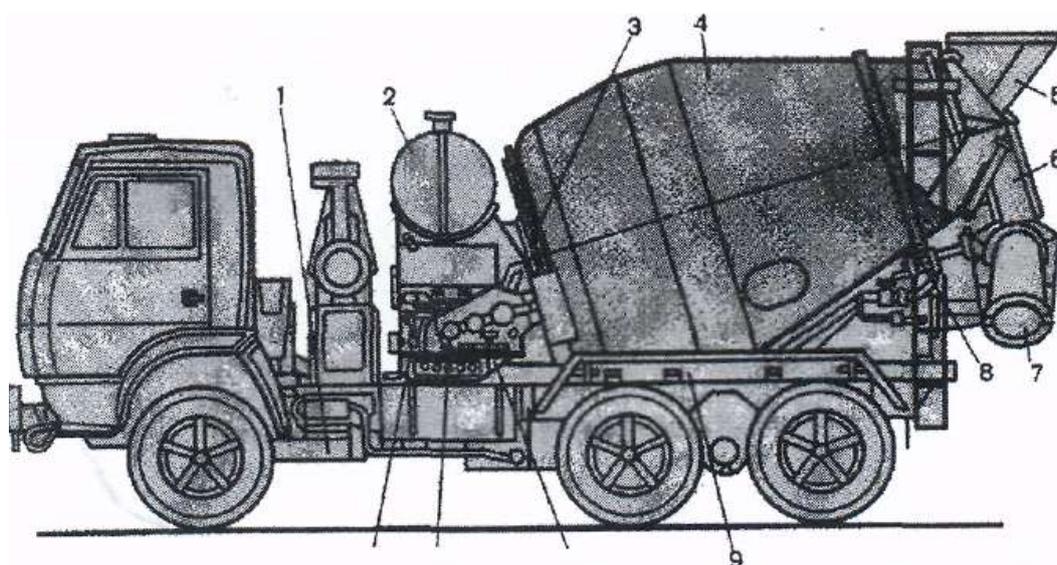


Рис. 14.2.3. Автобетоносмеситель.

Для транспортирования бетонных смесей под уклон $10 \dots 20^\circ$ на расстояние до 10 м применяют виброжелоба с вибропитателями, на расстояние до 8 м – спускные лотки и трубы и на расстояние до 80 м – виброходы.

Виброхобот состоит из загрузочного бункера и шарнирно соединенных труб длиной 1000 ... 1500 мм с внутренним диаметром 250 ... 300 мм. Нижняя труба имеет секторный затвор, управляемый вручную штурвалом или с помощью пневмоцилиндра. Звенья виброхобота присоединены к предохранительному канату, идущему от приемного бункера к затвору. С помощью лебедки виброхобот может быть оттянут от вертикали на 10 ... 25 м. По длине хобота расположено несколько гасителей скорости – двухконусных расширительных секций.

Бетононасосы позволяют транспортировать по трубам свежеприготовленные бетонные смеси на расстояние до 400 м по горизонтали или на высоту до 70 м. Для транспортирования на большие расстояния бетононасосы устанавливают последовательно. Широкое распространение получают автобетононасосы – бетононасосы, монтируемые на автомобилях.

Для пневматического транспортирования бетонной смеси применяют пневмонагнетатели вместимостью 400 и 800 л, обеспечивающие производительность соответственно 10 и 20 м³/ч.

Растворонасосы применяют для транспортирования растворов по трубам и рукавам, для нанесения их на оштукатуриваемые поверхности, а также для нагнетания в труднодоступные полости при строительстве и ремонте зданий и сооружений. Растворонасосы выпускают производительностью 2, 4 и 6 м³/ч. Дальность транспортирования раствора по горизонтали до 125 м или по высоте до 40 м. Предельное рабочее давление 15 МПа.

14.3. Общие сведения о машинах для распределения и уплотнения цементобетона и отделки его поверхности

Цементобетон укладывают на хорошо подготовленное основание дороги. В состав работ по устройству цементобетонных покрытий входят установка рельс-форм, укладка, распределение и уплотнение бетонной смеси, отделка поверхности покрытия, устройство швов расширения, заполнение их мастикой и уход за свежееуложенным бетоном. Все работы выполняют поточным способом комплектом машин, в который входят профилировщик оснований, распределитель бетонной смеси, бетоноотделочная; машина, нарезчик температурных швов и комплект рельс-форм. Кроме того, используют вспомогательные машины и оборудование: автомобильные краны, автосамосвалы, бетоносмесители, передвижные тенты, машины для очистки и заливки швов и розлива эмульсии, транспортные машины и машины для укладки рельс-форм.

14.4. Рельс-формы

Рельс-формы являются основанием, по которому перемещаются машины основного комплекта, а также служат опалубкой для укладываемой бетонной смеси. Рельс-форма представляет собой узкоколейный рельс длиной до 4 м,

уложенный на опорные металлические коробки. Последние от смещения удерживаются штырями; забиваемыми в грунт. Рельс-формы укладывают автокранами вдоль полосы строящейся дороги. Затем специальной укладочной машиной производят планировку и уплотнение подстилающего слоя песка, укладку, стыковку и крепление звеньев рельс-формы к грунту. Рельс-форма считается правильно уложенной, если разница по высоте между смежными звеньями не превышает 2 мм. После пробной обкатки обнаруженные просадки устраняют подбивкой материала под рельс-форму. Профилировочные машины разрабатывают корыто в целинном грунте, профилируют его подошву, разравнивают и уплотняют подстилающий слой. Рабочим органом профилировщика является нож или фреза, с помощью которых при движении машины производится срезание и частичное перераспределение грунта. Подъемом или опусканием рабочего органа регулируют величину заглубления. Перед укладкой бетона на песчаные основания расстилают бумагу, пропитанную битумом, или полиэтиленовую пленку, которые уменьшают потери цементного молока и способствуют сохранению ее прочности.

