

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

И. Н. Кручинин
О. Н. Бурмистрова
Э. Р. Ахтямов

ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БАЗ

Учебник

Рекомендовано научно-методическим советом по лесному хозяйству
для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки
35.03.02 – Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств

Екатеринбург
УГЛТУ
2025

УДК 625.72
ББК 43.904:39.311я73
К84

Рецензенты:

кафедра технологии и оборудования лесопромышленного производства Мытищинского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана», д-р техн. наук, проф., доц. *В. В. Никитин*;

Ю. Н. Пильник, д-р техн. наук, доц., доц. кафедры поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»

Кручинин, Игорь Николаевич.

К84 Дорожные машины для строительства и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры лесосырьевых баз : учебник / И. Н. Кручинин, О. Н. Бурмистрова, Э. Р. Ахтямов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. – 208 с.

ISBN 978-5-94984-952-1

Настоящий учебник обобщает и систематизирует отечественный и зарубежный опыт применения машин для строительства и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры и строительного оборудования на производственных базах предприятий строительства.

Предназначен для обучающихся по направлению подготовки «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств» для профиля «технологический менеджмент в лесном бизнесе» и направления «Строительство» для профиля «автомобильные дороги», а также для специалистов лесопромышленного комплекса.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 625.72
ББК 43.904:39.311я73

ISBN 978-5-94984-952-1

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2025

Оглавление

Предисловие.....	7
Глава 1. Общие сведения о машинах для строительства и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры лесосырьевых баз	8
1.1. Общие требования, предъявляемые к машинам для строительства и эксплуатации дорог	8
1.2. Основные технико-экономические показатели применимости дорожно-строительных машин.....	10
1.3. Рабочее оборудование дорожно-строительных машин. Расчет основных параметров	12
Глава 2. Машины для земляных работ.....	15
2.1. Бульдозеры.....	15
2.1.1. Расчет параметров отвального оборудования бульдозеров.....	17
2.1.2. Основы тяговых расчетов бульдозеров.....	20
2.1.3. Технологические особенности и приемы работы бульдозеров.....	23
2.1.4. Оценка эксплуатационная производительности бульдозеров на земляных работах	25
2.1.5. Оценка эксплуатационной производительности бульдозеров на планировочных работах	27
2.2. Скреперы.....	27
2.2.1. Расчет параметров рабочего оборудования скреперов	30
2.2.2. Основы тяговых расчетов скреперов	33
2.2.3. Технологические особенности проведения скреперных работ.....	35
2.2.4. Оценка эксплуатационной производительности скреперов на земляных работах	41
2.3. Машины для земляных работ. Грейдеры и автогрейдеры.....	42
2.3.1. Технологические особенности работы автогрейдеров ...	46
2.3.2. Оценка эксплуатационной производительности автогрейдеров	46

2.4. Машины для земляных работ. Экскаваторы.....	42
2.4.1. Конструктивные особенности одноковшовых экскаваторов	52
2.4.2. Оценка эксплуатационной производительности одноковшовых экскаваторов	53
2.4.3. Области использования машин при производстве земляных работ	54
Глава 3. Машины для погрузки и разгрузки дорожно-строительных материалов	56
3.1. Погрузочно-разгрузочные машины. Погрузчики одноковшовые	56
3.2. Оценка эксплуатационной производительности одноковшовых погрузчиков.....	60
Глава 4. Машины для уплотнения земляного полотна, материалов дорожных одежд и покрытий лесных дорог	62
4.1. Особенности уплотнения дорожно-строительных материалов	62
4.1.1. Основы уплотнения грунтовых материалов	62
4.1.2. Основы уплотнения дорожно-строительных материалов	63
4.2. Строительные машины для уплотнения материалов	66
4.2.1. Катки гладковальцовые	67
4.2.2. Пневмоколесные катки.....	72
4.2.3. Катки кулачковые	74
4.2.4. Машины для уплотнения грунтов и материалов динамического действия	76
4.2.5. Катки комбинированные	78
4.2.6. Определение эксплуатационной производительности машин для уплотнения грунтов и материалов.....	79
4.3. Особенности виброуплотнения цементобетонных смесей	80
Глава 5. Машины для строительства и ремонта дорожных покрытий лесных дорог	82
5.1. Машины для укладки асфальтобетонных смесей.....	82
Расчет эксплуатационной производительности асфальтоукладчиков	85

5.2. Машины для перегрузки асфальтобетонных смесей	86
Расчет производительности машин для перегрузки асфальтобетонной смеси	89
5.3. Особенности использования машин при строительстве дорожных покрытий лесных дорог	91
5.4. Современные технологии строительства асфальтобетонных дорожных покрытий	93
Глава 6. Машины для регенерации старых дорожных покрытий лесных дорог	95
6.1. Общие сведения о регенерации асфальтобетонных покрытий	95
6.2. Машины и механизмы для восстановления дорожных покрытий лесных дорог способом регенерации	96
6.3. Дорожная машина для улучшения физико-механических характеристик грунтов	101
Глава 7. Машины для восстановления дорожных покрытий магистральных лесных дорог	106
7.1. Общие сведения о устройстве эксплуатационных слоев на дорожных покрытиях	106
7.2. Технологии нанесения слоев износа на дорожные покрытия лесных автомобильных дорог	107
7.3. Расчет производительности машин для устройства слоев износа	110
Глава 8. Машины для летнего содержания лесотранспортной инфраструктуры	114
8.1. Дорожные поливочно-мочные машины	114
8.2. Машины для очистки дорожных покрытий лесных дорог	117
8.3. Расчет производительности подметально-уборочных машин	120
Глава 9. Машины для зимнего содержания лесотранспортной инфраструктуры	121
9.1. Особенности зимнего содержания лесотранспортной инфраструктуры	121
9.2. Снегоочистители зимних лесных дорог	122
9.2.1. Снегоочистители плужные	124
9.2.2. Снегоочистители отбрасывающего действия	130

9.3. Распределители технологических материалов	132
9.4. Базы для хранения и приготовления противогололедных материалов	136
Глава 10. Производственная база строительства лесотранспортной инфраструктуры	140
10.1. Классификация и размещение производственных предприятий лесотранспортной инфраструктуры.....	140
10.2. Производственные базы по переработке местных каменных материалов	142
10.3. Машины для дробления и измельчения местных каменных материалов	143
10.4. Машины для сортирования каменных дорожно-строительных материалов.....	146
10.5. Особенности выбора технологической последовательности переработки каменных материалов.....	147
10.6. Расчет технологического оборудования камнедробильного завода.....	150
10.7. Производственные базы, расположенные на территориях лесосырьевых баз Свердловской области	161
Библиографический список.....	167
Приложения	2049
1. Основные технические характеристики дорожно-строительных машин.....	169
2. Самостоятельная работа.....	179
Глоссарий	204

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лесная автомобильная дорога – объект лесотранспортной инфраструктуры, предназначенный для движения лесотранспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты и элементы обустройства.

В процессе строительства и эксплуатации лесные автомобильные дороги и объекты лесотранспортной инфраструктуры подвержены многолетнему воздействию движущего лесовозного подвижного состава и природно-климатических факторов, что накладывает особые требования при их строительстве и эксплуатации.

Решение представленной задачи должно быть направлено на совершенствование технологии как строительства, так и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры с целью освоения лесосырьевых баз и обеспечения проведения лесохозяйственных мероприятий. Все эти задачи невозможно решить без использования современных дорожных и строительных машин.

Учебник предназначен для подготовки бакалавров и магистров направления 35.03.02, 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств» для профиля «Технологический менеджмент в лесном бизнесе» и направления 08.03.01, 08.04.01 «Строительство» для профиля «Автомобильные дороги», при изучении дисциплин «Строительство лесных дорог и организация вывозки древесины», «Дорожные машины и производственная база строительства», «Транспорт леса», «Технические средства для вывозки древесины», «Машины и оборудование предприятий лесного комплекса», «Водные технологические пути и организация сплава древесины», «Строительство дорог», «Реконструкция лесных дорог».

Может быть использован для самостоятельной подготовки аспирантов направления 4.3.4 «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины», а также аспирантов направления 2.1.8 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей».

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНАХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БАЗ

В главе приведены общие сведения о дорожно-строительных машинах и сформулированы основные требования к их технико-экономическим показателям, что может понадобиться при оценке степени применимости дорожных машин в производственном процессе.

1.1. Общие требования, предъявляемые к машинам для строительства и эксплуатации дорог

Дорожно-строительная машина – это строительная машина, состоящая из одной, нескольких или комплекта машин, обеспечивающих все процессы строительства, ремонта и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры. Состав и структура систем и комплексов строительных машин определяются технологиями строительства и эксплуатации лесных автомобильных дорог. Строительные и дорожные машины обеспечивают механизацию и автоматизацию всех видов технологических операций, определяющих основные процессы при строительстве и содержании лесотранспортной инфраструктуры [1].

В основе технологических возможностей дорожно-строительных машин лежат их классификационные признаки. Классификация – это система, основанная на распределении машин по совокупным признакам и их взаимосвязям.

В общем классификаторе промышленной продукции строительные машины отнесены к классу «строительные и дорожные машины». Различают класс машин, объединенных общим назначением. Различают подкласс, объединенный общим видом работ, группы, объединенные общим принципом действия, подгруппы, объединенные общими технологическими операциями строительства, и индексы, объединенные общими конкретными обозначениями машин.

В основе построения системы классификации строительных машин, которые предназначены для строительства и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры, лежит их технологическое назначение. Всего имеется пять групп строительных машин [2–4].

Различают машины для сооружения земляного полотна, машины для строительства дорожных покрытий, машины для строительства водопропускных труб и малых мостов, машины для уплотнения материалов, машины для добычи и приготовления дорожно-строительных материалов. А также различают технологический транспорт.

Выделяют машины для летнего и зимнего содержания лесотранспортной инфраструктуры. Машины для ремонта земляного полотна и полосы отвода дороги. Разметочные дорожные машины и машины для озеленения и благоустройства лесных территорий. Машины для ремонта дорожных покрытий лесных дорог. Дорожные машины для ремонта водопропускных сооружений.

Конструктивно любая дорожно-строительная машина состоит из базового модуля, который имеет рабочий орган. Рабочий орган предназначен для выполнения технологических операций при строительстве или эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры. Машины бывают с одним и с несколькими рабочими органами.

Для обеспечения высокого темпа строительства лесотранспортной инфраструктуры необходимо иметь весь спектр строительных машин.

Однако на конструктивные особенности машин оказывают большее влияние технологии, используемые в дорожном строительстве. Это и наличие сезонности в строительстве, удаленность от баз производства материалов, необходимость в согласованности технологических операций по времени и т. д.

При этом многие виды работ при строительстве дорожных покрытий или по содержанию лесных дорог не могут быть выполнены машинами, используемыми на общем строительном производстве. Это привело к появлению специализированных машин для лесопромышленного комплекса.

В Российской Федерации введена единая система индексации, в соответствии с которой каждой строительной машине присваивается индекс, состоящий из буквенно-цифрового обозначения. При индексации все строительные машины и оборудование распределены на группы в соответствии с их производственным назначением и конструктивным исполнением. Буквы индекса располагаются перед цифрами и обозначают вид строительной машины [5, 6].

Например, машины для землеройных работ обозначают буквами ДЗ, машины для подготовительных работ обозначают буквами ДП, машины для уплотнения грунтов и дорожных покрытий обозначают как ДУ, машины и оборудование для погружения свай – СП, машины и оборудование для транспортирования материалов – Т, машины

и оборудование для строительства и реконструкции покрытий дорог – ДС, машины для эксплуатации, содержания и ремонта дорог – ДЭ, машины бурильные и бурильно-крановые – БМ, погрузчики одноковшовые – ТО, перегрузчики нерудных материалов – ТР, цементовозы – ТЦ, краны стреловые самоходные обозначают КС, коммунальные машины и оборудование для уборки и очистки городов – КО, краны самоходные строительные – КС, экскаваторы одноковшовые – ЭО, машины и оборудование дробильно-сортировочное – СМД.

Помимо этого, имеется значительный парк ручного оборудования. Различают ручной механизированный инструмент электрический (серии ИЭ), ручной инструмент пневматический (серии ИП); ручной инструмент с гидро- или пневмогидравлическим приводом (серии ИГ); ручной инструмент с двигателем внутреннего сгорания (серии ИМ); ручной инструмент, вибраторы (серии ИВ).

Общее буквенное цифровое обозначение строительных машин рассматривается в ГОСТ ИСО 22242–2016 «Машины и оборудование для дорожного строительства и обслуживания дорог. Основные виды. Идентификация и описание». Однако некоторые индексы машин часть заводов-изготовителей присваивает исходя из своих предпочтений, что существенно затрудняет их идентификацию [4].

Принадлежность к дорожному хозяйству, техническая эстетика и безопасность производства работ привели к появлению ОСТ 218.01–99 «Машины дорожные. Цветографические схемы, лакокрасочные и свето-возвращающие покрытия, опознавательные знаки и надписи». Любые дорожные машины должны быть окрашены в чисто оранжевый цвет с декоративной полосой в виде горизонтально-радиальной полосы серебристого цвета и красного цвета при соотношении 1:2 [5].

1.2. Основные технико-экономические показатели применимости дорожно-строительных машин

При обосновании возможности применимости дорожных машин, помимо их производственного и технико-экономического соответствия, необходимы критерии, по которым можно сопоставлять между собой различные типы строительных машин. На основании данных о производительности строительных машин разрабатываются технологические схемы и определяется потребность в них.

Производительность строительной машины – это произведенная машиной продукция, выраженная в единицах измерения, которую машина может выполнить в единицу времени [7].

В зависимости от условий производства работ различают следующие виды производительности машин.

Конструктивная производительность машины, которая оценивается как наибольшая производительность в данных условиях эксплуатации. Конструктивная производительность не учитывает потери при работе машины и потери времени.

В дорожно-строительной практике наибольшее распространение получили машины, имеющие циклический характер рабочего процесса. Для них производительность можно оценить по выражению

$$P_{\text{кон}} = V/T_{\text{ц}}, \quad (1.1)$$

где $P_{\text{кон}}$ – конструктивная производительность машины, м³/ч;

V – объем материала, перерабатываемый машиной за один цикл, м³;

$T_{\text{ц}}$ – время цикла машины, ч.

Для машин, имеющих непрерывный технологический процесс, конструктивная производительность может быть определена по выражению

$$P_{\text{кон}} = 3\,600Fv, \quad (1.2)$$

где F – расчетное поперечное сечение потока материала, м².

v – расчетная рабочая скорость машины, м/с;

Техническую производительность, которая оценивается как наибольшая производительность машины в данных условиях с учетом различных потерь, можно оценить по выражению

$$P_{\text{тех}} = P_{\text{кон}}K_1K_2, \dots, K_i, \quad (1.3)$$

где k_i – коэффициенты, которые оценивают потери; для всех коэффициентов $k_i < 1$.

Потери могут быть от снижения рабочих скоростей машины, от изменения структуры материалов, от степени наполнения рабочих органов и т. д.

Эксплуатационная производительность, которая оценивается как наибольшая производительность машины в данных условиях с учетом потерь рабочего времени, например, на подготовительно-заключительные работы, техобслуживание и т. п., может быть определена из выражения

$$P = P_{\text{тех}}K_{\text{в}}, \quad (1.4)$$

где $k_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, $k_{\text{в}} = 0,80 \dots 0,85$.

В строительной практике наибольшее распространение получила сменная производительность, которая учитывает количество часов работы в течение смены.

Также используют и годовую производительность, которая учитывает сезонность работы и годовой фонд рабочего времени использования машины.

Помимо расчетной эксплуатационной производительности машин, существуют и нормы выработки.

На основании хронометражных наблюдений, проведенных за работой значительного количества строительных машин одного типоразмера и класса, для усредненных, средневзвешенных условий были получены производственные (иногда называемые часовыми) нормы выработки. Их значения приведены в Единых нормах и расценках (ЕНиР) и в Ведомственных нормах и расценках (ВНиР). Полученные нормы выработки используются при разработке проектов производства работ, планирования строительных процессов и могут быть допущены только с учетом их коррекции для конкретного времени года [8].

1.3. Рабочее оборудование дорожно-строительных машин. Расчет основных параметров

Любая строительная машина состоит из базового модуля, на котором закреплен рабочий орган. Для оценки технологических возможностей базового модуля используют следующую эмпирическую зависимость:

$$G_o = (0,18...0,23)G_T, \quad (1.5)$$

где G_o – масса рабочего оборудования строительной машины, m ;

G_T – масса базового модуля, m ;

При использовании нескольких рабочих органов их масса определяется по выражению

$$G_o = (0,35...0,45)G_T, \quad (1.6)$$

При тягово-эксплуатационных расчетах необходимо знать тяговые возможности машины. В этом случае общая сцепная масса машины определится как

$$G_{сц} = G_T + G_o. \quad (1.7)$$

Тяговое усилие дорожной машины определяется условиями сцепления ходовой части с дорожной поверхностью и сравнивается с мощностью установленного двигателя на машине.

Значение силы тяги машины по условиям сцепления может быть определено по формуле

$$T_{\text{сц}} = 1000qG_{\text{сц}}\varphi_{\text{сц}}, \quad (1.8)$$

где $T_{\text{сц}}$ – сила тяги машины по условию сцепления, Н;

q – ускорение свободного падения, $q = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$G_{\text{сц}}$ – сцепная масса машины, т;

$\varphi_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления ходовой части машины с дорожной поверхностью (для гусеничных машин принять равным от 0,8 до 1,0; для колесных машин принять от 0,65 до 0,85).

Номинальная сила тяги дорожной машины может быть получена по выражению:

$$T_{\text{к}} = \frac{1000N_{\text{max}}}{V(1-\delta_{\text{в}})}, \quad (1.9)$$

где $T_{\text{к}}$ – номинальная сила тяги машины, кН;

N_{max} – мощность установленного двигателя, кВт;

V – рабочая скорость движения машины, м/с;

$\delta_{\text{в}}$ – коэффициент буксования ходовой части (для гусеничных машин принять коэффициент равным $\delta_{\text{в}} = 0,07$; для колесных машин принять $\delta_{\text{в}} = 0,20$).

Скорость движения машин может быть либо рабочей, либо скоростью холостого хода, либо транспортной.

Скорость рабочего хода назначается исходя из типа рабочего оборудования, условий его работы и тяговой возможности машины.

Скорость холостого хода и транспортная устанавливаются исходя из технологических возможностей машины и ее тяговой характеристики [9].

Средние значения скоростей приводятся в технических характеристиках машин или устанавливаются расчетным путем.