14.5. Распределители цементобетона

Распределители цементобетона служат для приема и распределения бетонной смеси по дорожному основанию слоем заданной толщины. По принципу действия они разделяются на машины непрерывного и периодического действия. По устройству рабочего органа распределители бетона бывают бункерными, шнековыми и лопастными (рис.14.5.1.), причем бункерные распределители относятся к машинам периодического действия, а шнековые и лопастные – непрерывного действия. Бетонораспределители передвигаются по рельс-формам 6 на самоходных тележках, несущим элементом которых является рама 1.

В бункерном распределителе (см. рис. 14.5.1,а) рабочий орган – беззатворный бункер 2 – подобно челноку движется в плоскости, перпендикулярной продольной оси дороги, от одной рельс-формы к другой и нижней кромкой разравнивает бетонную смесь. Затем распределитель передвигается по рельс-формам на следующую стоянку, и цикл распределения бетона повторяется. Распределители с бункерным рабочим органом имеют простую конструкцию, но отличаются малой производительностью.

Шнековые бетонораспределители (см. рис. 14.5.1.,б и г) разравнивают смесь непрерывно с помощью вращающихся шнеков 3, расположенных в передней части несущей рамы 1. Непосредственно за шнеками расположены профилирующие заслонки 7, которые срезают избыток бетонной смеси и придают уложенному слою соответствующий профиль. Кроме того, заслонки образуют подпор смеси, что создает хорошие условия для распределения бетона шнеком. Каждая заслонка подвешена двумя опорами, поднимаемыми вручную штурвалами 8. Толщину распределяемого слоя регулируют подъемом и опусканием шнеков с помощью винтов, приводимых в движение штурвалами

10. Привод механизма передвижения и рабочего органа осуществляется от двигателя 9. Предварительное уплотнение свежеложенной бетонной массы производится вибробрусом 4.

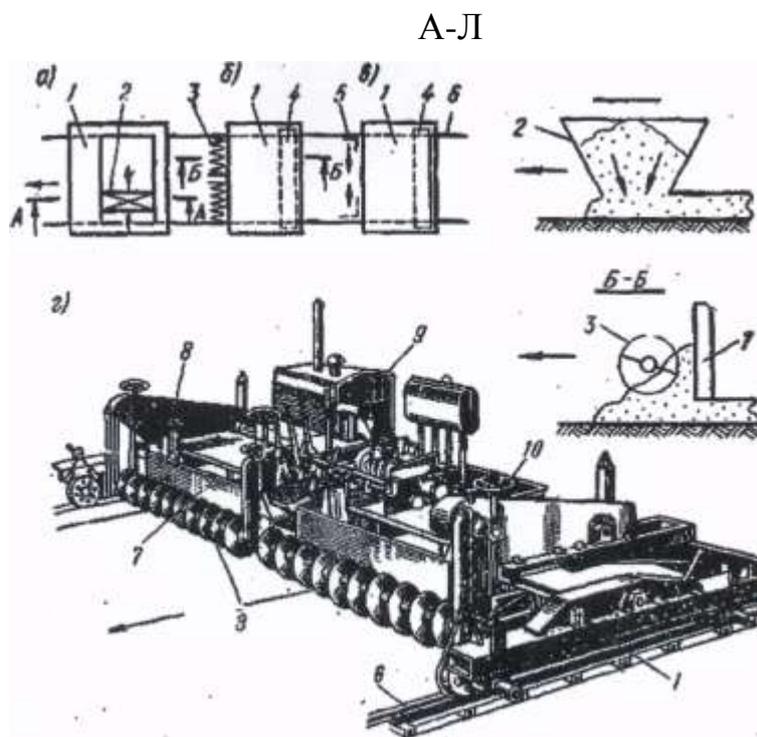


Рис. 14.5.1. Распределители цементобетона:
а – бункерный; б и г – шнековые; в – лопастный.

В последних моделях шнековых распределителей предварительное разравнивание бетонной смеси, выгруженной из самосвалов на полотно строящейся дороги, производится отвалами, подвешенными гидроцилиндрами к раме рабочего органа. Рабочий орган-шнек-представляет собой трубу с приваренными винтообразными спиралями диаметром 0,4 м, опирающуюся на подшипники. Профилирующие заслонки установлены в пазах рамы рабочего органа так, что они могут быть установлены на односкатный или двускатный поперечный профиль покрытия.

Лопастный бетонораспределитель (см. рис. 14.5.1,в) разравнивает смесь расположенной впереди лопастью 5, которая совершает поперечные возвратно-поступательные движения при непрерывном передвижении всей машины вперед. Распределительная лопасть в зависимости от требуемой толщины покрытия может устанавливаться на различной высоте. В предельных крайних положениях лопасть поворачивается на 180° и удаляет от рельс-форм накапливающуюся бетонную смесь. Для предварительного уплотнения бетона лопастные распределители, так же как и шнековые, снабжаются вибробрусом 4. Бетонораспределителями устраивают двухслойные бетонные покрытия за два

прохода. Цементобетонную смесь с осадкой конуса 1 ...2 см распределяют с припуском по толщине 2 ... 4 м с учетом последующего уплотнения. При ширине укладываемой полосы 7 м и толщине слоя 0,2 ... 0,25 м производительность распределителя цементобетона составляет 3000 м² в смену.

14.6. Бетоноотделочные машины

Бетоноотделочные машины предназначены для разравнивания, профилирования, уплотнения и окончательной отделки (выглаживания и затирки) поверхности слоя бетонной смеси, предварительно уложенного распределителем. По виду ходового оборудования бетоноотделочные машины могут быть рельсовыми и гусеничными. Машины на гусеничном ходу не только отделывают покрытие, но и предварительно распределяют бетонную смесь, поэтому их называют бетоноукладчиками. В бетоноотделочных машинах может быть от одного до четырех рабочих органов, разравнивающих, уплотняющих и выглаживающих бетонную смесь. По характеру уплотнения смеси рабочие органы подразделяются на трамбуемые и вибрационные. Уплотнение более высокого качества получают машинами, у которых одновременно в работе находятся четыре рабочих органа (рис. 14.6.1, а): разравнивающий вибрационный брус 1, трамбуемый брус 2 как дополнительный уплотняющий орган, выглаживающий и профилирующий брус 3 (невибрирующий) и выглаживающая плита 4. Разравнивающий брус распределяет бетонную смесь слоем определенной толщины по ширине полосы, чему способствуют колебательные движения в поперечном направлении. Трамбуемый брус уплотняет смесь, совершая колебания в вертикальной плоскости. Выглаживающий брус профилирует поверхность, а выглаживающая лента выравнивает поверхность покрытия, совершая колебания в горизонтальной плоскости.

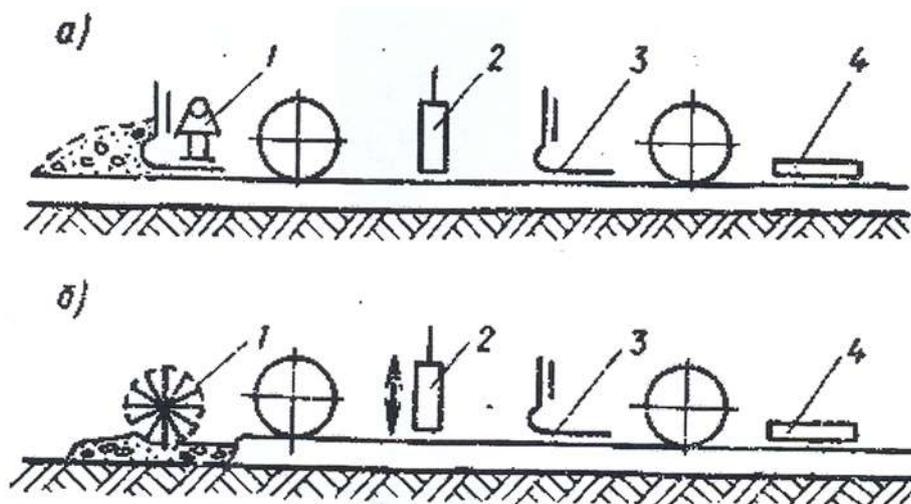


Рис. 14.6.1. Схемы рабочих органов бетоноотделочных машин: а – с разравнивающим вибрационным брусом; б – с разравнивающим лопастным валом.

На машине, схема которой показана на рис. 14.6.1,6, вместо разравнивающего вибрационного бруса установлен разравнивающий лопастный вал 1, с помощью которого неровности бетона хорошо разравниваются. Вибрационные уплотняющие рабочие органы всех бетоноотделочных машин приводятся в движение от дебалансных механических (эксцентриковых) или электромеханических вибраторов.

Бетоноотделочные машины, выпускаемые в последнее время, устанавливаются на двух балансирных тележках, что резко уменьшает влияние погрешностей укладки рельс-форм на ровность дорожного покрытия. Рабочая скорость передвижения бетоноотделочных машин не превышает 0,7 ... 1,4 м/мин, что при ширине обработки 3,5 ... 7,5 м позволяет получить производительность отделки 250 .. 500 м²/ч. Глубина проработки достигает 0,3 м.

14.7. Нарезчики швов

Нарезчики швов применяют для нарезания в уложенном массиве бетонного покрытия температурных швов, которые заполняются битумной мастикой или другим водонепроницаемым материалом. Температурные швы нарезают двумя способами: вибрационными ножами в свежее уложенном бетоне до начала твердения и абразивными дисками в затвердевшем бетоне через 8 ... 12 ч после укладки при достижении им 20 ... 30% проектной прочности.

Вибронож представляет собой клепаную балку из двух швеллеров, между которыми располагается стальная полоса в виде ножа толщиной 8...10 мм. На верхней площадке балки установлены механические вибраторы, привод которых осуществляется от электродвигателей через клиноременную передачу. Для предотвращения вспучивания бетона в зоне шва при нарезке вибрирующая масса прижимается секционными поддонами.

Нарезку швов в затвердевшем бетоне производят одно- и многодисковыми нарезными машинами. В качестве абразивного материала для изготовления дисков применяют электрокорунд, карбид кремния и технический алмаз. Вращающиеся диски устанавливают в кронштейнах, на которых закреплен вибратор. Производительность многодискового нарезчика швов достигает 450 м в смену.

Швы заливают битумной мастикой, разогреваемой в специальных битумных котлах. Перед заливкой швы продувают сжатым воздухом. Для создания влагонепроницаемой пленки поверхность свежее уложенного бетона покрывают битумной эмульсией или этиленовым лаком. Для розлива пленкообразующих материалов применяют машины, передвигающиеся по рельс-формам вслед за нарезчиками и заливщиками швов.

14.8. Оборудование для уплотнения бетонных смесей

Для уплотнения бетонной смеси применяют вибраторы с частотой колебаний обычно до 3000 (иногда до 15 000) в минуту и с амплитудой колебаний 0,1 ...3 мм. Различают вибраторы поверхностные, глубинные (внутренние), наружные и станковые.

Основой вибраторов являются вибрационные элементы (вибровозбудители): электромеханические, электромагнитные и пневматические.

Электромеханические вибрационные элементы могут быть одно- и двухвальными, маятниковыми и планетарными. В одновальном элементе (рис. 14.8.1, а) на валу 3 электродвигателя закреплены противовесы (дебалансы) 1 и 2, вращение которых приводит к вибрации. Рабочее напряжение элемента 36 В.