При тяговых расчетах за силу тяги строительной машины принимают наименьшее значение из двух сравниваемых величин, полученных из выражений 1.8 и 1.9.

Мощность, затрачиваемую при работе дорожно-строительной машины, определяют по выражению:

$$N = \frac{W V_p}{1000\eta}, \quad (1.10)$$

где N – мощность, затрачиваемая на перемещение машины, кВт;
 W – общее сопротивление движению машины, Н;
 V_p – рабочая скорость машины, м/с;
 η – коэффициент полезного действия трансмиссии машины, $\eta = 0,85 \dots 0,90$.

Самостоятельная работа

Ответьте на представленные в прил. 2 контрольные вопросы по теме «Общие сведения о машинах для строительства и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры лесосырьевых баз».

ГЛАВА 2. МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

В главе рассмотрены основы расчетов технологических параметров рабочих органов машин для земляных работ. Представленный материал поможет правильно выбрать роль и место дорожной машины на подготовительных и земляных работах при строительстве лесо-транспортной инфраструктуры.

2.1. Бульдозеры

Бульдозером называется землеройно-транспортная машина, состоящая из тягового модуля и бульдозерного оборудования, предназначенная для резания, копания и перемещения грунта, а также для планировки грунтовой поверхности. Имеет буквенно-цифровое обозначение ДЗ. Бульдозеры перемещают грунт на расстояния не более 50 м. Их применяют для сооружения насыпей, разработки неглубоких выемок, разравнивания грунта, засыпки траншей, ям, расчистки территории от деревьев, негабаритов, снега и других общестроительных работ.

Бульдозеры состоят из колесных или гусеничных тяговых модулей, снабженных рабочим оборудованием в виде отвала. Отвал имеет систему управления и является сменным оборудованием.

По типу ходовой части все бульдозеры подразделяются на гусеничные и колесные. Могут быть с передним отвалом и с задним расположением отвала.

По производственному признаку бульдозеры подразделяются на бульдозеры специального назначения и общего назначения. Машины специального назначения применяют для мелиоративных работ.

Бульдозеры на гусеничном ходу могут быть малогабаритными с номинальным тяговым усилием менее 30 кН, легкими с номинальным тяговым усилием до 140 кН, средними с номинальным тяговым усилием 200 кН, тяжелыми с номинальным тяговым усилием до 300 кН, сверхтяжелыми с номинальным тяговым усилием более 300 кН.

Бульдозеры подразделяются по мощности установленного двигателя: сверхтяжелые с двигателем мощностью более 200 кВт; тяжелые с двигателем мощностью до 200 кВт; средние с двигателем мощностью

до 110 кВт; легкие с двигателем мощностью от 25 до 55 кВт; малогабаритные с двигателем мощностью менее 25 кВт [4].

Основные технические характеристики бульдозеров и рабочего оборудования представлены в табл. 2.1 [6].

Таблица 2.1

Основные технические характеристики машин для строительства лесотранспортной инфраструктуры

Наименование показателя	Модель						
	ДЗ-162-1	Б-170М.01Е	ДЗ-171.1	Б-10.02Е	ДЗ-240С	ДЗ-27	ДЗ-35
Масса машины, кг	7 160	18 595	19 125	20 157	19 400	14 660	14 030
Тяговое усилие на крюке, кН	52	142	142	220	186	142	98
Мощность, кВт	70	125	125	132	176	125	118
Габариты, мм:							
длина	4 980	5 673	5 700	5 673	6 290	5 673	5 700
ширина	2 520	3 420	3 420	3 310	3 220	3 420	3 420
высота	2 650	3 065	3 065	3 110	3 550	3 065	3 065
Отвал:							
длина, мм	2 520	3 310	4 100	3 310	3 200	3 900	3 900
высота, мм	1 000	1 310	1 140	1 310	1 300	1 300	1 000
подъем, м	0,83	1,02	0,93	1,02	–	–	–
зарезание, м	0,41	0,44	–	0,44	–	–	–

Машины, у которых отвал устанавливается под углом захвата только в 90° , т. е. только перпендикулярно к направлению движения, имеют неповоротный отвал. На рис. 2.1 представлен бульдозер с поворотным отвалом.

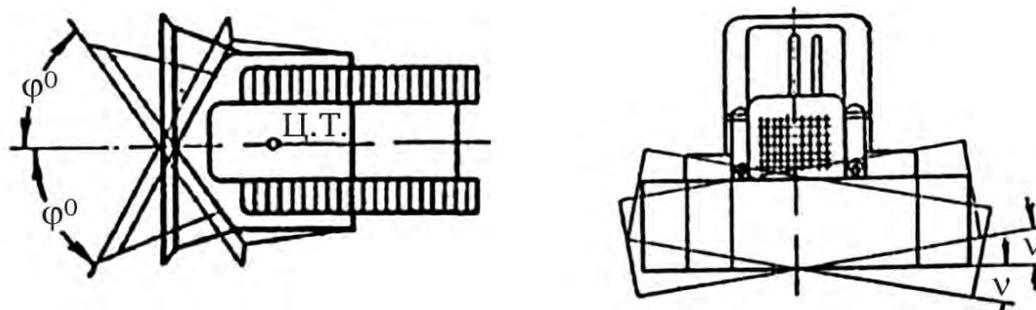


Рис. 2.1. Общая схема универсального бульдозера с поворотным отвалом

Отвал бульдозера зависит от типа машины и его значения.

Бульдозеры универсальные могут перемещать грунт либо перед собой, либо в обе стороны. Технологически это позволяет разрабатывать уступы на откосах земляного полотна и производить засыпку траншей.

Универсальный отвал крепится на тяговой раме бульдозера шаровой опорой и двумя штангами, с помощью которых изменяется угол установки отвала в поперечной и продольной плоскостях.

Бульдозеры могут иметь плоский отвал, сферический отвал, толкающий отвал, отвал с выступающими боковыми или средним ножом, отвал ящичного типа.

2.1.1. Расчет параметров отвального оборудования бульдозеров

Размеры отвального оборудования будут напрямую связаны с характеристиками тягового модуля и его технологическими возможностями. Например, длина отвала должна обеспечить возможность бульдозеру перемещаться по вырытой траншее.

Например, для универсального бульдозера длина отвала определяется исходя из размерно-габаритных параметров машины по выражению:

$$B = \Gamma + 200 / \sin \varphi, \quad (2.1)$$

где B – длина отвала универсального бульдозера, м;

Γ – габаритные размеры базового модуля, м;

φ – угол захвата бульдозерного оборудования, град.

В случае бульдозера с прямым отвалом его размер определяется по выражению:

$$B = \Gamma + 200. \quad (2.2)$$

Высота рабочего органа бульдозера определяется по следующему эмпирическому выражению:

$$H = A\sqrt[3]{0,1T_n} - 0,5T_n, \quad (2.3)$$

где H – высота отвала бульдозера, м;

A – коэффициент, учитывающий режим работы бульдозера. Для неповоротных отвалов принять значение 500, для поворотных отвалов принять значение 450;

T_n – тяговое усилие бульдозера, кН.

На рис. 2.2 представлен поперечный профиль отвального оборудования бульдозера. На рис. имеются следующие обозначения. Высота отвала H . В верхней части установлен козырек высотой H_1 . Угол резания ножа отвала δ составляет около $50...55^\circ$. Угол наклона отвала $\varepsilon - 70...90^\circ$. Угол опрокидывания ψ вырезанной грунтовой массы может изменяться от 30 до 80° . В верхней части отвала установлен козырек под углом ψ_1 . Нож отвала прямой с длиной прямолинейного участка – a . Отвальная поверхность выполнена криволинейной и имеет радиус кривизны R .

Радиус кривизны отвала R выбирается исходя из снижения общего сопротивления резанию грунта.

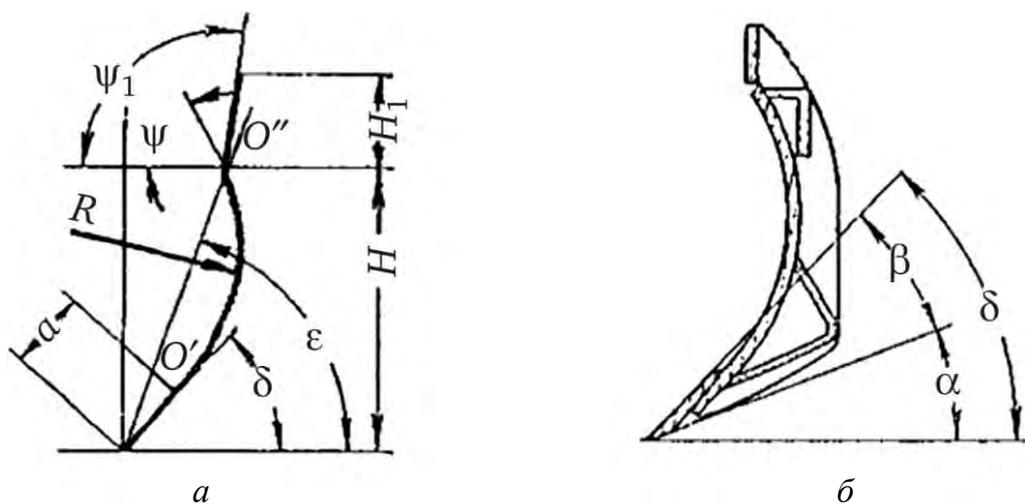


Рис. 2.2. Основные параметры отвала бульдозера:
 a – установочные углы; b – профиль отвальной поверхности бульдозера

Чаще всего форма и радиус отвала принимаются по значению кругового радиуса поверхности [10].

Радиус отвальной поверхности принимают равным $R = (0,8...0,9)H$.

Назначение верхнего расположения козырька в предохранении потерь грунта от пересыпания его через отвал. Чаще всего его высота H_1 принимается равной $(0,1...0,2)H$.

На рис. 2.2, b представлен профиль отвальной поверхности бульдозера, где, помимо угла резания δ , имеются угол заострения β и угол заострения α .

Отделенная от грунтового массива стружка грунта поднимается по криволинейной поверхности отвала и опрокидывается вперед по направлению движения бульдозера. Радиус кривизны отвала и угол опрокидывания выбираются исходя из минимальных энергозатрат на формирование призмы волочения [6].

Перед отвалом образуется так называемая призма волочения. Объем призм волочения будет полностью зависеть от параметров отвала, типа грунта и оценивается по выражению:

$$Q_{\text{пр}} = BH^2/2K_{\text{пр}}, \quad (2.4)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – объем призмы волочения грунта, м³;

B – длина отвала, м;

H – высота отвала, м;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент формы призмы волочения.

Коэффициент формы призмы волочения выбирается по табл. 2.2.

Таблица 2.2

Коэффициент формы призмы волочения бульдозера

Параметры отвала, H/B	Вид разрабатываемого грунтового материала	
	супесь	суглинок
0,15	0,70	1,15
0,30	0,80	1,20
0,35	0,85	1,25
0,45	0,90	1,30
0,45	0,95	1,50

В случае работы бульдозеров на грунтах третьей или четвертой категорий по трудности разработки необходимо использовать рабочие органы с дополнительными элементами.

На рис. 2.3 представлен отвал бульдозера с выступающими зубьями. Зубья крепятся к отвальной поверхности в нижней части режущей кромки ножа. Наименьшая ширина зуба b_3 составляет 60...80 мм. Расстояние между зубьями a_3 должно составлять не менее чем три ширины зуба.

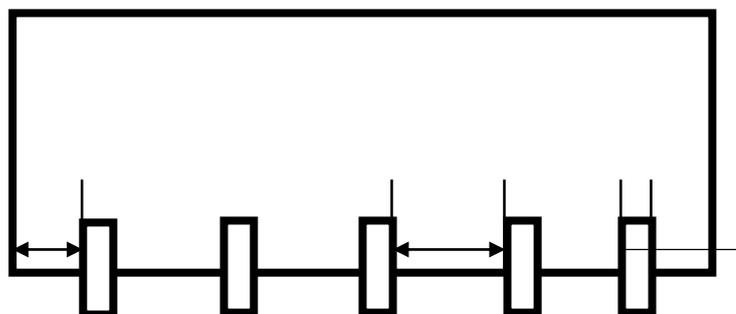


Рис. 2.3. Схема расположения дополнительных зубьев по длине отвала бульдозера

Необходимое количество зубьев по длине отвала B можно определить по выражению:

$$n = \frac{B - a_3}{e_3 + a_3}. \quad (2.5)$$

Тогда величина расположения крайнего зуба может быть определена как

$$a_{\kappa} = \frac{B - ne_3 - (n-1)a_3}{2}. \quad (2.6)$$

Параметры отвала с выступающими боковыми зубьями могут быть определены аналогично.

2.1.2. Основы тяговых расчетов бульдозеров

Тяговый расчет бульдозеров необходим для проверки технологической возможности обеспечения работы машины в данных условиях эксплуатации. В основе тягового расчета лежит баланс внешних сил сопротивления, которые преодолевает бульдозер и его тяговые возможности [9].

В процессе работы бульдозер преодолевает различные виды сопротивлений движению. Суммарное усилие, которое преодолевает бульдозер в процессе работы, можно представить в виде выражения:

$$W = W_p + W_{\Pi} + W_B + W_o + W_M, \quad (2.7)$$

где W – общее сопротивление движению, которое преодолевает машина, кН;

W_p – усилие, преодолеваемое бульдозером от резания и копания грунта, кН;

W_{Π} – усилие, преодолеваемое бульдозером от перемещения призмы волочения перед отвалом, кН;

W_B – усилие, преодолеваемое бульдозером от перемещения грунтового материала вверх по отвальной поверхности, кН;

W_o – усилие, преодолеваемое бульдозером от перемещения грунтового материала вдоль по отвалу, кН;

W_M – усилие, преодолеваемое бульдозером от перемещения машины, кН.

Для оценки сопротивления резанию грунтов обычно используют формулу профессора А. Н. Зеленина, которая учитывает параметры отвальной поверхности [6]:

$$W_p = qCh^{1,35} (1 + 2,6B)(1 + 0,01\delta) \sin \varphi, \quad (2.8)$$

где q – ускорение свободного падения, $q = 9,81 \text{ м/с}^2$;
 C – количество ударов зонда плотномера У-1 СоюзДорНИИ;
 h – толщина вырезаемой стружки, м;
 B – длина плоского ножа отвала, м;
 δ – угол резания плоского ножа отвала, град.;
 φ – угол захвата отвала бульдозера, град.

В случае применения отвала, снабженного зубьями, величина сопротивления от резания грунта может быть определена по выражению:

$$W_p = qCh^{1,35} (1 + 2,6B)(1 + 0,01\delta) z\mu_z, \quad (2.9)$$

где z – коэффициент снижения усилия резания. Для бульдозеров принять $z = 1,0 \dots 1,25$;

μ_z – коэффициент заострения зуба, $\mu_z = 0,8 \dots 1,0$.

Для практических расчетов тяговых способностей бульдозеров усилие от резания и копания грунта определяют по эмпирической формуле:

$$W_p = k_p B h \sin \varphi, \quad (2.10)$$

где k_p – удельное сопротивление грунта резанию, кН/м^2 ;

B – длина отвала бульдозера, м;

h – глубина резания грунта, м;

φ – угол захвата отвала бульдозера, град.

Усилие, преодолеваемое бульдозером от перемещения призмы волочения перед отвалом бульдозера, можно определить по выражению:

$$W_n = gG_{np} (f_1 \pm i) \sin \varphi, \quad (2.11)$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

G_{np} – масса призмы волочения перед отвалом, кг;

f_1 – коэффициент трения грунта в призме волочения о грунт, принять $f_1 = 0,7 \dots 1,0$;

i – уклон участка производства работ, %.

Общую массу грунта, находящегося в призме волочения перед отвалом, можно оценить по выражению:

$$G_{\text{пр}} = Q_{\text{пр}}\gamma,$$

где γ – плотность или удельный вес грунта, принять $\gamma = 1400 \dots 1600$ кг/м³;

$Q_{\text{пр}}$ – объем призмы волочения грунтового материала перед отвалом (определяем по выражению 2.4).

Усилие, преодолеваемое бульдозером от перемещения грунтового материала вверх по отвальной поверхности, можно определить по выражению:

$$W_{\text{в}} = qG_{\text{пр}}f_2 \cos^2 \delta \sin \varphi, \quad (2.12)$$

где f_2 – коэффициент трения грунтового материала по стальной поверхности отвала, для общестроительной практики принять $f_2 = 0,5 \dots 0,8$.

Усилие, преодолеваемое бульдозером от перемещения грунтового материала вдоль по отвалу можно определить по выражению:

$$W_{\text{о}} = qG_{\text{пр}}f_1f_2 \cos \varphi, \quad (2.13)$$

где f_2 – коэффициент трения грунта по стальной поверхности отвала, принять $f_2 = 0,5 \dots 0,7$.

Усилие, преодолеваемое бульдозером от перемещения, можно определить по выражению:

$$W_{\text{м}} = qG_{\text{ДМ}}(f_0 \pm i), \quad (2.14)$$

где $G_{\text{ДМ}}$ – снаряженная масса машины, кг;

f_0 – коэффициент сопротивления перемещению бульдозера. Для гусеничных машин принять $f_0 = 0,08 \dots 0,25$, для колесных – $f_0 = 0,05 \dots 0,20$.

Полученное значение полного сопротивления W следует сравнить с номинальным тяговым усилием бульдозера $T_{\text{н}}$. В случае, если условие $W > T_{\text{н}}$ не выполняется, необходимо уменьшить общие силы сопротивления, а именно уменьшить толщину вырезаемой стружки грунта h . После корректировки необходимо вновь определить значения сопротивлений $W_{\text{р}}$ и W таким образом, чтобы было условие $T_{\text{н}} \geq W$ было выполнено.

Для оценки тяговых возможностей бульдозеров по критерию затраченной мощности ее необходимо оценить по формуле 1.10.

В случае, если условие $N > N_{дв}$ не выполняется, необходимо уменьшить рабочую скорость бульдозера V_p до величины, когда условие $N_{дв} \geq N$ будет выполнено.

2.1.3. Технологические особенности и приемы работы бульдозеров

В процессе производства работ по резанию и перемещению грунтов выполняются следующие технологические операции.

А – рабочий ход бульдозера, при котором осуществляется резание грунтов и формирование призмы волочения. Б – остановка бульдозера для разгрузки и переключения передачи на задний ход. В – задний холостой ход.

Разработка грунтов бульдозером состоит из следующих операций. Операция внедрения отвала в грунт и набор призмы волочения. Работа от себя (рис. 2.4, а). Разравнивание грунта, работа на себя (рис. 2.4, б). Разравнивание и укладка грунта отдельными кучами (рис. 2.4, в). Перемещение и укладка грунта в полуприжим (рис. 2.4, г). Перемещение и укладка грунта в прижим (рис. 2.4, д) [8].

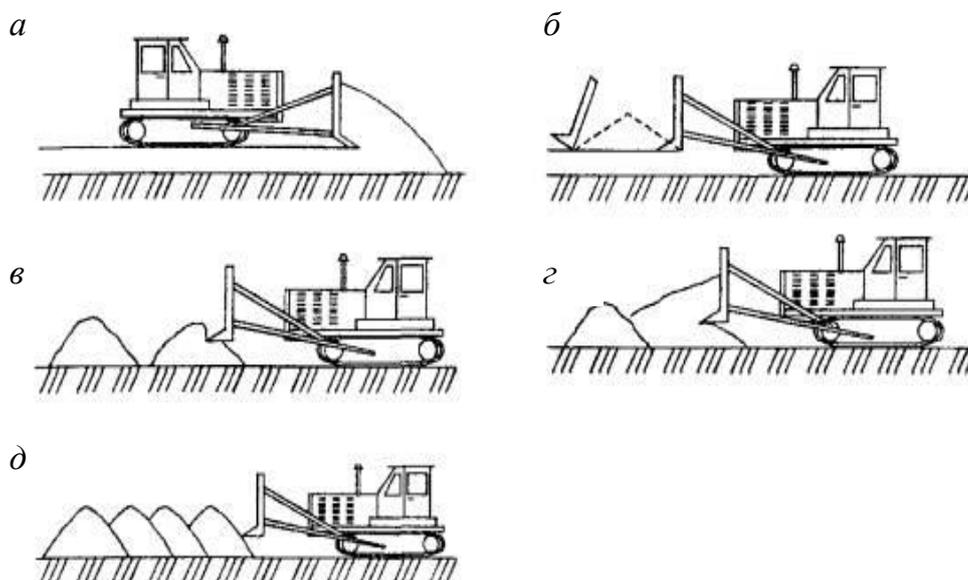


Рис. 2.4. Технологическая последовательность выполнения рабочих операций, выполняемых бульдозером при разработке грунтов:
а – от себя; б – на себя; в – отдельными кучами; г – в полуприжим; д – в прижим¹

¹ Чичерин В. Технологическая карта на планировку и уплотнение ПГС // Строительные конструкции. Блог инженера : [сайт]. URL: <https://verrsus.wordpress.com/2014/12/14/technologicheskaya-karta-na-planirovku-i-uplotnenie-pgs-2/> (дата обращения: 10.02.2025).

В зависимости от категории грунтов по трудности разработки и вида грунтов, а также от уклонов на местности, рассматриваются следующие схемы: прямослойная, клиновья, гребенчатая.

На рис. 2.5, *а* представлена схема прямослойного резания грунтов бульдозером. Представленный технологический процесс применяется только для средних по трудности разработки грунтов. Обычно это несвязные грунты, супеси или суглинки легкие.

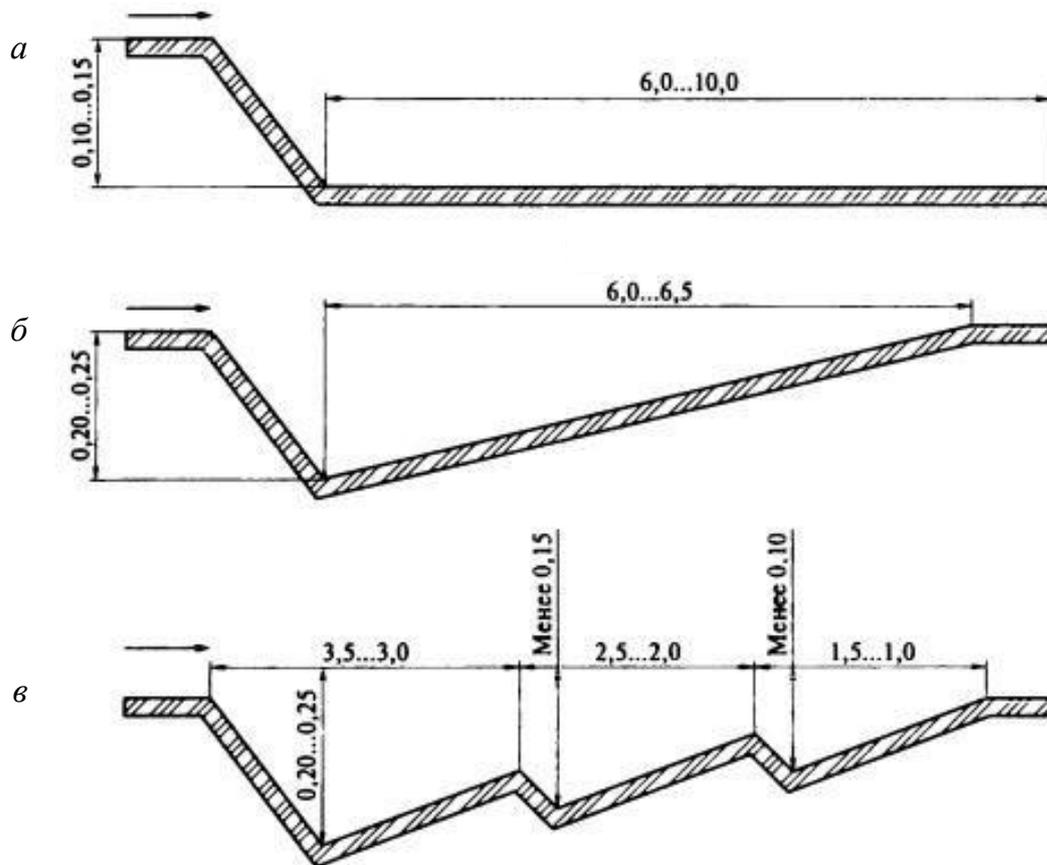


Рис. 2.5. Схемы резания грунта бульдозером:
а – прямослойное зарезание; *б* – клиновое зарезание;
в – гребенчатое зарезание

Порядок выполнения работ по представленной схеме следующий. В начальный период резания отвал заглубляется на толщину стружки около 10...15 см при постоянном движении бульдозера. Происходит постепенный набор грунтовой призмы волочения. Бульдозерный отвал поднимается, и производится перемещение грунта. Общая длина пути набора призмы волочения и резания будет зависеть от толщины вырезаемой стружки, размеров отвала и потерь грунта при транспортировке.

При работе бульдозеров на легких по трудности разработки грунтах чаще всего используется схема клинового зарезания. На рис. 2.5, б представлена данная схема. В процессе выполнения работ отвал заглубляется на максимально возможную глубину – обычно 25...30 см, – и при движении машины вперед проводится отделение грунта с уменьшением толщины стружки. Преимущество такой схемы заключается в быстром наборе грунта, наилучшем использовании мощности бульдозера, увеличении объема призмы волочения перед отвалом за счет меньшего разрыхления.

Для трудных по способу разработки грунтов используется гребенчатое зарезание. На рис. 2.5, в представлена схема работы бульдозера по данной схеме.

Сравнительная эффективность использования различных схем резания грунтов бульдозерами представлена в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Сравнительная эффективность схем резания грунта бульдозером

Схема резания грунта бульдозером	Грунтовые условия применения	Использование мощности двигателя, %	Время набора грунта, с
Прямослойное резание	Все виды грунтов	от 50 до 60	20
Клиновое резание	Грунты легкие	100	5
Гребенчатое резание	Грунты трудные	от 85 до 90	15

Схемы резания грунтов будут оказывать влияние не только на степень загрузки двигателя бульдозеров, но и на время цикла, т. е. на его производительность.

2.1.4. Оценка эксплуатационная производительности бульдозеров на земляных работах

В процессе разработки технологической последовательности производства работ возникает необходимость в оценке производительности строительных машин. Как было показано в гл. 1, эффективность использования машины может быть оценена ее выработкой в смену.

Чаще всего эксплуатационную производительность бульдозера на земляных работах оценивают по выражению [6]:

$$\Pi = \frac{3600 K_v Q_{\text{пр}} K_n K_{\text{п}}}{t_{\text{ц}} K_{\text{ра}}}, \quad (2.15)$$

где Π – производительность бульдозера эксплуатационная, м³/ч;

K_v – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_v = 0,8 \dots 0,9$;

$Q_{\text{пр}}$ – объем призмы волочения перед отвалом, м³;

K_n – коэффициент, учитывающий степень полноты призмы волочения. При рабочем ходе на подъем от 5 до 25° принять $K_n = 0,67 \dots 1,40$. При рабочем ходе на спуск от 5 до 25° принять $K_n = 1,33 \dots 2,68$;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент потерь грунта от его осыпания из призмы волочения;

$$K_{\text{п}} = 1 - 0,005 l_{\text{п}},$$

где $l_{\text{п}}$ – среднее расстояние перемещения грунта бульдозером, м;

$K_{\text{ра}}$ – коэффициент разрыхления грунта, принять $K_{\text{ра}} = 1,1 \dots 1,3$;

$t_{\text{ц}}$ – время рабочего цикла, с;

$$t_{\text{ц}} = \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_n}{v_n} + \frac{l_p + l_n}{v_{\text{хх}}} + 2t_n + t_o + t_c, \quad (2.16)$$

где v_p – рабочая скорость бульдозера при резании грунта, м/с;

v_n – рабочая скорость бульдозера при перемещении грунта, м/с;

$v_{\text{хх}}$ – рабочая скорость бульдозера при холостом ходе, м/с;

t_n – время переключения передачи машины, $t_n = 10 \dots 20$ с;

t_o – время опускания отвала бульдозера, $t_o = 1 \dots 2$ с;

t_c – время подъема отвала, $t_c = 4 \dots 5$ с.

В случае средней дальности перемещения грунта до 50 м принять скорости движения: $v_n = v_{\text{хх}} = 1,1 v_p$.

l_p – длина набора призмы волочения при резании грунта:

$$l_p = \frac{Q_{\text{пр}} K_n K_{\text{ВП}}}{K_{\text{ра}} B h}, \quad (2.17)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – объем призмы волочения перед отвалом, м³;

K_n – коэффициент, учитывающий степень полноты призмы волочения;

$K_{\text{ВП}}$ – коэффициент, учитывающий потери грунта из призмы волочения;

$K_{ра}$ – коэффициент разрыхления грунта
 B – длина отвала бульдозера, м;
 h – толщина вырезаемой стружки грунта, м.

2.1.5. Оценка эксплуатационной производительности бульдозеров на планировочных работах

Чаще всего эксплуатационную производительность бульдозера на планировочных работах оценивают по выражению [7]:

$$\Pi = \frac{3600K_B L (B \sin \varphi - a_{\Pi})}{\left(\frac{L}{v_p} + t_{\Pi}\right) n}, \quad (2.18)$$

где Π – производительность бульдозера эксплуатационная, м²/ч;
 K_B – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_B = 0,8 \dots 0,9$;
 L – длина разрабатываемого участка, м;
 B – длина отвала, м;
 φ – угол захвата отвала бульдозера, град.;
 a_{Π} – полоса перекрытия между соседним следом, для бульдозера принять $a_{\Pi} = 0,15 \dots 0,20$ м;
 v_p – рабочая скорость бульдозера при планировочных работах, м/с;
 t_{Π} – время разворота бульдозера в конце участка, принять $t_{\Pi} = 10 \dots 20$ с;
 n – число проходов бульдозера по одному следу, принять $n = 1 \dots 2$.

2.2. Скреперы

Землеройно-транспортная строительная машина для послойной разработки грунтов, их транспортировки и послойной укладки называется *скрепером*. Основным оборудованием скрепера является ковш, на днище которого закреплен нож. Вспомогательными элементами скрепера служат его рама, механизмы управления и соединительные элементы.

В строительном производстве скреперы используются для возведения насыпей, дамб, разработки выемок, выполнения вскрышных работ. В дорожном строительстве активно используются для сооружения

земляного полотна. Они успешно конкурируют с экскаваторными комплексами по эффективности и стоимости разработки грунтов.

Все выпускаемые скреперы подразделяются на самоходные, прицепные и полуприцепные [7, 11]. Скреперы принято классифицировать по емкости ковша, способам загрузки и разгрузки ковша и по типу заслонки.

Основные схемы скреперов приведены на рис. 2.6. Самоходные скреперы чаще всего выпускаются в колесном исполнении. Прицепные скреперы всегда работают только с гусеничными тракторами. Полуприцепные скреперы обычно комплектуются одноосными тягачами.

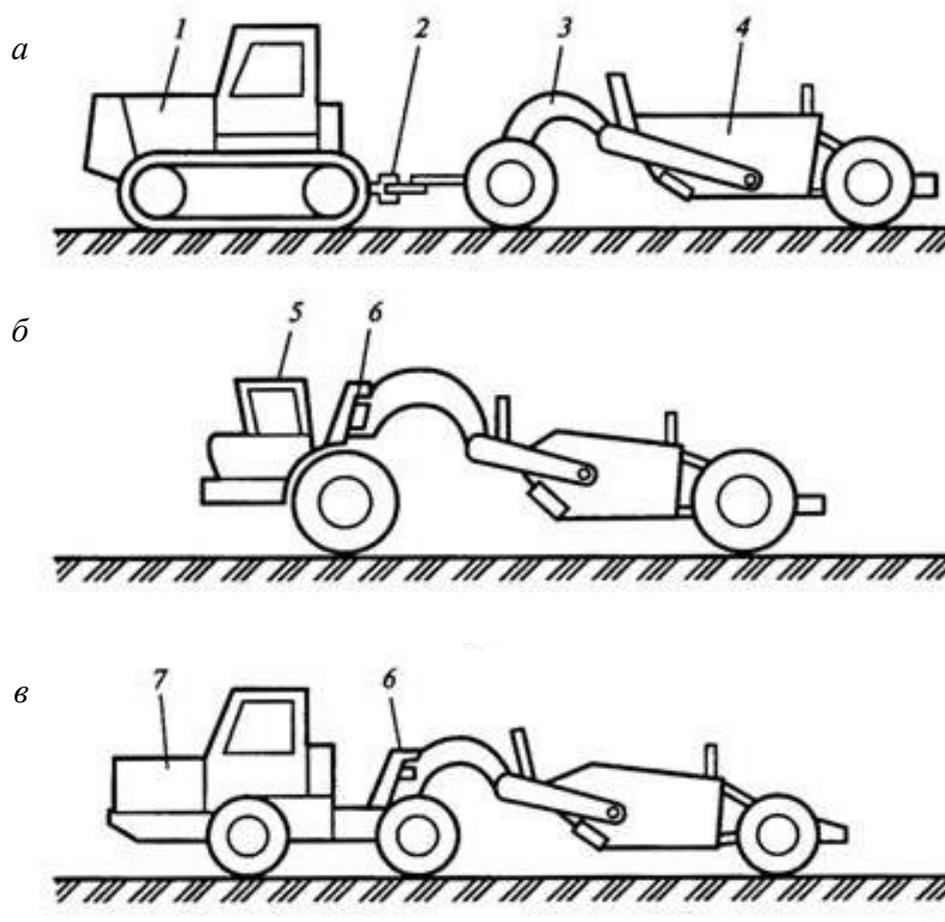


Рис. 2.6. Виды скреперного оборудования:

а – прицепной скрепер; *б, в* – полуприцепной скрепер;

1 – тягач; *2* – прицепное устройство; *3* – дышло; *4* – ковш скрепера;

5 – одноосный тягач; *6* – сцепное устройство силовая установка;

7 – двухосный тягач²

² Рубцов В. Основное о скреперах: описание, классификация, назначение техники // Техно magazine : информационно-аналитическое сетевое издание. URL: <https://t-magazine.ru/pages/scrapers/> (дата обращения: 10.02.2025).

На рис. 2.7 представлен полуприцепной скрепер на базе одноосного тягача. Полуприцепные скреперы обладают высокой маневренностью и способны развивать большие транспортные скорости.

В зависимости от геометрической емкости ковша скреперы различают большой емкости с ковшом более 15 м³, скреперы средней емкости до 15 м³ и малой емкости до 5 м³.

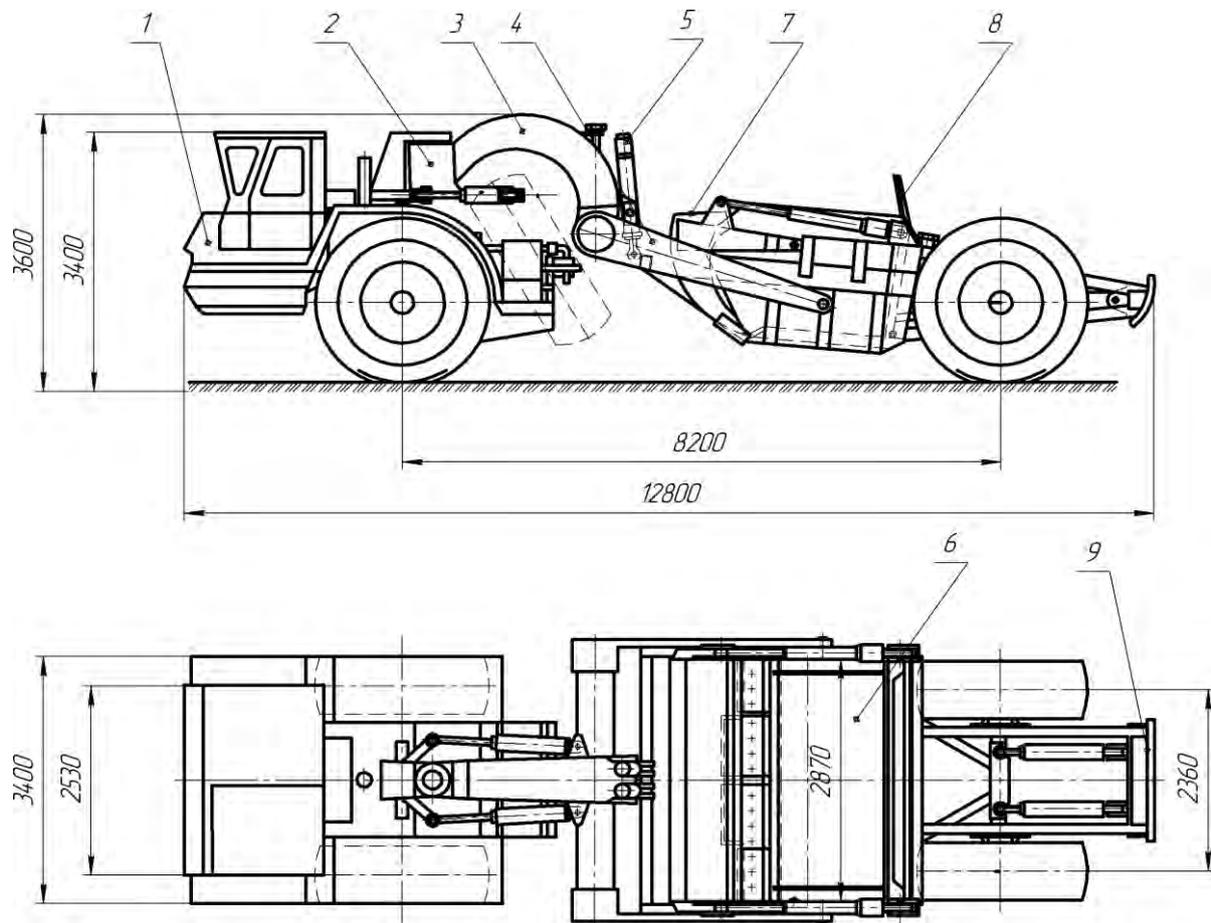


Рис. 2.7. Схема скрепера:

- 1 – тягач; 2 – поворотно-сцепное устройство; 3 – дышло;
 4, 5 – гидроцилиндры; 6 – ковш; 7 – заслонка; 8 – задняя стенка;
 9 – буксир³

Транспортировка грунтов прицепными скреперами ограничена скоростными возможностями тяговых гусеничных тракторов и редко используется на дистанциях свыше 500 м. В то же время самоходные колесные скреперы развивают скорость до 50 км/ч и используются при расстоянии транспортировки до 8 км.