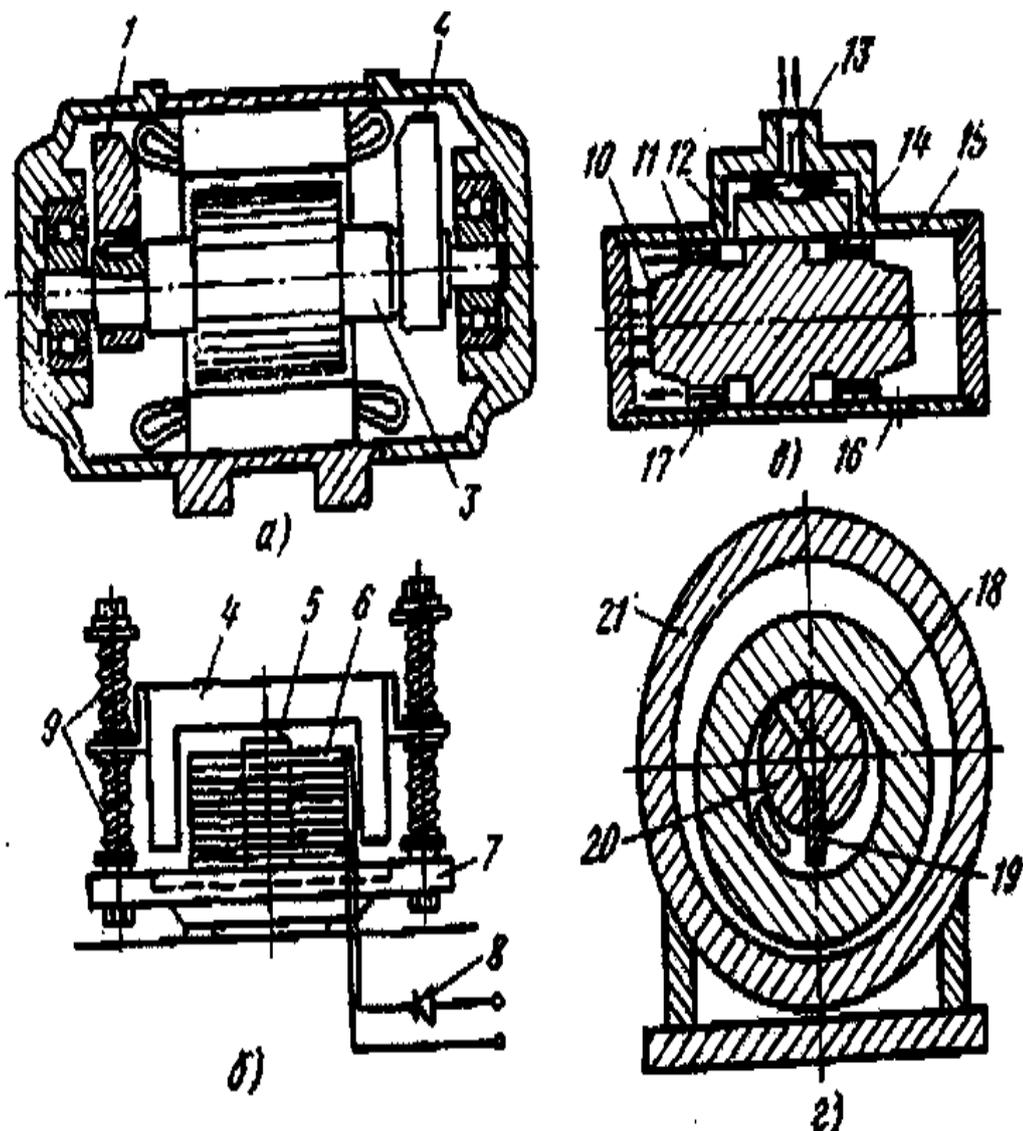


Рис. 14.8.1. Вибрационные элементы:

а – электромеханический; б – электромагнитный; в – пневматический поршневой; г – пневматический планетарный.

Электромагнитный вибрационный элемент (см. рис. 29.1,6) состоит из основания 7 с сердечником 5 и электромагнитной катушкой 6, якоря 4 и пружин 9. В цепь питания электромагнитной катушки включается селеновый выпрямитель 8, который превращает переменный ток в постоянный пульсирующий. Под действием электромагнитных сил якорь притягивается к середине.