³ Скреперы // 2D-3D.ru : [сайт]. URL: <https://www.2d-3d.ru/2d-galereia/skreperi/> (дата обращения: 10.02.2025).

По системе управления скреперы различают с механическим управлением и с гидравлическим. Предпочтение следует отдать гидравлическому управлению. Данная система управления позволяет проводить работы на тяжелых грунтах и сокращать время набора ковша.

Технические характеристики наиболее распространенных скреперов приведены в табл. 2.4 [8].

В передней части ковша имеется заслонка (7) (рис. 2.7), которая увеличивает его геометрическую емкость, обеспечивает необходимый для наполнения ковша напор грунта и закрывает ковш в транспортном положении. Заслонки могут быть самооткрывающимися или управляемыми.

Таблица 2.4

Технические характеристики скреперов

Показатели	Марка машины			
	ДЗ-172.1	СП-172	МОАЗ-6014 ДЗ-87-1	ДЗ-13Б
Геометрический объем ковша скрепера, м ³	8,8	8,8	8,3	16
Грузоподъемность, т	16,5	16,5	16,0	30,0
Базовая машина	Т-170.01	Т-170.01	МОАЗ	БелАЗ 7472
Мощность двигателя, кВт	125	125	165	265
Скорость передвижения, км/ч	10,1	10,1	44	50
Ширина резания, мм	2 754	2754	2820	430
Глубина зарезания, мм	170	170	150	200
Толщина слоя отсыпки, мм	400	400	450	510
Габаритные размеры, мм:				
длина	14 330	9 915	11 215	12 900
ширина	3 150	3 150	3 245	3 650

Подъем и фиксирование в определенном положении управляемой заслонкой производится с помощью специального гидропривода, что, по сравнению с плавающей, обеспечивает наилучшее наполнение ковша.

2.2.1. Расчет параметров рабочего оборудования скреперов

К основным параметрам оборудования для скреперов можно отнести – геометрическую емкость ковша, форму ковша, способ загрузки и разгрузки, конструктивные размеры, массу скрепера.

Форма и вид ковша определяются видом работ, для которых предназначен скрепер. Например, в случае больших транспортных расстояний емкость ковша должна быть максимальной [7].

Общая схема скреперного ковша представлена на рис. 2.8. Ковш имеет сложную геометрическую форму.

Наименьшее значение ширины рабочего оборудования скрепера можно определить как

$$B_k = K + B_{ш} + 2\Delta\epsilon, \quad (2.19)$$

где B_k – длина режущей кромки скрепера, мм;

K – ширина колеи тягача скрепера, мм;

$B_{ш}$ – размер колеса, мм;

$\Delta\epsilon$ – зазор между внутренней поверхностью колеса и боковой стенкой ковша, $\Delta\epsilon = 30 \dots 60$ мм.

В процессе работы по заполнению ковша скрепера выделяют три фазы.

Первая фаза. Грунт, отделенный от массива, перемещается по днищу и достигает задней стенки ковша. При этом происходит заполнение нижней части ковша.

Вторая фаза заполнения. Вырезанный грунт заполняет ковш и объем перед заслонкой.

Третья фаза заполнения. Вырезанный грунт не может заполнить объем ковша и продавливается вновь поступающим грунтом через грунт, находящийся в ковше. В этом случае сопротивление наполнению резко возрастает.

На сопротивление наполнению существенное влияние оказывает высота ковша H_k (см. рис. 2.8).

Считается, что сопротивление наполнению ковша подчиняется кубической зависимости.

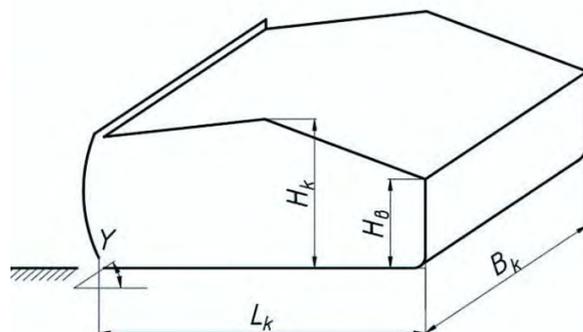


Рис. 2.8. Общая схема скреперного ковша:

B_k – ширина ковша; L_k – длина ковша; H_k – высота ковша;

H_3 – высота задней стенки ковша; Y – угол резания

Исходя из геометрических объемов ковша можно найти наибольшую длину ковша скрепера по формуле:

$$L_k \approx \sqrt{\frac{V10^3}{\alpha' B_k}}, \quad (2.20)$$

где L_k – длина ковша скрепера, м;

V – геометрическая емкость ковша, м³;

α' – коэффициент, который зависит от емкости ковша и выбирается по табл. форме ниже.

Высоту ковша скрепера можно найти выражению:

$$H_k \approx \sqrt{\frac{\alpha' V 10^3}{B_k}}, \quad (2.21)$$

где H_k – высота ковша, м;

V – геометрическая емкость ковша, м³;

α' – коэффициент, который зависит от емкости ковша и выбирается по табл. форме ниже.

Ковшовый рабочий орган небольшой высоты предпочтительней. Поэтому при обосновании геометрической высоты ковша H_k ориентировочно принимают $H_k = (0,4 \dots 0,6) B_k$.

Длина ковша не должна превысить значения $L_k = (1,4 \dots 1,8) H_k$.

Высота задней стенки ковша не должна превысить значения $H_3 = (0,4 \dots 0,5) H_k$. После выбора основных параметров ковша следует проверить его геометрический объем по формуле $V = \alpha' L_k B_k H_k$.

На рис. 2.9, а представлен нож прямоугольной формы шириной B .

Коэффициент емкости ковша скрепера

Емкость ковша V^3	Значение коэффициента α'
4...6	1...0,816
6...8	0,91...0,8
10...12	0,96...0,85
15...18	1,0

Для ступенчатого ножа, представленного на рис. 2.9, б, выступающая режущая кромка принимается в зависимости от общей ширины ножа по соотношению $B_1 = (0,2 \dots 0,3) B$.

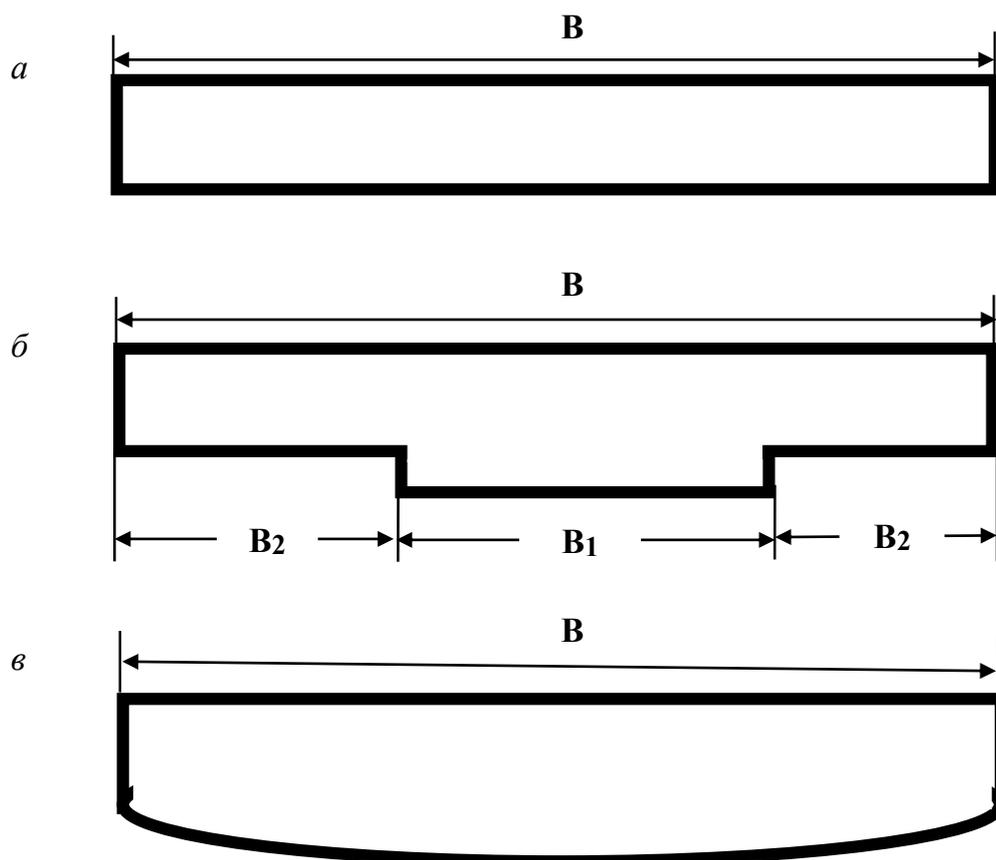


Рис. 2.9. Формы режущей кромки ковша скрепера:
 а – прямоугольная форма режущей кромки; б – ступенчатая форма режущей кромки; в – полукруглая форма режущей кромки

Для полуприцепных скреперов массу машины ориентировочно принимают по выражению $G_c \approx (0,9 \dots 1,3)V$, т. Скреперы с элеваторной загрузкой имеют значительную массу и применяются только в горно-рудной промышленности.

2.2.2. Основы тяговых расчетов скреперов

В процессе работы скрепер преодолевает различные виды сопротивлений. Суммарное усилие, которое преодолевает скрепер в процессе работы, можно представить в виде выражения [7]:

$$W = W_{рн} + W_{пз} + W_{нк} + W_{м}, \quad (2.21)$$

где W – общее сопротивление движению, которое преодолевает машина, кН;

$W_{рн}$ – усилие, преодолеваемое скрепером от резания грунта ножом, кН;

$W_{пз}$ – усилие, преодолеваемое скрепером от перемещения призмы волочения перед заслонкой, кН;

$W_{нк}$ – усилие, преодолеваемое скрепером от наполнения ковша грунтом, кН;

W_m – усилие, преодолеваемое скрепером от перемещения машины, кН.

Наиболее известно выражение, по которому оценивают сопротивление, возникающее при резании грунтов плоским ножом скрепера [9]:

$$W_1 = qCh^{1,35}(1 + 2,6B)(1 + 0,0075\delta)(1 + 0,03S)V_0\mu, \quad (2.22)$$

где q – ускорение свободного падения, $q = 9,81 \text{ м/с}^2$;

C – количество ударов плотномера СоюзДорНИИ;

h – толщина стружки, м;

B – длина плоского ножа, м;

δ – угол резания плоского ножа, град.;

S – толщина стенок ковша скрепера, см;

V_0 – коэффициент снижения усилия от величины заострения боковых стенок ковша;

μ – коэффициент снижения усилия при заблокированном резании грунт, принять $\mu = 1,0$, коэффициент снижения усилия при свободном резании принять $\mu = 0,5$.

При тяговых расчетах скреперов усилие, преодолеваемое скрепером от резания и наполнения ковша грунтом, определяют по эмпирической формуле:

$$W_{рн} = k_{рн}Bh, \quad (2.23)$$

где $k_{рн}$ – удельное сопротивление грунта резанию, кН/м²;

B – длина плоского ножа, м;

h – толщина стружки, м;

Усилие, преодолеваемое скрепером от перемещения призмы волочения перед заслонкой, определяют по выражению:

$$W_{пз} = qk_{оп}BH^2\gamma f_2, \quad (2.24)$$

где q – ускорение свободного падения, $q = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$k_{оп}$ – коэффициент, учитывающий объем призмы волочения перед заслонкой;

H – высота ковша скрепера, м;

γ – плотность грунта, кг/м³;

f_2 – коэффициент трения грунтового материала по стальной поверхности отвала, для строительной практики принять $f_2 = 0,5 \dots 0,8$.

Усилие, преодолеваемое скрепером от наполнения ковша грунтом, определяют по выражению:

$$W_{пз} = qBhH\gamma + qBH^2\gamma\lambda, \quad (2.25)$$

где q – ускорение свободного падения, $q = 9,81 \text{ м/с}^2$;

B – длина плоского ножа, м;

h – толщина стружки, м;

H – высота ковша скрепера, м;

γ – плотность грунта, кг/м^3 ;

λ – коэффициент трения грунта о грунт с учетом стенок ковша скрепера.

Усилие, преодолеваемое скрепером от перемещения машины, зависит от типа скрепера. Для скрепера самоходного усилие определяют по формуле:

$$W_{м} = q(G_{с} + G_{г})10^3(f_{о} \pm i), \quad (2.26)$$

где q – ускорение свободного падения, $q = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$G_{с}$ – масса скрепера, кг;

$G_{г}$ – масса грунта в ковше скрепера, кг;

$f_{о}$ – коэффициент сопротивления перемещению скрепера бульдозера.

i – уклон рабочего участка, %.

Полученное значение полного сопротивления W следует сравнить с номинальным усилием тягача $T_{н}$. В случае $W > T_{н}$ необходимо уменьшить силы сопротивления движению, а именно уменьшить толщину вырезаемой стружки грунта h . После корректировки необходимо вновь определить значения сопротивлений W_1 и W таким образом, чтобы было выполнено условие $T_{н} \geq W$.

В случае оценки возможности применения данного тягача необходимую мощность для его перемещения определяют по формуле 1.10. Расчетное значение сравнить с паспортной мощностью двигателя. В случае невыполнения неравенства $N > N_{дв}$ необходимо снизить рабочую скорость скрепера V_p до величины, когда $N_{дв} \geq N$.

2.2.3. Технологические особенности проведения скреперных работ

В процессе работы скрепер осуществляет ряд технологических операций. В забое скрепер по предварительно разрыхленному участку совершает поступательное движение вперед. При этом происходит

опускание ковша ниже уровня забоя. Происходит отделение стружки грунта от массива и перемещение его по плоскому ножу, а затем по днищу ковша. Поступательное движение скрепера вперед обеспечивает наполнение ковша грунтом. По мере наполнения ковш поднимается, происходит закрытие заслонки, и машина транспортирует грунт к месту разгрузки. Происходит разгрузка грунта с послойным разравниванием и возвращение машины в забой.

Для облегчения технологических операций грунт предварительно разрыхляют [8].

Мощность двигателя скрепера подбирается из условий среднего сопротивления наполнения ковшу.

В этом случае в технологический процесс включаются специальные тракторы-толкачи. Обычно на два или четыре скрепера используется один бульдозер.

Скорость рабочего хода скрепера зависит от условий эксплуатации и типа машины. Наибольшей скоростью перемещения обладают самоходные машины. Их используют на значительных расстояниях перевозки.

Наименьшую скорость перемещения показывают прицепные машины.

Дистанция набора грунта представлена в табл. форме ниже.

При разработке грунтов в скреперный отряд включают специальные тракторы. Это бульдозеры с прямым отвалом. Они подталкивают скрепер сзади во время заполнения ковша. Состав отряда представлен в табл. 2.5.

Ориентировочные значения дистанции
набора грунта скреперами

Геометрическая вместимость ковша скрепера, м ³	до 3	до 4,5	до 6	до 7	до 8	до 10	до 15
Длина набора грунта в ковш, м	12	15	18	20	22	26	35

Производительность скрепера зависит также от затрат времени на движение скрепера от места набора грунта до места его разгрузки и обратно. Она устанавливается в соответствии с рельефом местности, расположением мест набора и выгрузки грунтов.

Таблица 2.5

Состав скреперного отряда, обслуживаемого одним бульдозером-толкачем

Расстояние транспортировки грунта, км	Число машин в скреперном отряде при емкости ковша, м ³		
	до 6	до 10	до 15
0,1	2	2	–
0,25	4	3	2
0,5	5	4	3
0,7	–	6	4
1,0 и более	–	–	6

Скреперами успешно разрабатывают грунты I и II групп по трудности разработки. При этом прочные грунты предварительно разрыхляют [6].

Схемы рабочего движения скреперов зависят от вида земляных работ и типоразмеров скреперов. Наибольшее распространение получили следующие технологические схемы перемещения скреперов: эллиптическая, спиральная, схема в виде восьмерки, челночно-поперечная, челночно-продольная [12].

Эллиптическая схема движения скрепера (рис. 2.10) используется во всех случаях при сооружении насыпей или земляного полотна высотой до 2 м.

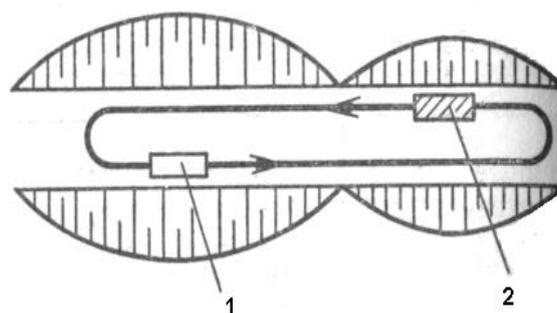


Рис. 2.10. Основная схема работы скрепера по эллиптической схеме работы:
1 – зона погрузки грунта, забой; 2 – место разгрузки⁴

⁴ Технология скреперных работ // StudFiles : [сайт]. URL: <https://studfile.net/preview/7819552/page:8/> (дата обращения: 10.02.2025).

Схема спиральная используется для сооружения больших земляных насыпей и представлена на рис. 2.11.

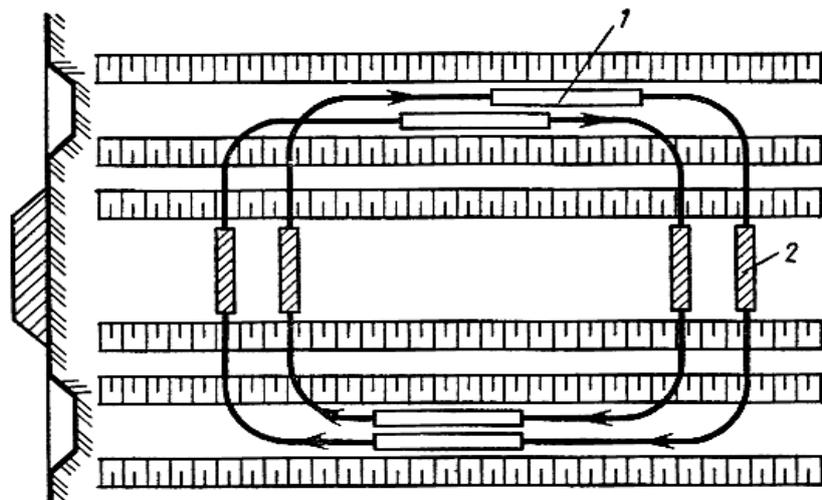


Рис. 2.11. Технологическая схема разработки грунтов скреперами по спирали:
1 – забой; 2 – разгрузка грунта⁵

Схему движения скрепера по восьмерке (рис. 2.12) используют в тех же условиях, что и эллиптическую.

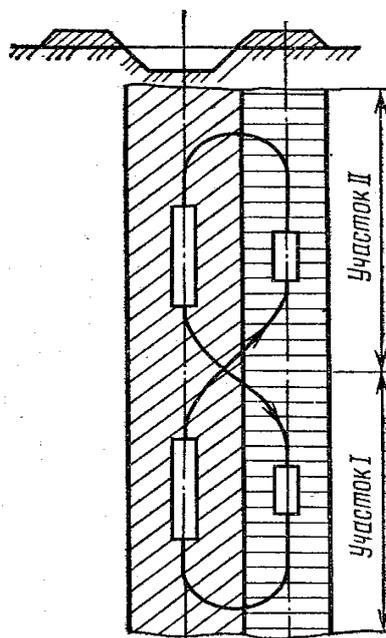


Рис. 2.12. Технологическая схема разработки грунтов скреперами по восьмерке⁶

⁵ Технология скреперных работ // StudFiles : [сайт]. URL: <https://studfile.net/preview/7819552/page:8/> (дата обращения: 10.02.2025).

⁶ Там же.

В случае возведения насыпей выше 10 м используют технологическую схему по зигзагу, представленную на рис. 2.13. При использовании скрепера по этой схеме изменятся количества разворотов и дальность транспортировки грунта.

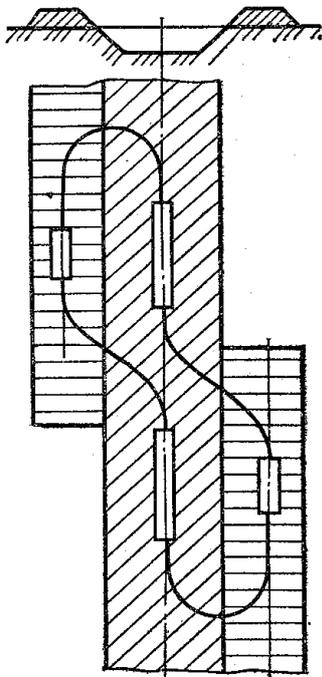


Рис. 2.13. Технологическая схема разработки грунтов скреперами по зигзагу⁷

Схема челочно-поперечного движения скрепера, представленная на рис. 2.14, используется для возведения невысоких насыпей.

По сравнению с эллиптической схемой, производительность скрепера возрастает на 20–25 %.

Схема челочно-продольная, представленная на рис. 2.15, применяется при возведении высоких насыпей с заложением откоса при соотношении 1:2.

При планировке поверхностей земляного полотна используют эллиптическую, спиральную и челочно-поперечную схемы движения скреперов.

Производство земляных работ скреперами в холодное время года обеспечивается предварительным разрыхлением грунтов машинами для подготовительных работ.

⁷ Технология скреперных работ // StudFiles : [сайт]. URL: <https://studfile.net/preview/7819552/page:8/> (дата обращения: 10.02.2025).

При разработке технологии сооружения высоких насыпей необходимо предусмотреть специальные технологические заезды. Любые изменения в технологии разработки грунтов скреперами приведут к увеличению средней транспортировки грунта.

Скорость перемещения груженого и порожнего скрепера зависит от тяговых возможностей модуля и условий эксплуатации машины.

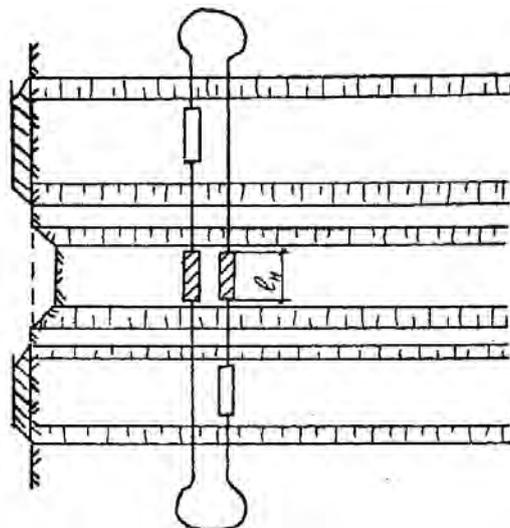


Рис. 2.14. Технологическая схема разработки грунтов скреперами челночно-поперечным способом⁸

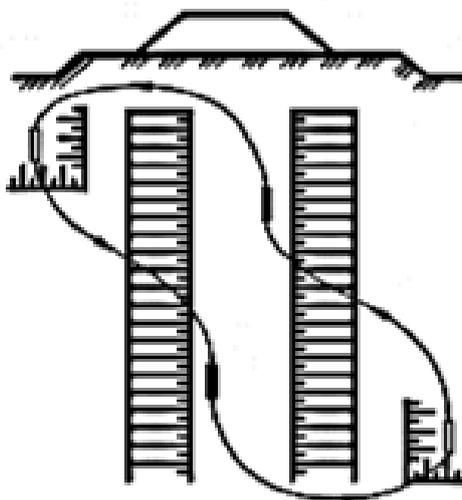


Рис. 2.15. Технологическая схема разработки грунтов скреперами челночно-продольным способом⁹

⁸ Технология скреперных работ // StudFiles : [сайт]. URL: <https://studfile.net/preview/7819552/page:8/> (дата обращения: 10.02.2025).

⁹ Там же.

Если скорость порожнего скрепера зависит только от тяговых возможностей базового модуля, то рабочий ход напрямую зависит от грунтовых условий. Рабочая скорость транспортировки грунта скреперами обычно не превышает 20 км/ч.

2.2.4. Оценка эксплуатационной производительности скреперов на земляных работах

В процессе разработки технологии производства работ возникает необходимость в оценке производительности скреперов как строительных машин.

Чаще всего эксплуатационную производительность скрепера на земляных работах оценивают по выражению [6]:

$$\Pi = \frac{3600K_BVK_H}{t_{\text{ц}}K_{\text{ра}}}, \quad (2.27)$$

где Π – производительность скрепера эксплуатационная, м³/ч;

K_B – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_B = 0,8 \dots 0,9$;

V – геометрическая емкость ковша скрепера, м³;

K_H – степень наполнения ковша скрепера, принять $K_H = 0,8 \dots 1,2$;

$t_{\text{ц}}$ – время, цикл работы скрепера, с;

$$t_{\text{ц}} = \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_{\text{п}}}{v_{\text{п}}} + \frac{l_B}{v_B} + \frac{l_x}{v_{\text{хх}}} + n_{\text{п}}t_{\text{пп}} + 2t_{\text{п}},$$

где l_p – длина набора ковша грунтом при резании, м;

$l_{\text{п}}$ – длина пути перемещения скрепера, м;

l_B – длина пути разгрузки скрепера, м;

l_x – длина пути холостого хода, м;

v_p – рабочая скорость скрепера при наборе ковша, м/с;

$v_{\text{п}}$ – рабочая скорость скрепера при перемещении грунта, м/с;

v_B – рабочая скорость скрепера при выгрузке ковша, м/с;

$v_{\text{хх}}$ – рабочая скорость скрепера при холостом ходе, м/с;

$t_{\text{пп}}$ – время переключения передачи машины, $t_{\text{пп}} = 10 \dots 20$ с;

$t_{\text{п}}$ – время поворота машины, $t_{\text{п}} = 1 \dots 2$ с;

$n_{\text{п}}$ – количество разворотов машины.

Набор грунта в ковш скрепера можно оценить по выражению

$$l_p = \frac{VK_HK_{\text{нб}}}{K_{\text{ра}}Bh}, \quad (2.28)$$

где V – геометрическая емкость ковша скрепера, м³;

K_H – степень наполнения ковша скрепера, принять $K_H = 0,8 \dots 1,2$;

$K_{пв}$ – коэффициент, учитывающий потери грунта при наполнении ковша;

$K_{ра}$ – коэффициент разрыхления грунта в ковше скрепера, принять $K_{ра} = 1,1 \dots 1,3$;

Технологические возможности скреперных отрядов представлены в табл. форме ниже.

Дальность транспортировки грунта скреперами

Тип машины	Дальность перемещения грунта, м
Скреперы прицепные	От 100 до 350
Скреперы самоходные	до 5 000

Таким образом, наибольшее влияние на технологические возможности скреперов будут оказывать грунтовые условия.

2.3. Машины для земляных работ. Грейдеры и автогрейдеры

Дорожно-строительные машины, предназначенные для планирования слоев земляного полотна, возведения земляного полотна, послойного разравнивания дорожно-строительных материалов, нарезки водоотводных канав; планирования откосной части насыпей, ремонта и содержания дорог с переходным типом дорожных одежд, зимнего содержания автомобильных дорог, называются *грейдером*, или *автогрейдером*. Основные тактико-технические характеристики автогрейдеров приведены в табл. 2.6. Согласно классификации, автогрейдеры могут быть тяжелого класса с массой более 20 т, среднего класса с массой до 15 т, легкого класса с массой до 9 т [9].

Автогрейдеры классифицируются по типу ходового устройства. Ходовая часть описывается формулой $A \times B \times B$. В формуле приняты следующие обозначения: A – количество управляемых осей; B – количество ведущих осей; B – общее количество осей автогрейдера.

В настоящее время облик машины получил следующее наполнение. Это длиннобазовая машина с тремя осями и с полноповоротным отвалом. На рис. 2.16 представлена типовая схема автогрейдера [10].

Автогрейдер имеет основную раму (5), на которой установлен силовой агрегат (9) с механической трансмиссией (10). Автогрейдер имеет кабину (8), тяговую раму (5), поворотный круг (15).

Таблица 2.6

Основные технические характеристики автогрейдеров

Марка	Мощность, кВт	Масса, т	Габариты, м	Осевая формула	Параметры отвала, м		Диапазон скоростей, м/с
					длина	высота	
Автогрейдеры легкие							
ДЗ-80	57,4	8,0	7,40×2,35× ×2,70	1×2×3	3,04	0,50	1,14–10,3
Автогрейдеры средние							
ДЗ-180	99	13,5	9,80×2,50× ×3,51	1×2×3	3,74	0,62	1,11–10,2
ДЗ-122А	100	14,6	10,15×2,5× ×3,55	1×2×3	3,74	0,63	2,25–11,92
А-120	100	14,2	10,80×2,56× ×3,55	1×2×3	3,75	0,65	0,97–11,92
Автогрейдеры тяжелые							
ДЗ-98В.1	198	19500	10,3×3,0× ×3,95	1×3×3	4,27	0,74	0,97–13,05
ДЗ-140	184	26,6	11,5×3,2× ×3,95	1×2×3 1×3×3	4,8	0,8	0,97–11,10

Передний мост (1) имеет возможность устанавливаться с поперечными наклонами.

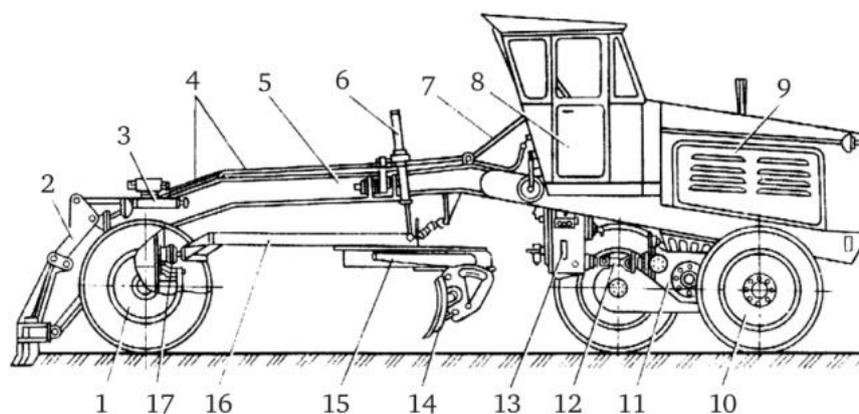


Рис. 2.16. Типовая схема автогрейдера:

- 1 – передний мост; 2 – рыхлительное оборудование; 3, 6 – гидроцилиндры управления; 4 – карданная передача; 5 – основная рама; 7 – управление; 8 – кабина машиниста; 9 – двигатель; 10 – мост задний; 11, 12, 13 – ходовая часть; 14 – полноповоротный отвал; 15 – поворотный круг; 16 – рама; 17 – передний мост¹⁰

¹⁰ Автогрейдер АМКОДОР G160 // амкодор : [сайт]. URL: <https://amkodor-sibir.ru/catalog/avtogrejder-amkodor-g160/> (дата обращения: 10.02.2025).

Автогрейдеры имеют плоский отвал. Его длина соответствует тяговой возможности машины.

Рациональным принято считать отвал, выполненный по радиусу, который определяется по формуле:

$$R = \frac{H}{\cos \psi + \cos \alpha}, \quad (2.29)$$

где H – высота отвала автогрейдера, м;

ψ – угол опрокидывания материала, $\psi = 65 \dots 70^\circ$;

α – угол резания материала отвалом, град.;

На рис. 2.17 представлен характерный поперечный профиль отвала автогрейдера.

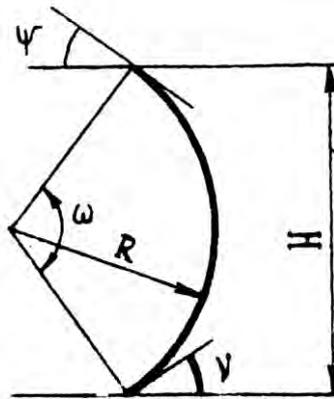


Рис. 2.17. Поперечный профиль отвала автогрейдера:
 ψ – угол опрокидывания материала; α – угол резания грунта;
 R – радиус криволинейной поверхности отвала;
 H – высота отвала автогрейдера

Угол захвата отвала автогрейдера зависит от вида технологической операции. Например, в табл. 2.7 представлены основные параметры углов установки отвала автогрейдера. Можно видеть, что резание грунтов осуществляется при углах от 30 до 45° . Резание и перемещение материала в сторону осуществляется при углах от 60 до 75° . Планировка дорожных покрытий осуществляется при углах захвата до 90° . Следует учитывать группу грунта по трудности разработки. Чем больше группа, тем меньше должен быть угол захвата [8].

Угол зарезания отвала автогрейдера тоже зависит от вида технологической операции. Например, угол зарезания при планировке земляного полотна может изменяться от 0 до 30° . При планировке откосов земляного полотна, когда отвал выносится в сторону за габариты автогрейдера, угол зарезания может достигать значения в 90° .

Таблица 2.7

Углы установки отвала автогрейдера

Рабочая операция	Угол резания, α	Угол захвата, ψ	Угол зарезания, γ
Перемещение материала	35...45°	35...50°	0...18°
Разравнивание материала	50...60°	55...70°	0...20°
Планирование поверхности	40...45°	45...55°	0...18°

Длина отвала B автогрейдера выбирается исходя из технической возможности машины, ее ширины колеи K и базы машины L_0 . На рис. 2.18 представлена схема выбора параметров автогрейдера. Для представленной схемы наименьшая величина базы автогрейдера, расстояние между соседними осями можно определить по формуле:

$$L_0 = D + \sqrt{B^2 + K^2} + 2e, \quad (2.30)$$

где e – расстояние от колеса автогрейдера до отвала, мм;

D – диаметр пневмоколеса, мм;

K – размер колеи автогрейдера, мм.

Для трехосного автогрейдера наименьшее значение базы автогрейдера будет равно:

$$L'_0 = L_0 + \frac{D}{2} + \frac{\Delta}{2},$$

где Δ – зазор между колесами.

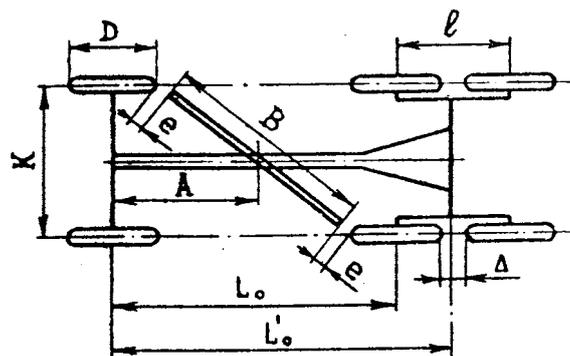


Рис. 2.18. Схема основных геометрических параметров автогрейдера¹¹

Для трехосной машины $L_0 = (1,4...1,7)B$. Для двухосной машины $L_0 = (1,3...1,5)B$.

¹¹ Дорожный виртуоз // Основные средства : [сайт]. URL: <https://os1.ru/article/4580-kratkiy-obzor-sovremennyh-avtogreyderov-dorozhniy-virtuoz> (дата обращения: 21.02.2025).

2.3.1. Технологические особенности работы автогрейдеров

Планировка автогрейдером поверхности земляного полотна имеет следующие особенности. Задние колеса автогрейдера перекатываются по выровненной поверхности, а передние – по неровной. При этом машина испытывает колебания, и отвал периодически опускается и поднимается. Если отвал расположен между колесами, то неровности копируются в уменьшенном масштабе. Для средних автогрейдеров это соотношение равно около 0,5. Технология отделочных работ при применении автогрейдеров включает разбивку, установку отвала в плане и профиле, движение автогрейдера со срезкой грунта и перемещение грунта за пределы дорожной полосы [12].