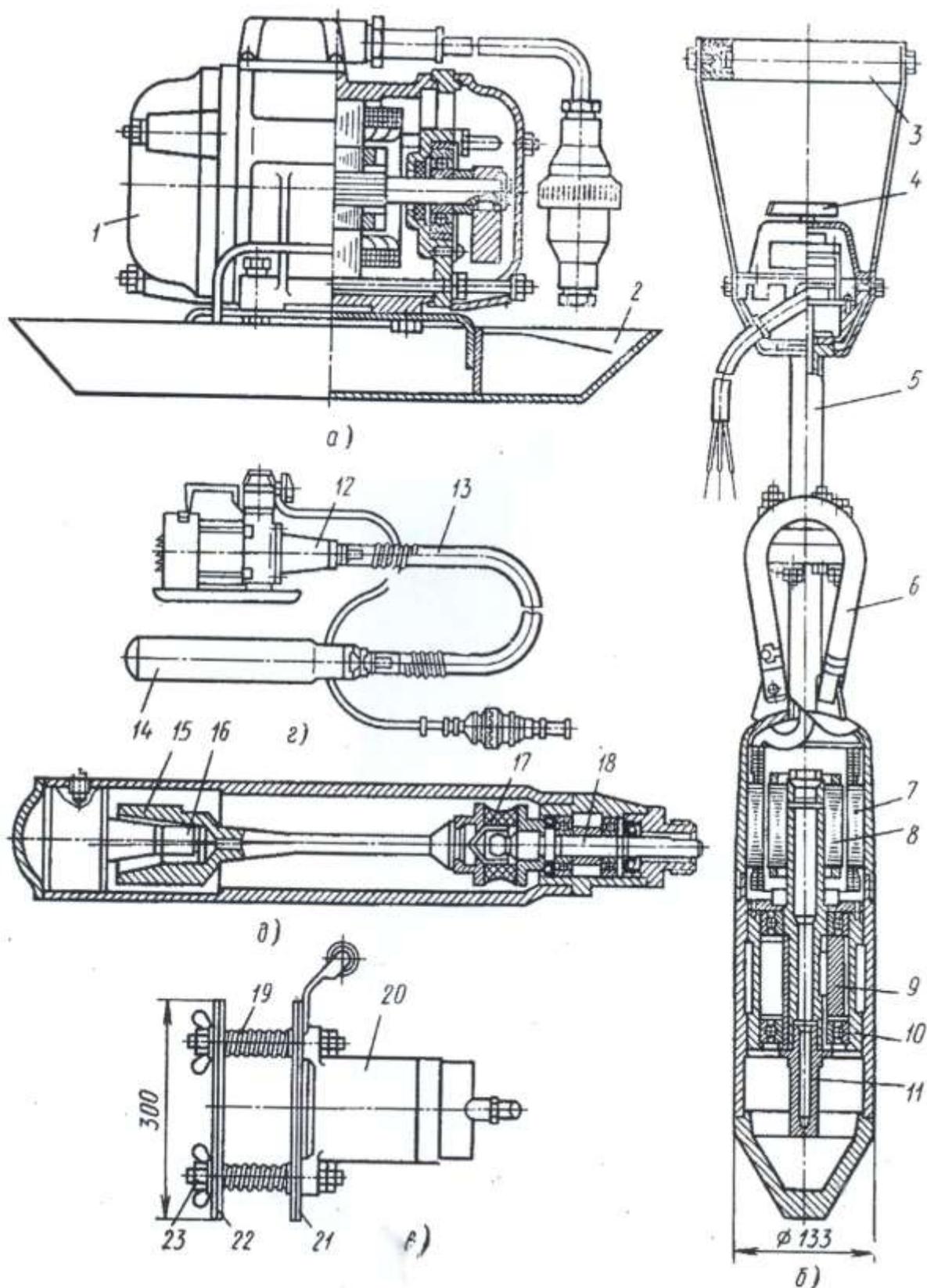


Рис. 14.8.2. Вибраторы:

а – поверхностный; б – вибробулава; в – наружный; г – с гибким валом; д – с планетарным вибрационным элементом.

Вибратор с вынесенным двигателем и планетарным вибрационным элементом с внутренним обкатыванием дебаланса изображен на рис. 14.8.2. Вращение от вала двигателя передается валу 18с муфтами 17, позволяющими свободной части вала отклоняться от геометрической оси на угол до 5° . Под действием центробежной силы дебаланс 15 (бегунок) внутренней поверхностью обегает наружную поверхность сердечника 16. Возбуждаемые колебания имеют частоту, достигающую 168 ... 250 Гц.

Наружные вибраторы передают вибрационные колебания бетонной смеси через опалубку, на которой закреплены. Такой вибратор (см. рис. 14.8.2,в) состоит из электродвигателя 20 с закрепленными на его валу противовесами. Корпус вибратора снабжен зажимами для крепления на опалубке. В состав зажима входят неподвижная губка 21, являющаяся основанием для крепления двигателя, подвижная губка 22, являющаяся прижимной плитой, и стяжные болты 23. Отходу подвижной плиты при снятии вибратора с опалубки способствуют пружины 19.

Контрольные вопросы

1. Щековые дробилки, их устройство и принцип работы, основные параметры.
2. Конусные дробилки, их устройство и принцип работы, основные параметры.
3. Валковые дробилки, их устройство и принцип работы, основные параметры.
4. Машины и оборудование для бетонных работ, их классификация.
5. Дозаторы, их назначение и классификация. Дозаторы циклического и непрерывного действия, их устройство и принцип работы.
6. Машины и оборудование для производства бетонной смеси, их классификация.
7. Бетоносмесители гравитационного действия, их устройство, принцип работы и технические характеристики. Методика расчёта их производительности.
8. Бетоносмесители принудительного действия, их устройство, принцип работы и технические характеристики.
9. Бетоносмесители непрерывного действия, их устройство, принцип работы и технические характеристики. Определение их производительности.
10. Оборудование для подачи бетонной смеси к месту укладки.
11. Машины и оборудование для укладки и распределения бетонной смеси.
12. Оборудование для уплотнения бетонной смеси. Разновидности и принципы работы вибраторов.

ЛЕКЦИЯ № 15

РУЧНЫЕ МАШИНЫ

15.1. Общие сведения о ручных машинах

Ручной называют технологическую машину, снабженную встроенным двигателем, при работе которой масса машины полностью или частично воспринимается руками оператора. От двигателя осуществляется главное движение рабочего органа, а все вспомогательные движения (подача, управление, установление режима и длительности операции) выполняются вручную.

Наибольшее распространение ручные машины получили в строительстве при выполнении санитарно-технических, отделочных, монтажных и ремонтных работ. Применение ручных машин позволяет в 5 ... 10 раз увеличить производительность труда (по сравнению с работой вручную), значительно снизить трудоемкость и повысить качество выполняемых технологических операций, а также улучшить условия труда рабочего.

Ручные машины классифицируют по следующим признакам: по назначению – машины для обработки металлов, дерева и камня, для сборочных, отделочных, монтажных, земляных и буровых работ; по виду привода – электрические, пневматические, моторизованные (с приводом от двигателя внутреннего сгорания), гидравлические и пороховые машины; по способу преобразования энергии питания – фугальные, механические, компрессионно-вакуумные и пружинные; по исполнению и регулированию скорости – прямые (оси рабочего органа и привода параллельны), угловые (оси рабочего органа и привода расположены под углом), реверсивные и неревверсивные, односкоростные и многоскоростные; по характеру движения рабочего органа машины с вращательным, возвратно-поступательным и сложным движением. У вращательных машин силовое воздействие рабочего органа на обрабатываемый объект осуществляется непрерывно.

Рабочие органы, совершающие возвратно-поступательное и сложное движения, оказывают силовое воздействие на обрабатываемый объект импульсами.