При длине захватки от 400 до 500 м автогрейдер работает по кольцевой схеме. Часть времени затрачивается на повороты в конце участка.

Планировку верха земляного полотна автогрейдер производит по челночной схеме без разворотов при рабочем ходе в одном направлении. Планировка выполняется за три цикла.

I цикл. Отвал автогрейдера устанавливается в рабочее положение с выносом к бровке земляного полотна за линию задних колес на расстояние 0,8–1,0 м. Углы установки отвала следующие: угол захвата около 45° ; угол наклона около 3° ; угол резания около 45° .

II цикл. Отвал устанавливают в рабочее положение, при котором угол захвата равен 55° , угол наклона – 3° , угол резания – 45° . Работу выполнять, как и при проходах первого цикла, но при меньшей толщине стружки – так, чтобы срезанного грунта было достаточно для выравнивания углублений и создания поперечного профиля.

III цикл. Отвал автогрейдера устанавливают перпендикулярно к оси земляного полотна без наклона. Вынос отвала в сторону не производится. Последние проходы автогрейдера производят на III передаче. При этом отвал устанавливают в рабочее положение.

2.3.2. Оценка эксплуатационной производительности автогрейдеров

Технологические возможности автогрейдеров в данных условиях эксплуатации проверяются по тяговой возможности базовой машины. Автогрейдер, как и любая землеройно-транспортная машина, испытывает различные виды сопротивлений. Поэтому в основе расчетов

тягового баланса автогрейдера можно применять методику расчета тягового баланса для бульдозера с поворотным отвалом. Данная методика приведена в п. 2.1.2.

При этом необходимо учитывать, что конструкция автогрейдера существенно отличается от бульдозеров, и общая сцепная масса определяется по выражению:

$$G_{\text{сц}} = (0,7 \dots 0,75)G, \quad (2.31)$$

где G – масса автогрейдера, т.

Чаще всего эксплуатационную производительность автогрейдера на планировочных работах оценивают по выражению [6]:

$$П = \frac{3600K_B L (B \sin \varphi - a_n)}{\left(\frac{L}{V_p} + t_n \right) n}, \quad (2.32)$$

где $П$ – эксплуатационная производительность автогрейдера при планировке покрытий, м²/ч;

K_B – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_B = 0,8 \dots 0,9$;

L – длина захватки, м;

B – длина отвала автогрейдера, м;

φ – угол захвата отвала автогрейдера, град.;

a_n – перекрытие смежных полос, принять до 0,20 м;

V_p – скорость перемещения автогрейдера, рабочая, м/с;

t_n – время разворота автогрейдера в конце захватки, с;

n – число проходов по одному следу, $n = 10 \dots 12$.

Эксплуатационная производительность автогрейдера на земляных работах может оцениваться следующим выражением:

$$П = \frac{3600K_B FL}{2L \left(\frac{n_p}{V_p} + \frac{n_n}{V_n} + \frac{n_o}{V_o} \right) + 2t_n (n_p + n_n + n_o)}, \quad (2.33)$$

где $П$ – эксплуатационная производительность на земляных работах, м³/ч;

K_B – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_B = 0,8 \dots 0,9$;

F – поперечное сечение земляного полотна, м²;

L – длина захватки, м;

n_p – число проходов автогрейдера при резании грунта;

n_n – число проходов автогрейдера при перемещении грунта;

n_o – число проходов автогрейдера при планировании;
 V_p – рабочая скорость автогрейдера при резании грунта, м/с;
 $V_{п}$ – рабочая скорость автогрейдера при перемещении грунта, м/с;
 V_o – рабочая скорость автогрейдера при разравнивании грунта, м/с;
 $t_{п}$ – время разворота автогрейдера, с.

Поперечное сечение насыпи можно определить по выражению:

$$F = B_n H_n + m H_n^2 + a, \quad (2.34)$$

где B_n – ширина земляного полотна, м;
 H_n – рабочая отметка земляного полотна, м;
 a – площадь сливной призмы, м²;
 m – коэффициент заложения откоса.

Количества проходов автогрейдера при резании грунтов можно оценить по формуле:

$$n_p = \frac{F_p K_{пп}}{f}, \quad (2.35)$$

где F_p – площадь резерва, м²;
 $K_{пп}$ – коэффициент перекрытия проходов автогрейдера, $K_{пп} = 1,5 \dots 1,7$;
 f – площадь стружки грунта.

Количество проходов автогрейдера для перемещения грунта можно определить по выражению

$$n_{п} = \frac{n_p K'_{пп} L_{ц}}{l_{пп}}, \quad (2.36)$$

где $K'_{пп}$ – коэффициент перекрытия, $K'_{пп} = 1,15$;
 $L_{ц}$ – ширина насыпи, м;
 $l_{пп}$ – расстояние поперечного перемещения грунта за один проход автогрейдером, $l_{пп} = B \sin \varphi$, м.

В расчетах принять число проходов автогрейдера при разравнивании грунта равным числу проходов автогрейдера при резании грунта.

2.4. Машины для земляных работ. Экскаваторы

Экскаватором называется самоходная землеройная машина с ковшевым рабочим органом. Экскаваторы предназначены для разработки

грунтов и перемещения их в транспортные средства или на вымет в отвал [7].

На рис. 2.19 представлена параметрическая схема работы одноковшового экскаватора с рабочим органом типа обратная лопата.

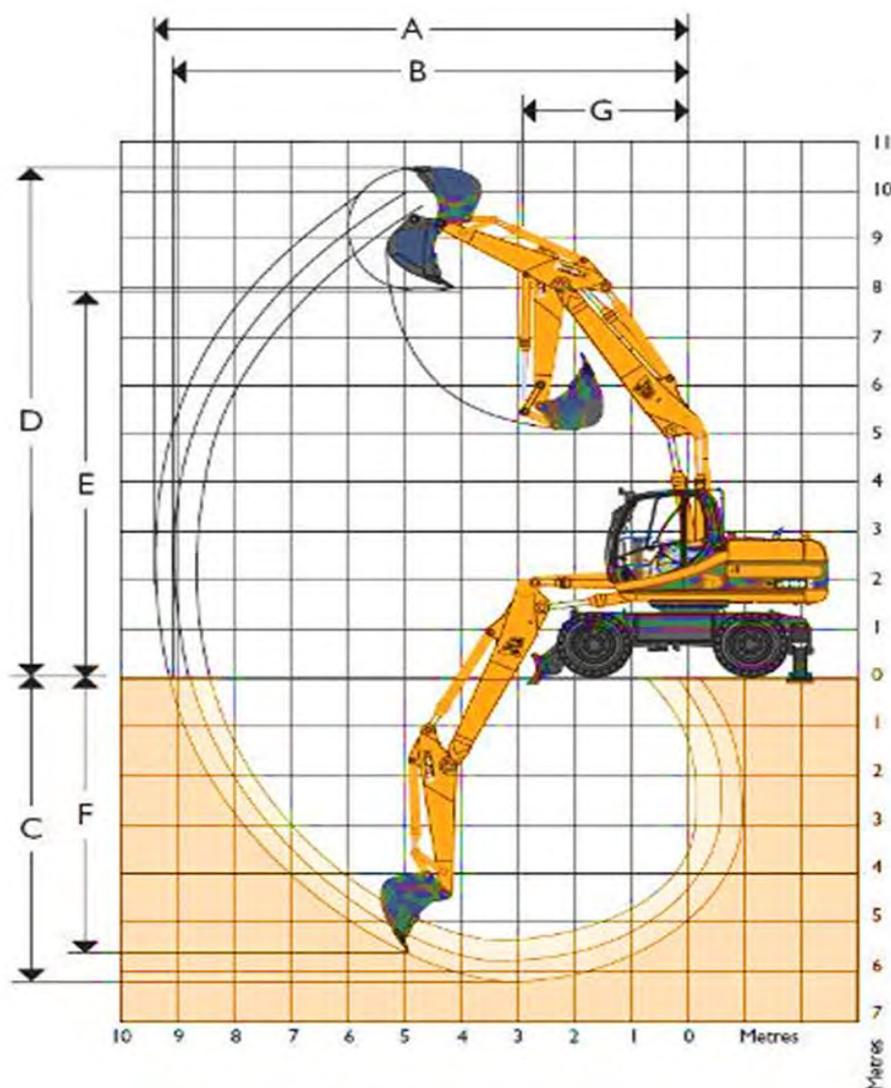


Рис. 2.19. Параметрическая схема работы одноковшового экскаватора¹²

Одноковшовые экскаваторы принято классифицировать по ряду основных признаков:

а) по объему ковша. Различают экскаваторы большого объема с ковшами от 6,0 до 100 м³. Экскаваторы среднего объема с ковшами

¹² Одноковшовые экскаваторы. Классификация и условия применения // Сибирский научно-исследовательский институт горного дела : [сайт]. URL: <https://sibnii-gim.ru/news/odnokovshovye-ekskavatory-klassifikatsiya-i-usloviya-primeneniya/> (дата обращения: 10.02.2025).

от 1,25 до 4,0 м³. Экскаваторы малого объема с ковшами от 0,15 до 1,0 м³. При строительстве лесотранспортной инфраструктуры принято использовать экскаваторы среднего объема ковша;

б) по рабочему оборудованию. Различают экскаваторы с прямой лопатой, обратной лопатой, с драглайном, с крановым оборудованием, с грейфером и другим сменным оборудованием;

в) по типу двигателя. Различают экскаваторы с двигателями внутреннего сгорания и с электрическими двигателями;

г) по типу привода рукояти. Различают экскаваторы с механическим приводом и гидравлическим приводом;

д) по типу движителя. Различают гусеничные экскаваторы с ковшом объемом от 0,15 до 0,35 м³ и колесные экскаваторы с ковшом объемом от 0,15 до 0,65 м³;

ж) по области применения. Различают экскаваторы универсальные, карьерные для добычи полезных ископаемых на крупных открытых разработках и шагающие, применяемые для снятия вскрышных грунтов на открытых горных работах, а также для земляных работ в гидротехническом строительстве.

С целью обоснования выбора экскаваторов для строительных работ разработана буквенно-цифровая индексация. Индексация экскаваторов начинается с букв ЭО, что означает экскаватор одноковшовый, и заканчивается последующей за ними группой из четырех цифр. Цифровая индексация соответствует группе машин, типу движителя, конструктивному исполнению рабочего оборудования и порядковому номеру модели в данной группе [13].

Индексация одноковшовых экскаваторов по геометрической вместимости ковша представлена в табл. форме ниже.

Индексация одноковшовых экскаваторов
по геометрической емкости ковша

Номер индекса	1	2	3	4	5	6	7	8
Геометрическая вместимость ковша, м ³	от 0,15 до 0,4	от 0,25 до 0,6	от 0,4 до 1,0	от 0,65 до 1,6	от 1,0 до 2,5	от 1,6 до 4,0	от 2,5 до 6,5	от 4,0 до 10,0

Обычно обратную лопату и драглайн используют для разработки грунтов, находящихся ниже поверхности расположения экскаватора.

Технические характеристики современных одноковшовых экскаваторов представлены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

**Технические характеристики современных
одноковшовых экскаваторов**

Характеристика	ЭО-2626	БОРЭК С-2101	ЭО-3532А	ЭО-3323А	АТЕК-4321В	ЭО-3123	ЭО-4225
Базовая машина	МТЗ-82	ЮМЗ-6	КамАЗ-53213	Д-243Л	СМД-17Н	–	–
Вместимость ковша, м ³	0,28	0,25	0,63	0,8	1,15	0,65	1,25
Максимальный радиус копания, м	5,3	–	8,4	7,93	8,85	7,93	9,3
Максимальная высота выгрузки, м	3,2	3,55	4,8	6,15	5,5	6,16	5,15
Максимальная глубина копания, м	4,15	4,25	4,70	4,95	5,50	4,95	6,0
Мощность, кВт	55,1	44,5	162,0	59,6	73,5	59,6	95,5
Скорость, км/ч	33	14	70	20	20	2,8	2,5
Масса, т	7,5	6,6	18,0	13,0	19,5	13,5	25,8
Габариты, м:							
длина	8,30	7,36	7,95	8,0	10,0	8,10	10,25
ширина	2,35	2,32	2,56	2,50	2,84	2,75	3,15
высота	3,75	3,65	3,65	3,65	4,0	3,05	3,30

Они предназначены для разработки котлованов и траншей, а также для разработки выемок. Ковшом типа драглайн можно возводить насыпи из боковых резервов или выполнять работы по снятию вскрыши.

Оборудование типа прямая лопата используется для копания грунта выше уровня поверхности расположения экскаватора. Это оборудование используют для раскрытия выемок и разработки грунтовых карьеров.

Грейферное оборудование обычно применяется на экскаваторах с вместимостью ковша до 2 м³. Грейферы используют для рытья глубоких котлованов и для перегрузки сыпучих материалов, например, песка, щебня, гравия и т. д.

Крановое оборудование монтируют на экскаваторах с емкостью ковша не выше шестой группы, а также для выполнения погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ.

Основные технические параметры одноковшового экскаватора представлены на схеме (рис. 2.19). Следует отметить следующие характеристики: максимальная высота копания – параметр D ; максимальная глубина копания – параметр C ; максимальный радиус копания – параметр B ; наибольшая величина забоя – параметр A ; зона разгрузки – параметр G . А также рабочее место экскаватора, включая место его стоянки и забора грунта, – параметр O .

2.4.1. Конструктивные особенности одноковшовых экскаваторов

К основным элементам рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов следует отнести стрелу, концевую часть стрелы, рукоять, гидроцилиндры подъема и опускания стрелы, гидроцилиндры рукояти и ковша. Все элементы могут взаимодействовать как с ковшом типа обратной лопаты, так и с ковшом прямой лопаты, с погрузочным ковшом, с грейфером двухчелюстным или с рыхлителем [13].

Все основное оборудование экскаваторов унифицировано.

В дорожно-строительной практике наибольшее распространение получили экскаваторы на пневмоколесном ходу. Их основное преимущество заключается в мобильности и возможности проводить работы на широком фронте захваток.

Рабочее оборудование одноковшовых экскаваторов и механизмы поворота приводятся в действие гидроцилиндрами, а механизмы передвижения гидромоторами. Рабочие давления в гидравлических системах экскаваторов находятся в диапазонах от 10 до 35 МПа. Обычно на экскаваторах устанавливается несколько рабочих гидронасосов и гидромоторов.

Такое сочетание позволяет совмещать отдельные рабочие операции, сокращая продолжительность цикла работы. Как правило, совмещают поворот ковша с поворотом рукоятки или поворот платформы с подъемом стрелы.

Экскаваторы с прямой лопатой используют для разработки грунтов, расположенных выше уровня стоянки экскаватора. Процесс выемки грунта называется лобовым забоем, или боковым забоем [12]. Это характерно для работы в грунтовых карьерах с глубиной разработки более 3 м.

Экскаваторы с обратной лопатой используют для разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора. Это характерно для производства работ при обеспечении водоотвода или для сооружения невысоких насыпей.

Отдельно следует отметить особенности оборудования для планировочных работ. Обычно в силу специфики их не унифицируют с элементами основного оборудования и выпускают как специализированное оборудование.

Примером может служить экскаватор ФГУП ПО «Уралвагонзавод» типа ЕТ-1. Экскаватор состоит из силовой и ходовой частей серийного экскаватора ЭО-33211 и телескопической стрелы со сменным рабочим оборудованием. При высоте разгрузки 6,5 м планировщик может копать траншеи глубиной 5,9 м.

2.4.2. Оценка эксплуатационной производительности одноковшовых экскаваторов

Эксплуатационная производительность одноковшового экскаватора определяется по выражению

$$\Pi = \frac{3600 \cdot K_B V K_H K_{тр} K_{пер}}{t_{ц} K_{ра}}, \quad (2.37)$$

где Π – эксплуатационная производительность экскаватора, м³/ч;

K_B – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_B = 0,8 \dots 0,9$;

V – геометрическая емкость ковша экскаватора, м³;

$K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий трудность разработки грунтов, принять $K_{тр} = 0,70 \dots 1,00$;

$K_{пер}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на перестановку экскаватора в забое, $K_{пер} = t_{раб} / (t_{раб} + t_{перемещения})$;

K_H – коэффициент наполнения ковша грунтом, $K_H = 0,6 \dots 1,2$;

$K_{ра}$ – коэффициент, учитывающий разрыхление грунта, принять $K_{ра} = 1,1 \dots 1,3$;

$t_{ц}$ – продолжительность цикла экскаватора, с;

$$t_{ц} = (t_k + t_{п} + t_{пов1} + t_{раз} + t_{пов2} + t_o) K_{одн},$$

где t_k – время, затрачиваемое на копание грунта;

$t_{п}$ – время, затрачиваемое на подъем ковша, с;

$t_{пов1}$ – время, затрачиваемое на поворот экскаватора с груженным ковшом, с;

$t_{\text{раз}}$ – время, затрачиваемое на разгрузку ковша, с;

$t_{\text{пов2}}$ – время, затрачиваемое на поворот экскаватора с порожним ковшом, с;

t_0 – время, затрачиваемое на приведение ковша в забой, с;

$K_{\text{одн}}$ – коэффициент, учитывающий одновременность выполнения операций, принять $K_{\text{одн}} = 0,8 \dots 0,9$.

При работе экскаваторных комплексов возникает необходимость в рациональном подборе транспортных средств и объема ковша экскаватора. Необходимое число ковшей экскаватора при загрузке автосамосвала можно определить по формуле

$$n = \frac{Q}{VK_{\text{нр}}}, \quad (2.40)$$

где Q – грузоподъемность автосамосвала, т;

V – геометрическая емкость ковша экскаватора, м³;

ρ – плотность разрабатываемого грунта, т/м³.

$K_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора.

2.4.3. Области использования машин при производстве земляных работ

Поточный способ в дорожном строительстве характеризуется взаимной увязкой всех технологических процессов. Для достижения высоких результатов в строительстве лесотранспортной инфраструктуры необходимо создание специализированных механизированных отрядов. Состав любого комплексного отряда подбирается исходя из технологических особенностей парка машин [12].

На рис. 2.20 приведены области применения землеройно-транспортных машин в зависимости от условий производства работ.

На расстояниях до 50 м, практически в любых условиях эксплуатации, наибольшую эффективность показывают бульдозеры. Однако низкие скорости транспортировки грунта не позволяют их использовать на дистанциях свыше 100 м.