В автодорожном строительстве преимущественное распространение получили пневматические и электрические ручные машины. Электрические ручные машины выгоднее применять при выполнении работ сравнительно небольших объемов, пневматические – при работах средних и больших объемов на объектах, обслуживаемых передвижной компрессорной установкой или располагающих централизованной сетью сжатого воздуха. По сравнению с пневматическими электрические машины имеют значительно больший коэффициент полезного действия. Многие виды ручных машин выпускаются только с электрическим приводом.

15.2. Пневматические ручные машины

Довольно широкое распространение при производстве строительномонтажных и отделочных работ получили пневматические ручные машины, источником энергии которых служит атмосферный воздух, сжатый до 0,5 ... 0,7 МПа в компрессорах. По сравнению с электрическими пневматические машины легче, портативнее, проще по конструкции, нечувствительны к перегрузкам, обладают большей удельной мощностью, более надежны и безопасны в эксплуатации. Однако пневматические машины имеют низкий КПД и расходуют больше электроэнергии, а также требуют дополнительных эксплуатационных расходов на сооружение трубопроводов – воздухопроводов с приборами для очистки воздуха и на обслуживание компрессорной установки. Кроме того, пневматические машины при работе создают большой шум.

По принципу действия различают вращательные, ударные и ударновращательные пневмомашины. К вращательным пневмомашинам относятся сверлильные, шлифовальные, резьбонарезные пневмомашины, пневмоножницы и пневмогайковерты. Для привода вращательных пневмомашин применяют поршневые, турбинные и ротационные пневмодвигатели. По сравнению с поршневыми турбинные и ротационные пневмодвигатели проще по конструкции, портативны, быстроходны, легко реверсируются и могут выдерживать значительные перегрузки.

Турбинные двигатели применяются в высокоскоростных шлифовальных машинах с абразивными борголовками. Основными недостатками таких двигателей являются быстрый износ лопаток и значительный шум при работе.

Ротационные пневмодвигатели изготавливают реверсивными и нереверсивными с правым или левым вращением ротора.

Для снижения шума до уровня санитарных норм машины с ротационными пневмодвигателями снабжаются глушителями. Основные узлы пневматической машины вращательного действия (двигатель, редуктор, рукоятка с пусковым устройством) изготавливаются в виде отдельных унифицированных узлов, заменяемых при выходе их из строя.

К ручным пневмомашинам ударного действия относятся молотки различного назначения и ломы. Эти машины аналогичны по конструкции, и принцип их действия основан на преобразовании энергии сжатого воздуха в механическую работу поршня-бойка 3, движущегося возвратно-поступательно в цилиндре ствола 2 машины и наносящего периодические удары по хвостовику 1 рабочего инструмента. Возвратно-поступательное движение поршня-бойка обеспечивается с помощью воздухораспределительного устройства 4 клапанного или золотникового типа, приводимого в действие сжатым воздухом. Воздухораспределительное устройство осуществляет впуск сжатого воздуха в цилиндр ствола поочередно в камеры прямого (рабочего) А и обратного Б хода поршня-бойка и выпуск отработанного воздуха в атмосферу. Сжатый воздух к воздухораспределителю подается через пусковое устройство.

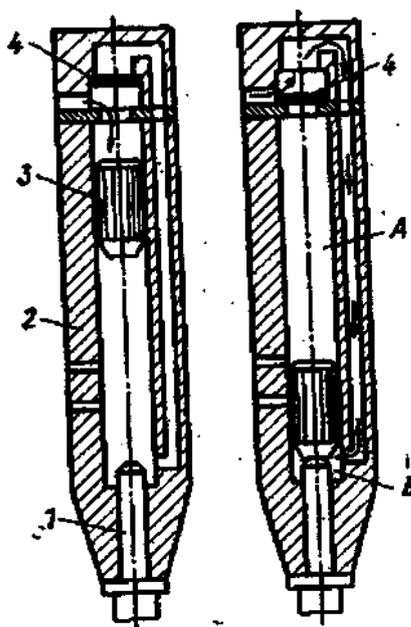


Рис. 15.2.1. Принципиальная схема пневматической машины ударного действия.

Современные пневмомолотки комплексно виброзащищенные машины, у которых ударный узел отделен от корпуса, удерживаемого оператором, упругими элементами. Они оснащены глушителями для снижения уровня шума. Основными параметрами являются энергия единичного удара и частота ударов.

Отбойные молотки применяют для рыхления твердых и мерзлых грунтов при производстве земляных работ небольшого объема, для пробивки углублений, борозд, отверстий и проемов в стенах и перекрытиях, а также для разборки бетонной кладки и дорожных покрытий.

Рубильные молотки предназначены для чеканки швов, обрубки кромок под сварку, вырубки пазов и пробивки отверстий в металле, заделки стыков водопроводных и канализационных чугунных труб, а при соответствующей замене рабочего наконечника – для пробивки углублений, отверстий и проемов в перекрытиях, кирпичных и бетонных стенах, отделки плит из натурального камня, а также для клепки в горячем состоянии заклепок и разборки заклепочных соединений.

Ломы применяют для разрушения фундаментов, вскрытия бетонных и асфальтобетонных дорожных покрытий, пробивки углублений, отверстий и проемов в бетонных и железобетонных перекрытиях, для разработки твердых и мерзлых грунтов при рытье котлованов, траншей и проходке туннелей.

Пневматические сверлильные ручные машины выпускаются прямыми и угловыми. Прямые сверлильные ручные машины имеют корпус пистолетного типа и в их кинематическую схему включен одно- или двухступенчатый планетарный редуктор. У угловых машин планетарный редуктор работает совместно с конической или цилиндрической передачей.

Шлифовальные пневмомашины выполняются прямыми, угловыми и торцовыми. Торцовая шлифовальная машина применяется в основном для шлифования и полирования металлических, цементных, гранитных и мраморных поверхностей. Пневмогайковерты выполняются прямыми и угловыми, часто-ударными и редкоударными. Частоударные гайковерты конструктивно однотипны, оборудованы реверсивным ротационным пневмодвигателем и унифицированным вибробезопасным ударноимпульсным механизмом. Прямые частоударные гайковерты выполнены по безредукторной схеме.

Выбор компрессора и расчет воздухоподводящей сети. Расчетная производительность компрессора для питания группы пневмо-машин ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$P_K = \sum Q_i \cdot k_1 k_2,$$

где $\sum Q_i$ – суммарный расход воздуха машинами:

$$\sum Q_i = Q_1 c_1 + Q_2 \cdot c_2 + Q_i \cdot c_i,$$

Q_1, \dots, Q_i – расход воздуха одной машиной, $\text{м}^3/\text{с}$;

c_1, \dots, c_i – количество однотипных машин;

k_1 – коэффициент одновременности работы машин;

k_2 – коэффициент, учитывающий потери воздуха в магистралях, шлангах и машинах.

Минимально допустимый диаметр питающего трубопровода или шланга (мм):

$$d = 88 \cdot \sqrt[5]{\frac{Q_{\text{экс}}^2 \cdot L_{\text{экс}}}{\Delta p}},$$

где $Q_{\text{экс}}$ – расход воздуха на данном участке, $\text{м}^3/\text{мин}$;

Δp – минимально допустимые потери давления, Па

($\Delta p = 0,1 \dots 0,15$);

$L_{\text{экс}}$ – эквивалентная длина участка, м:

$$L_{\text{экс}} = l_2 + l_m,$$

l_2 – геометрическая длина участка, м;

l_m – местные потери давления в арматуре, м.

15.3. Электрические ручные машины

Электрическая ручная машина представляет собой электро-, вибро- и шумобезопасный переносной агрегат, состоящий из корпуса, встроенных в корпус электропривода, передаточного механизма, рабочего органа и пусковой аппаратуры.

По методу защиты оператора от поражения электрическим током электрические ручные машины подразделяют на три класса. К классу I относятся машины, работающие от сети напряжением свыше 42 В, у которых хотя бы одна металлическая деталь, доступная для прикосновения, отделена от частей, находящихся под напряжением, только одной рабочей изоляцией. На строительном-монтажных работах ручные машины класса I не применяются. К классу II относятся ручные машины, работающие при напряжении свыше 42 В,

у которых все металлические детали, доступные для прикосновения, отделены от частей, находящихся под напряжением, двойной или усиленной изоляцией. К классу III относятся ручные машины, работающие при низком, безопасном для человека напряжении до 42 В, получающие питание от автономного источника тока или через преобразователи тока.

К настоящему времени созданы полностью электробезопасные ручные машины, снабженные не только двойной, но и так называемой полной электрической изоляцией. Такие машины имеют цельный пластмассовый корпус и не содержат, кроме рабочего органа, наружных металлических частей.

По типу привода различают: электромеханические ручные машины - с двигателем вращательного действия, движение которого сообщается рабочему органу через передаточное устройство; компрессионно-вакуумные машины, у которых передача энергии на рабочий орган осуществляется ударником, пневматически связанным с промежуточным преобразовательным механизмом; электрофугальные - с линейным электромагнитным двигателем возвратно-поступательного действия, сообщаящим движение рабочему инструменту непосредственно.

На монтажных и слесарно-сборочных работах широко распространены машины с вращательным движением рабочего органа: сверлильные, резьбонарезные, развальцовочные, шуруповерты, гайковерты, шлифовальные.

Сверлильные машины предназначены для сверления отверстий в стали, цветных металлах, пластмассах, бетоне, железобетоне, кирпиче, дереве и др.

Для сверления отверстий в труднодоступных и глубоко расположенных местах на близком расстоянии от стен применяют угловые сверлильные ручные машины с цилиндроконическим редуктором, у которых оси рабочего органа и двигателя расположены под углом 30 и 90°. В некоторых случаях вместо угловой ручной машины применяют специальные угловые насадки к прямой машине.

Резьбонарезные ручные машины применяют для нарезания внутренних резьб вновь, а также для прогонки забитых и проржавленных резьб в стали, чугуне к алюминии при сборке металлоконструкций, монтаже воздухопроводов, трубопроводов и т.д. Рабочим органом резьбонарезателя служит метчик, закрепляемый в специальном патроне, установленном на шпинделе машины. В отличие от сверлильных ручных машин редуктор резьбонарезных машин выполнен реверсивным для ускоренного вывинчивания метчика из нарезного отверстия. Резьбонарезные ручные машины комплектуются набором метчиков для нарезания резьб.

Шлифовальные ручные машины с прямой и угловой головками применяют для подгонки деталей при сборке, шлифования и полирования различных поверхностей, обдирки и зачистки сварных швов, снятия фасок у труб под сварку, а также для резания труб, листового металла, профильной и угловой стали. Основным рабочим органом таких машин служат плоские или чашечные абразивные шлифовальные круги, закрепленные на шпинделе машины с помощью двух фланцев и гаек.

На базе угловых электрических шлифовальных машин разработаны ручные труборезы, в качестве режущего органа которых применяют армированные абразивные круги. Гайковерты применяют для механизированной сборки, затяжки и разборки резьбовых соединений при монтаже и демонтаже строительных конструкций, трубопроводов и оборудования. Рабочим органом гайковертов служит сменный наконечник с внутренним шестигранником, надеваемый на гайку или головку болта. Ключ соединяется со шпинделем жестко или шарнирно. Гайковерты с шарнирным ключом предназначены для ведения сборочных работ в стесненных и труднодоступных местах. К электрическим машинам ударного действия с возвратно-поступательным движением рабочего органа относятся электромолотки, электроломы, электроножницы, электрокромкорезы и электро-трамбовки.

Электромолотки применяют для пробивки проемов, отверстий и долбления канавок в перекрытиях, кирпичных и бетонных стенах при прокладке кабелей, газовых, водопроводных и канализационных труб, а также рыхления твердых слежавшихся и мерзлых грунтов, взламывания дорожных покрытий, разрушения фундаментов при устройстве котлованов, колодцев, траншей и ремонте коммуникаций. В молотках используется энергия движущегося возвратно-поступательного бойка (ударника), наносящего с определенной частотой удары по хвостовику рабочего инструмента. Различают фугальные (электромагнитные) и компрессионно-вакуумные молотки. В фугальном молотке боек движется под воздействием переменного магнитного поля. В компрессионно-вакуумных молотках движение бойка обеспечивается последовательной работой пружины и воздушной подушки.