На дистанциях свыше 100 м целесообразно применение прицепных скреперов, агрегатированных с гусеничными тракторами. В случае увеличения расстояния транспортировки ведущей машиной становится колесный самоходный скрепер. Область его рационального применения находится в диапазоне от 500 до 3 000 м.

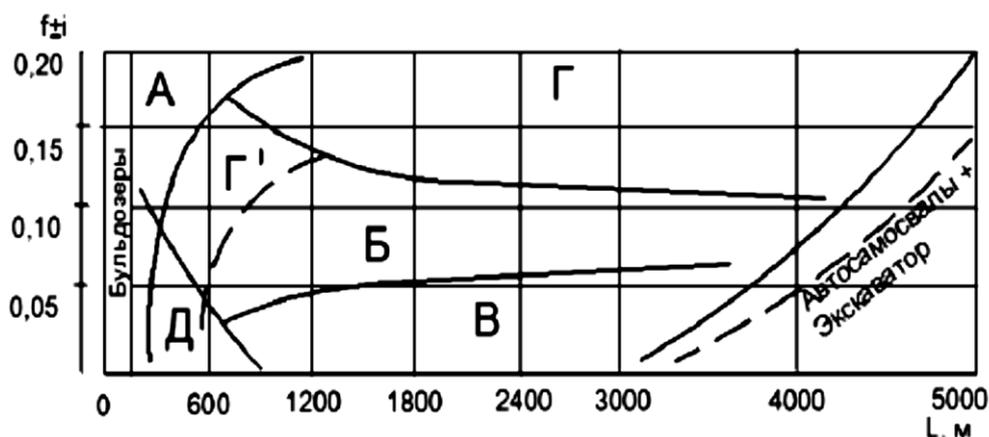


Рис. 2.20. Области рационального применения землеройно-транспортных машин:

A – область использования прицепных скреперов; *B* – область использования пневмоколесных скреперов самоходных; *B* – область использования скреперов полуприцепных; *Г, Г'* – область использования самоходных скреперов; *Д* – область использования тяжелых скреперов с самогрузкой¹³

В случае превышения и этой длины транспортировки грунта необходимо выбирать экскаватор с погрузкой в автосамосвалы.

Самостоятельная работа

Выполните представленные в прил. 2 задания для контрольных работ и ответьте на вопросы по теме «Машины для земляных работ».

¹³ Дворковой В., Дворковой Д. Многофункциональные дорожно-строительные машины (Часть 2) // Основные средства : [сайт]. URL: <https://os1.ru/article/4482-ratsionalnoe-primeneniye-mnogofunktsionalnye-dorojno-stroitelnye-mashiny-ch-2> (дата обращения: 20.02.2025).

ГЛАВА 3. МАШИНЫ ДЛЯ ПОГРУЗКИ И РАЗГРУЗКИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В главе рассмотрены дорожные машины, используемые для погрузки и разгрузки дорожно-строительных материалов. Основное внимание уделено применению одноковшовых погрузчиков на предприятиях, обеспечивающих функционирование лесотранспортной инфраструктуры.

3.1. Погрузочно-разгрузочные машины. Погрузчики одноковшовые

Погрузочно-разгрузочные машины предназначены для погрузки и разгрузки сыпучих материалов, погрузки штучных грузов и для перемещения материалов по технологической площадке на расстояние до 150 м [13].

Погрузочно-разгрузочные машины имеют обозначение T и различаются. По производственному назначению различают машины для сыпучих материалов и машины для штучных грузов. По характеру рабочего режима: машины циклического и машины непрерывного действия. По типу рабочих органов: одноковшовые погрузчики, многоковшовые погрузчики и погрузчики вилочные.

В дорожном хозяйстве наибольшее распространение получили одноковшовые погрузчики. Это строительная машина, состоящая из колесного шасси и навесного оборудования в виде стрелы с закрепленным на ней ковшом (рис. 3.1). Одноковшовые погрузчики являются универсальными машинами и применяются для различных целей.

Одноковшовые погрузчики используются для разработки грунтов легких категорий по трудности разработки с погрузкой их в автосамосвалы или отсыпают в отвал. В отличие от одноковшовых, многоковшовые погрузчики применяются там, где рабочий процесс осуществляется непрерывно. Наибольшее распространение они получили при коммунальных работах, например, уборке снега на городских улицах с одновременной погрузкой в автосамосвалы [7].

Погрузчик – машина универсальная и может применяться для перемещения контейнеров, погрузки труб и лесоматериалов, для обратной засыпки траншей, для работы в карьере и на складских территориях асфальтобетонных заводов. Для этих целей используются сменные рабочие органы, изображенные на рис. 3.2.

Одноковшовые погрузчики по способу разгрузки подразделяют: с передней разгрузкой, фронтальные погрузчики, с боковой разгрузкой и с задней разгрузкой (рис. 3.1).

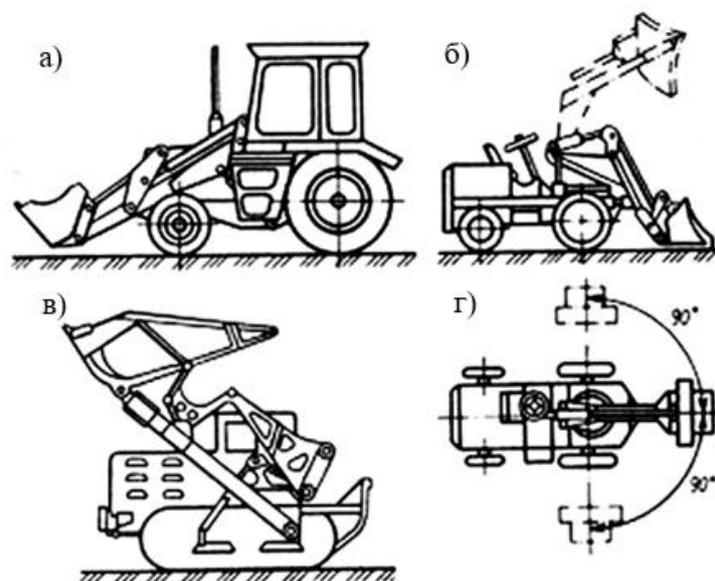


Рис. 3.1. Способы разгрузки одноковшовых погрузчиков:
а – погрузчик с фронтальной разгрузкой; *б* – погрузчик поворотный;
в – погрузчик с задней разгрузкой; *г* – погрузчик полуповоротный¹⁴

В строительной практике в основном используются погрузчики средней грузоподъемности на пневмоколесном ходу с вместимостью ковша от 1,0 до 2,0 м³.

Цикл работы одноковшового погрузчика включает в себя следующие операции: подвод ковша в зону загрузки, опускание ковша, перемещение всей машины вперед для наполнения ковша или захвата материала, подъем ковша, отъезд погрузчика задним ходом, разгрузка и поворот погрузчика для приведения ковша в исходное положение.

На рис. 3.3 представлен фронтальный погрузчик. Погрузчик состоит из двух шарнирно-сочлененных полурам и рабочего оборудования. Подъем и опускание стрелы и ковша осуществляются гидроцилиндрами. Положение ковша при подъеме сохранится в горизонтальном положении.

¹⁴ Фронтальный погрузчик: особенности, назначение, виды, конструкция, преимущества и применение // СДМ: продажа и сервисное обслуживание спецтехники : [сайт]. URL: https://www.usdm.ru/blog/frontalnyj-pogruzchik-osobennosti-naznachenie-vidy-konstrukciya-preimushchestva-i-primenenie-statya?srsid=afmbooppvtyv0zdi-sha0jvlgcpzt_ctf6ri0twdhlsmt29kbh-ayngv (дата обращения: 02.02.2025).

В отличие от фронтальных погрузчиков, у полуповоротных время рабочего цикла меньше 30 %. Их эффективнее применять в стесненных условиях [10].

Также для работ в стесненных условиях и повышения механизации ручного труда используют малогабаритные погрузчики, представленные на рис. 3.4. Основные технические характеристики одноковшовых погрузчиков приведены в таблице ниже.

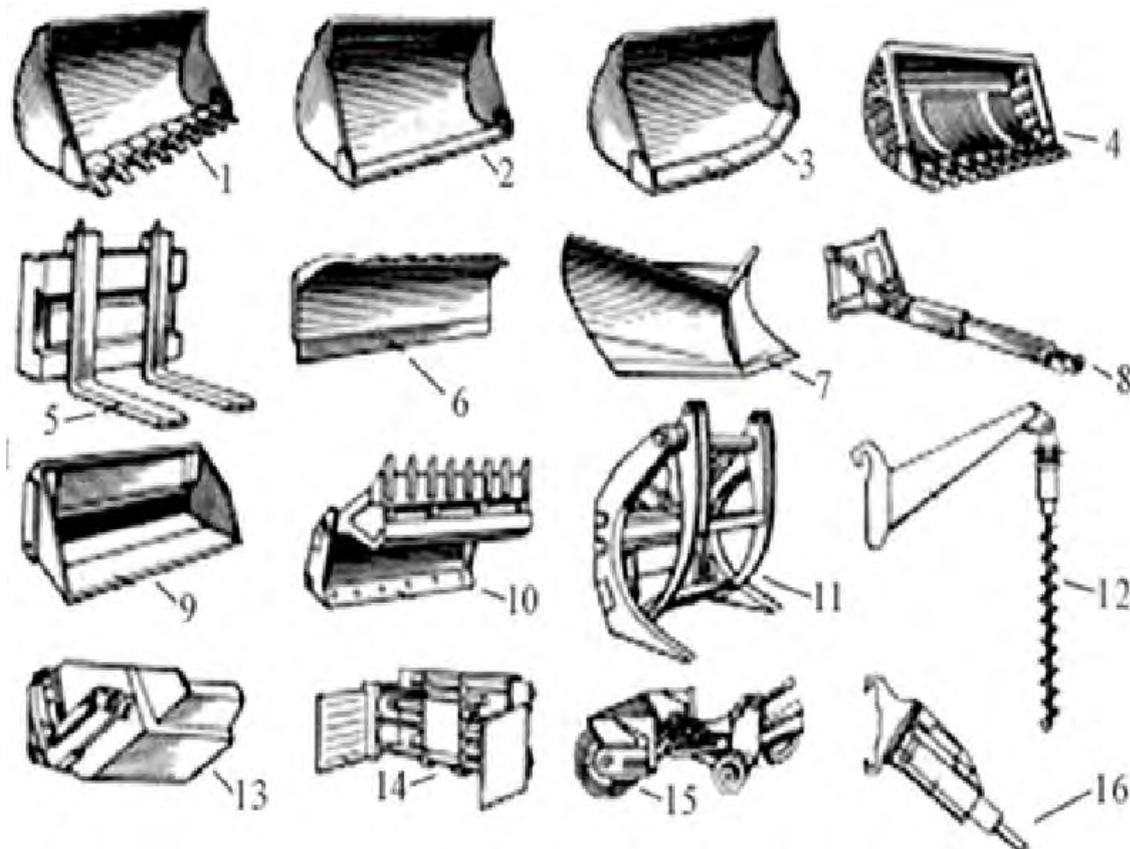


Рис. 3.2. Сменное рабочее оборудование одноковшовых погрузчиков:

- 1 – ковш для горных пород; 2 – ковш с прямым ножом; 3 – ковш с криволинейным ножом; 4 – ковш; 5 – погрузчик вильчатый; 6 – бульдозерный отвал; 7 – плужный снегоочиститель; 8 – грузовая стрела; 9 – ковш с поворотной заслонкой; 10 – двухчелюстной ковш; 11 – захват для труб; 12 – ямобур; 13 – ковш для распределения цементобетона; 14 – захват для пакетов; 15 – щетка дорожная; 16 – гидравлический молот¹⁵

¹⁵ Фронтальный погрузчик: особенности, назначение, виды, конструкция, преимущества и применение // СДМ: продажа и сервисное обслуживание спецтехники : [сайт]. URL: https://www.usdm.ru/blog/frontalnyj-pogruzchik-osobennosti-naznachenie-vidy-konstrukciya-preimushchestva-i-primenenie-statya?srsid=afmbooppvtyv0zdi-sha0jvigcpzt_ctfbri0twdhlsmt29kbh-ayngv (дата обращения: 02.02.2025).

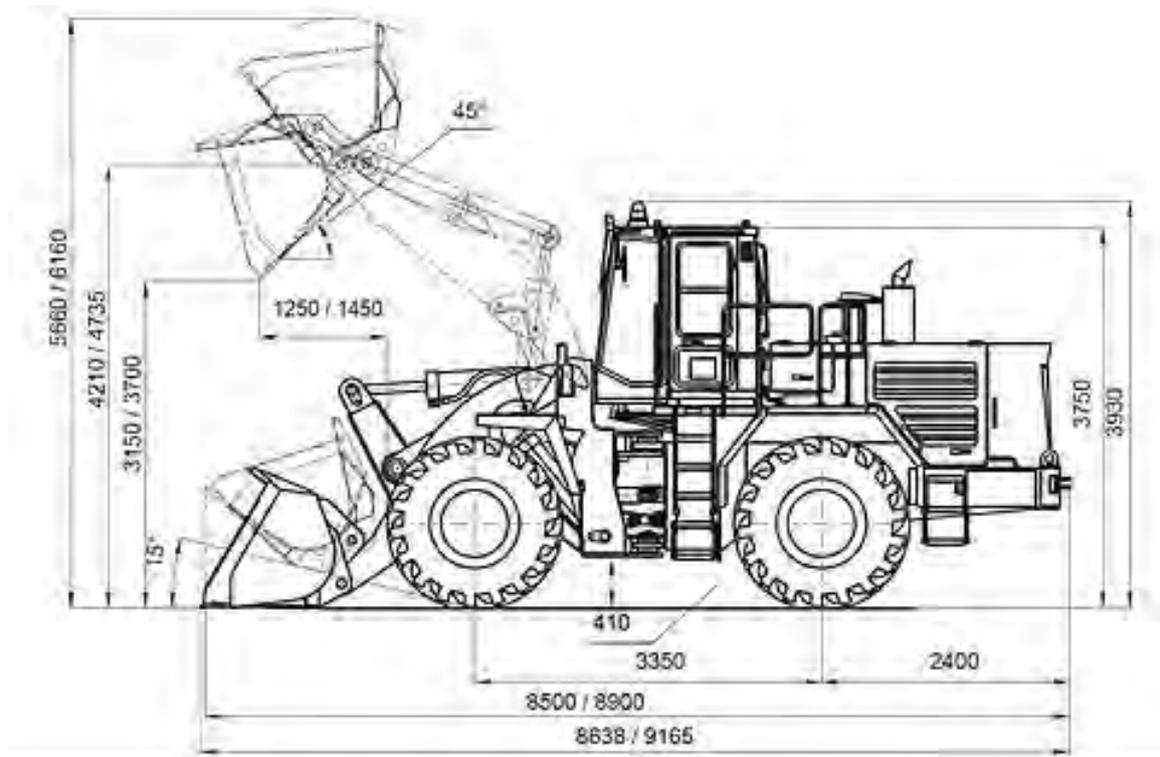


Рис. 3.3. Габаритные размеры одноковшового погрузчика¹⁶

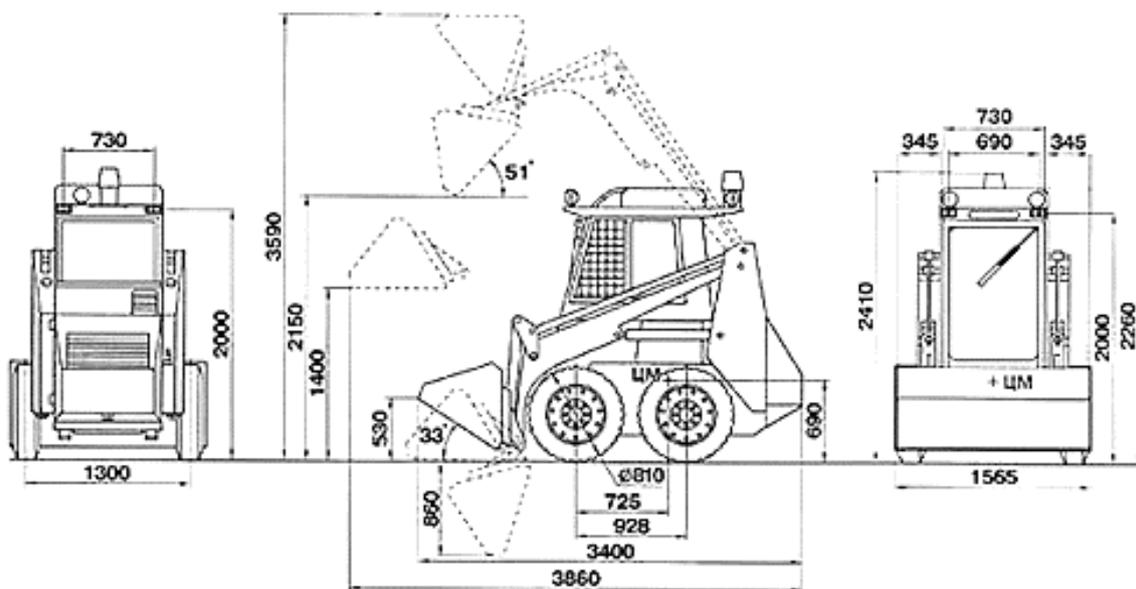


Рис. 3.4. Габаритные размеры малогабаритного погрузчика¹⁷

¹⁶ Фронтальный погрузчик Амкодор 352 // амкодор : [сайт]. URL: <https://www.amkodor-ufa.ru/catalog/frontalnye-pogruzchiki/amkodor-352> (дата обращения: 10.02.2025).

¹⁷ Там же.

Одноковшовые колесные погрузчики

Наименование показателей	ТО-18Д	ТО-30-3 АМКО- ДОР-327	АМКО- ДОР-342В	ТО-28	ТО-40
Вместимость ковша, м ³	1,3	1,1	1,25	2,2	4
Мощность, кВт	77,2	56,6	59,5	95,5	198
Грузоподъемность, кг	2 700	2 200	2 200	4 000	7 200
Ширина ковша, мм	2 480	2 400	2 480	2 600	3 200
Вылет ковша, м	1,0	0,7	0,9	1,03	–
Высота разгрузки, м	2,8	2,7	2,75	3,17	3,25
Максимальная скорость передвижения, км/ч	36	35	35	43	35
Масса полная, т	12,0	7,5	9,0	13,0	28,2
Габаритные размеры, мм	6 700× ×2 500× ×3 600	6 320× ×2 400× ×3 920	6 360× ×2 500× ×3 600	7 520× ×2 650× ×3 500	9 400× ×3 250× ×3 960

Основным параметром одноковшовых погрузчиков служит номинальная грузоподъемность. Их подразделяют на погрузчики малой грузоподъемности – до 0,5 т; погрузчики легкие – до 2,0 т; средние – до 4,0 т; тяжелые – до 10 т; погрузчики большегрузные с грузоподъемностью свыше 10 т.