Электроломы предназначенные для разрушения бетона, железобетона, кирпичной кладки, асфальтобетона и мерзлого грунта, отличаются от компрессионно-вакуумных молотков энергией удара бойка и мощностью приводного электродвигателя.

Электроножницы предназначены для резки и раскроя листового металла, а также вырубки в нем отверстий и окон различной конфигурации при выполнении санитарно-технических, гидроизоляционных и кровельных работ. Основным параметром ножниц является толщина разрезаемого материала. Различают ножницы ножевые и вырубные.

Электротрамбовки представляют собой высокоманевренные малогабаритные уплотняющие машины, предназначенные для искусственного уплотнения связных и несвязных грунтов в труднодоступных и стесненных местах, при засыпке траншей после укладки подземных коммуникаций, утрамбовки щебня и гравия при устройстве полов и искусственных оснований под трубопроводы, уплотнении бетонных смесей, а также для планировочных работ небольшого объема.

Электроперфораторы относятся к машинам со сложным движением рабочего органа и используются в основном для бурения вертикальных, наклонных и горизонтальных шпуров в скальных, мерзлых и вечномерзлых

грунтах при разработке траншей, котлованов и колодцев буровзрывным способом, строительстве гидротехнических сооружений, геологической разведке. Кроме того, перфораторы применяют для прорезки отверстий и проемов в междуэтажных перекрытиях и перегородках зданий при монтаже трубопроводов и вентиляционных систем, а также для пробивки борозд и очистки поверхностей в конструкциях из искусственных и естественных строительных материалов.

Дисковые пилы предназначены для продольной и поперечной распиловки древесины хвойных и мягко-лиственных пород толщиной до 65 мм при изготовлении элементов деревянных конструкций. Ручные рубанки предназначены для строгания изделий из дерева и применяются на плотнично-опалубочных и столярных работах, а также при устройстве полов. Ручные долбежники служат для выборки в деревянных изделиях отверстий, пазов и гнезд прямоугольной формы при выполнении столярных работ.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Техническая эксплуатация строительных машин – это комплекс мероприятий, обеспечивающих поддержание машин в работоспособном состоянии, включающих их приемку и ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт, хранение и учет по эксплуатации.

Приемке подлежат машины новые, после ремонта или монтажа, а также машины, передаваемые одной организацией другой. При приемке проверяют наличие установленной документации – паспорта, технического описания и инструкции по эксплуатации, а для машин, находящихся под контролем органов Госгортехнадзора, кроме того, также документации, устанавливаемой этими органами; комплектность машины, инструмента и запасных частей; техническое состояние машины путем осмотра и испытаний на холостом ходу и под нагрузкой. Для обеспечения работоспособного и исправного состояния строительных машин в течение всего срока их службы в плановом порядке проводят комплекс организационно-технических мероприятий, составляющих систему планово-предупредительного технического обслуживания и ремонтов (ППР и ТО).

В составе мероприятий ППР и ТО различают:

- техническое обслуживание,
- текущий ремонт,
- капитальный ремонт.

Периодичность проведения технических обслуживаний и ремонтов определяется наработкой машины, измеряемой в часах. Техническое обслуживание (ТО), проводимое в процессе эксплуатации машин, предупреждает появление неисправностей и отказов.

Ремонт машин проводят с целью поддержания и восстановления их исправного и работоспособного состояния путем устранения повреждений. Ремонт может быть текущим и капитальным.

ОСНОВНАЯ РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Белецкий Б.Ф. Технология и механизация строительного производства. – Ростов-на-Дону, 2004.
2. Белецкий Б.Ф. Технология и механизация строительного производства. – Ростов-на-Дону, 2003.
3. Блохин В.С., Малич Н.Г. Машины для земляных работ. – Днепропетровск ИМА-пресс, 2005. – 304 с.
4. Блохин В.С., Малич Н.Г., Басс К.М. Колесные и гусеничные транспортные средства: Уч. пособие. Часть 2. – Днепропетровск: ИМА-пресс, 2008. – 416 с.
5. Волков Д.П. Строительные машины. – М.: Высш. шк., 1988. – 319 с.
6. Волков Д. П., Крикун В.Я. Строительные машины. – М.:АСВ, 2002. – 376 с.
- 7.Гудович М.И., Мауленов Ж.К.,Сурашов Н.Т., Бурцев В.В. Грузоподъемные машины: Уч. пособие. – Алматы: КазГАСА, 2002. – 215 с.
8. Гудович М.И., Сурашов Н.Т., Мауленов Ж.К., Бурцев В.В. Машины непрерывного транспорта (Теория, конструкция и расчет): Уч. пособие. – Алматы: КазГАСА, 2003. – 137 с.
9. Гудович М.И., Сурашов Н.Т. Мауленов Ж.К., Бурцев В.В. Погрузочно-разгрузочные машины (Теория, конструкция и расчет): Уч. пособие. – Алматы: КазГАСА, 2005. – 137 с.
- 10.Добронравов С.С. Строительные машины и основы автоматизации. – М.: Высш. шк., 2003.
11. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование. – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с.

Учебно-методическое издание

Жумадил Карбышевич Мауленов

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине
«Строительные машины и оборудование»
для студентов строительных специальностей

Редактор Есимханова А.Е.

Сводный план 2011-2012 уч. года, поз. № 20.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Riso.
Усл.печ. л. 9,6. Уч.-изд. л. 9,8. Тираж 50 экз.
Заказ №
Цена договорная.

Издание Казахской головной архитектурно-строительной
академии
Отпечатано в Издательском доме «Строительство и архитектура»
050043, г. Алматы, ул. Рыскулбекова, 28