3.2. Оценка эксплуатационной производительности одноковшовых погрузчиков

Эксплуатационная производительность погрузчика определяется по выражению, м³/ч:

$$P_{\text{мех}} = \frac{3600VK_n K_v}{T_{\text{ц}}}, \quad (3.1)$$

где V – геометрическая емкость ковша, м³;

K_n – коэффициент, учитывающий степень наполнения ковша, принять $K_n = 0,5 \dots 1,2$;

K_v – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_v = 0,8 \dots 0,9$;

$T_{\text{ц}}$ – время цикла работы погрузчика, с.

Эксплуатационная производительность одноковшовых погрузчиков при работе со штучными материалами, т/ч:

$$P_{\text{max}} = \frac{3600QK_qK_v}{T_{\text{ц}}}, \quad (3.2)$$

где Q – грузоподъемность, т;

K_q – коэффициент использования грузоподъемности;

$T_{\text{ц}}$ – время цикла работы погрузчика, с.

Время цикла определяется как

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

где t_1 – время, затрачиваемое на заполнение ковша или захват груза, принять от 5 до 10 с;

t_2 – время, затрачиваемое на отъезд от штабеля, принять от 8 до 10 с;

t_3 – время, затрачиваемое на подъезд к месту разгрузки, принять от 8 до 10 с;

t_4 – время, затрачиваемое на разгрузку, принять от 2 до 3 с;

t_5 – время, затрачиваемое на отъезд от места разгрузки, принять от 6 до 8 с;

t_6 – время, затрачиваемое на подъезд к штабелю, принять от 6 до 8 с.

Самостоятельная работа

Ответьте на представленные в прил. 2 контрольные вопросы по теме «Машины для погрузки и разгрузки дорожно-строительных материалов».

ГЛАВА 4. МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА, МАТЕРИАЛОВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И ПОКРЫТИЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

В главе подробно рассмотрены дорожные машины для уплотнения земляного полотна и дорожных одежд лесных дорог. Определены их основные технологические возможности.

4.1. Особенности уплотнения дорожно-строительных материалов

В параграфе представлены теоретические основы уплотнения грунтовых материалов и асфальтобетонных смесей.

4.1.1. Основы уплотнения грунтовых материалов

Искусственное уплотнение грунтов является одним из способов технической мелиорации и позволяет кардинально изменять свойства грунтов. Процесс уплотнения дорожно-строительных материалов является основной технологической операцией на земляных работах.

Под внешним воздействием рабочих органов строительных машин из грунта удаляется большая часть воздуха и выжимается избыточная влага. При этом достигается переупаковка минеральных частиц и возрастание сцепления между ними. В результате уплотнения повышаются основные физико-механические характеристики материалов, возрастает плотность [6].

Плотность грунта оценивается величиной отношения его массы к занимаемому объему. Различают плотность грунта в естественном состоянии с учетом пористости и воды в них, плотность сухого грунта и плотность грунтовых частиц.

С увеличением плотности грунта возрастает его сопротивление сдвигу, сцепление, модули деформации и упругости.

Увеличение плотности грунта приводит к резкому возрастанию его прочности. Поэтому для достижения высокой прочности и водостойкости грунт уплотняют при влажности, обеспечивающей требуемую плотность [8].

Плотность сухого грунта ρ_d определяем по формуле

$$\rho_d = \rho / (1 + 0,01W), \quad (4.1)$$

где ρ – плотность грунта, г/см³;

ρ_d – плотность сухого грунта, г/см³;

W – влажность грунта, %.

Можно увидеть, что плотность грунта будет зависеть от влажности и может иметь наибольшее значение только при определенной влажности.

Под максимальной плотностью грунта понимается наибольшая плотность сухого грунта, которая достигается при испытаниях грунта методом стандартного уплотнения [9].

Значения максимальной плотности и соответствующей ей влажности устанавливают методом стандартного уплотнения на приборе типа СТП-1СОЮЗДорНИИ.

Достижение максимальной плотности грунта при сооружении земляного полотна обычно осуществляют только в рабочем слое.

Под рабочим слоем понимают слой, который расположен на глубине не более чем 1,5 м от дорожного покрытия.

Все слои земляных сооружений уплотняют до величины требуемого коэффициента уплотнения, который можно определить по формуле:

$$K_{y(тр)} = \rho_{тр} / \rho_{ст}, \quad (4.2)$$

где $\rho_{тр}$ – требуемая плотность грунта в слое, г/см³;

$K_{y(тр)}$ – требуемый коэффициент уплотнения слоя земляного полотна.

Следует отметить, что коэффициент уплотнения определяют по отношению только плотности для сухого грунта.

При уплотнении в грунте формируются новые связи, уменьшается пористость и возрастает плотность, что увеличивает прочность земляного сооружения.

4.1.2. Основы уплотнения дорожно-строительных материалов

При строительстве лесотранспортной инфраструктуры применяют главным образом асфальтобетонные и цементобетонные смеси. Для получения наиболее плотной упаковки частиц и увеличения сцепления между ними все дорожно-строительные материалы подвергают внешним механическим воздействиям.

В процессе уплотнения материалов сокращаются воздушные пустоты, а из цементобетонных смесей удаляется избыточная вода.

В процессе уплотнения каменных материалов уменьшается межзерновая пустотность, происходит взаимное внедрение частиц материалов, их расклинивание.

В процессе уплотнения битумсодержащих смесей происходит уменьшение воздушной пустотности и увеличение сцепления между частицами смесей.

Известно, что давление от уплотняющих машин не должно быть выше пределов прочности самого уплотняемого материала.

Превышения напряжений свыше предела прочности материала вызывают пластическое течение в месте контакта материала с рабочими органами. Это, например, может вызвать при укатке волнообразование на покрытии.

Необходимо следить, чтобы давление от уплотняющих машин постепенно возрастало от прохода к проходу.

Особое внимание следует уделять процессу уплотнения асфальтобетонных смесей. Режимы уплотнения будут зависеть от состава смеси, минеральных материалов, марки и количества битума и от температуры смеси во время уплотнения. Особенно температура смеси оказывает влияние на уплотнение.

При высоких температурах вязкость битума мала, и уплотнение становится невозможным: смесь становится слишком подвижной.

С увеличением твердости битумных материалов может резко возрасти усилие, затрачиваемое на уплотнение (рис. 4.1).

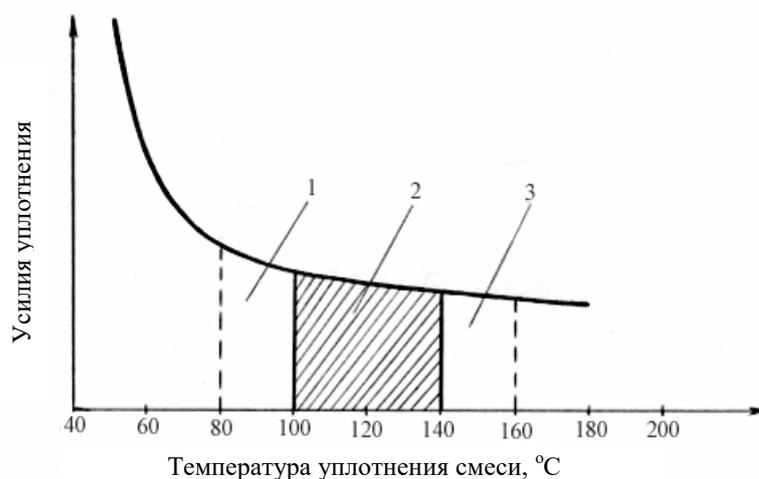


Рис. 4.1. Графическая зависимость изменения усилий на уплотнение асфальтобетонной смеси:

1 — область окончания уплотнения; 2 — область оптимальной температуры; 3 — область начала уплотнения

При разработке технологической последовательности уплотнения асфальтобетонных смесей указывают температурный интервал уплотнения для каждого типа смеси.

Режимы уплотнения будут зависеть не только от типа смеси, но и скорости охлаждения дорожного покрытия [12]. В табл. 4.1 приведены факторы, оказывающие влияние на температурный диапазон при уплотнении смесей.

Таблица 4.1

Поправки ко времени уплотнения асфальтобетонных смесей

Основные факторы влияния	Диапазон изменения	Увеличение времени уплотнения, %
Скорость ветра, м/с	от 0 до 20	до 26
Температура воздуха, °С	от 0 до 20	до 19
Солнечная погода, °С	от 0 до 10	до 10
Толщина слоя, мм	от 35 до 45	до 50

Изменение температуры асфальтобетонного слоя происходит за счет теплообмена между дорожным основанием и окружающим воздухом. Особенно интенсивно происходит теплообмен в случае выпадения осадков.

Кроме объемной плотности асфальтобетона, для оценки физико-механических свойств используют следующие показатели: максимальная плотность смеси; содержание воздушных пустот; пустоты в минеральном заполнителе (ПМЗ); пустоты, наполненные битумным вяжущим (ПНБ); коэффициент водостойкости.

Уплотнение цементобетонных смесей имеет несколько иные особенности. В основе принципа уплотнения смесей положена возможность перехода коллоидных частиц в различные агрегатные состояния. Коллоидные частицы в цементобетонных смесях могут образовывать как системы-гели, так и системы-золи. Все они отличаются низкой устойчивостью. Так, при вибрировании смесей связи между отдельными коллоидными частицами ослабевают, и гели переходят в золи. Смесь становится подвижной, происходит ее разжижение. После прекращения внешнего вибрационного воздействия системы-золи снова переходят в системы-гели.

Данный эффект используется в строительной практике для проектирования глубинных вибрационных машин для уплотнения цементобетонных смесей.

4.2. Строительные машины для уплотнения материалов

По основному принципу действия уплотняющих машин можно выделить следующие способы уплотнения: укатка, трамбование и виброуплотнение. На рис. 4.2. представлены основные способы уплотнения дорожно-строительных материалов [7].

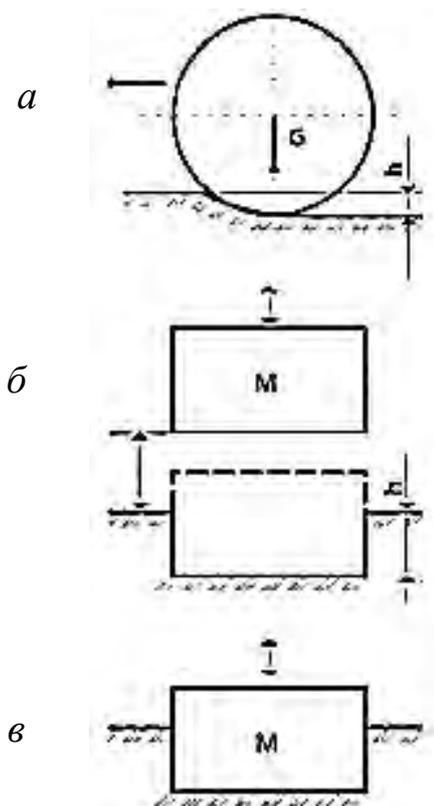


Рис. 4.2. Способы уплотнения дорожно-строительных материалов:
а – укатка; *б* – трамбование; *в* – вибротрамбование

Наиболее распространенными строительными машинами для уплотнения материалов и грунтов стали дорожные катки.

Все катки подразделяются по типу рабочего органа, по способу передвижения, по количеству осей, по количеству валцов, по принципу действия [14]. Общая классификация машин уплотняющего действия представлена на рис. 4.3. По типу воздействия на уплотняемые материалы дорожные машины подразделяются на машины статического и динамического действия.

Рабочий процесс дорожного катка заключается в последовательном перемещении по одному и тому же следу. В процессе перекатывания валцов по дорожной поверхности происходит ее уплотнение.

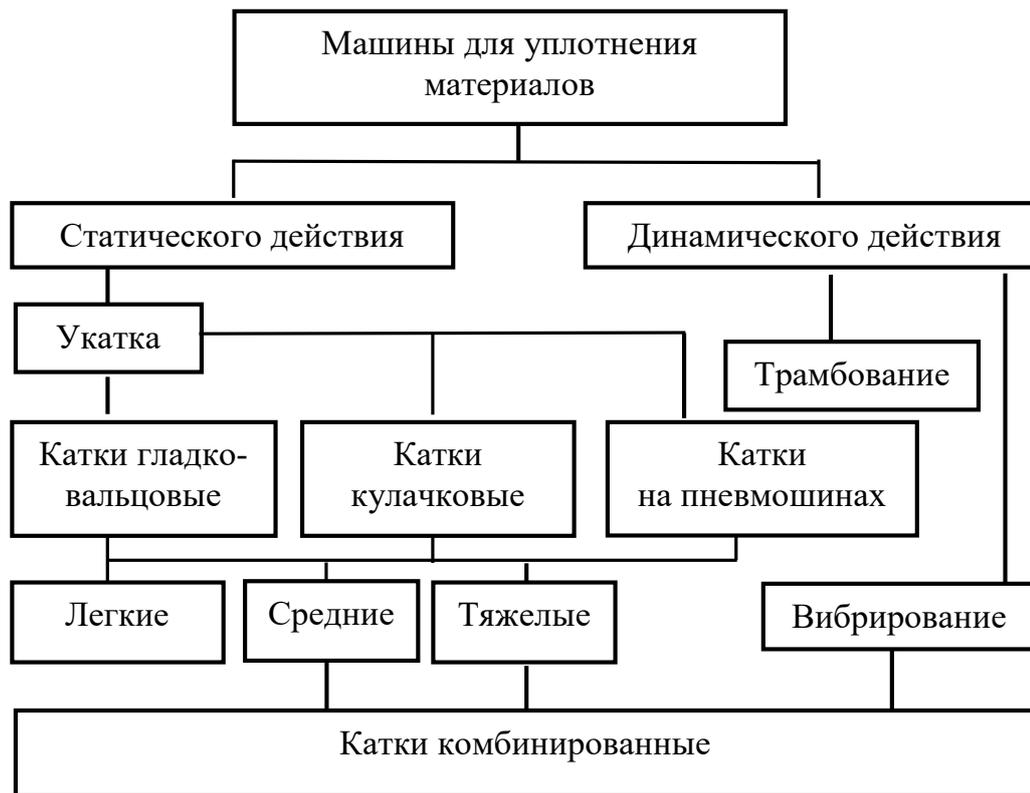


Рис. 4.3. Классификация машин уплотняющего действия¹⁸

По типу рабочего органа и по характеру воздействия различают катки: с гладкими вальцами статического действия, катки пневмоколесные, катки кулачковые, катки решетчатые, катки комбинированные.

4.2.1. Катки гладковальцовые

Особенностью рабочего органа гладковальцового катка служит наличие металлической обечайки с гладкой поверхностью. Гладковальцовые катки подразделяют на катки тротуарные, катки легкие, катки средние и катки тяжелые [6].

Тяжелые катки с массой до 15 т имеют распределенную линейную нагрузку на вальце до 80 кН/м.

Средние катки с массой до 9 т имеют распределенную линейную нагрузку на вальце до 60 кН/м.

¹⁸ Назначение, типы и область применения уплотняющих машин // Строй-Техника.ру : [сайт]. URL: <https://stroy-technics.ru/article/naznachenie-tipy-i-oblast-primeneniya-uplotnyayushchikh-mashin> (дата обращения: 02.02.2025).

Легкие катки с массой до 5 т имеют распределенную линейную нагрузку на вальце до 40 кН/м.

Тротуарные катки с массой до 3 т имеют распределенную линейную нагрузку на вальце до 20 кН/м.

На начальном этапе уплотнения оснований и дорожных покрытий лесных дорог используют катки легкие. Их могут использовать для уплотнения тротуаров и велодорожек.

Для промежуточного уплотнения оснований и дорожных покрытий, а также для окончательного уплотнения покрытий переходного типа используют средние по массе катки.

Тяжелые катки предназначены для окончательного уплотнения асфальтобетонных покрытий [12].

На рис. 4.4 представлены конструктивные схемы уплотняющих машин. Наибольшее распространение получили катки двухосные трехвальцовые, катки двухосные двухвальцовые и катки трехосные трехвальцовые [10].

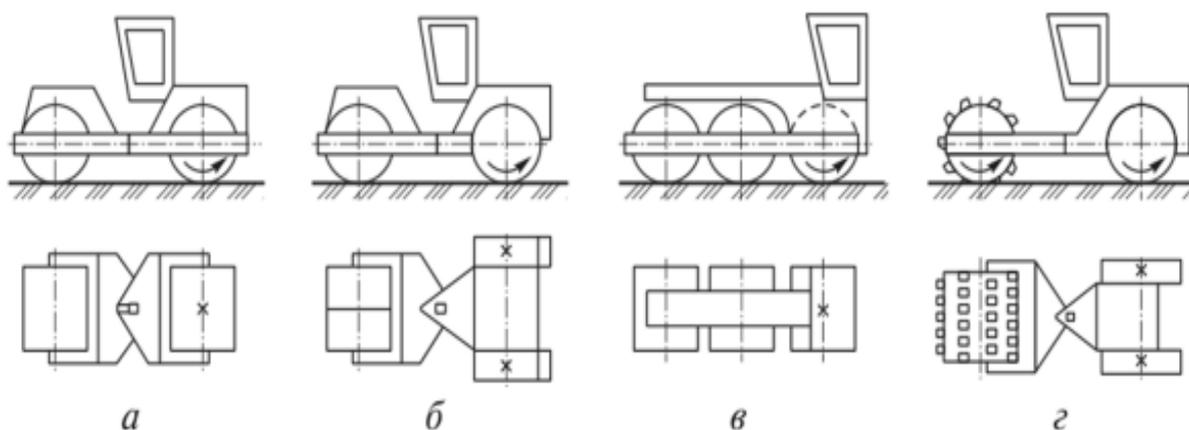


Рис. 4.4. Конструктивные схемы уплотняющих машин:

а – каток двухвальцовый двухосный; *б* – каток трехвальцовый двухосный;
в – каток трехвальцовый трехосный; *г* – каток кулачковый¹⁹

Гладковальцовые катки тандемного типа обычно имеют вальцы с одинаковой шириной и диаметром. Один или оба вальца должны быть управляемыми. Чаще всего ширина вальца составляет около 0,8...1,2 диаметра вальца.

¹⁹ Лещинский А. Выбор уплотняющих машин // Studme.org : [сайт]. URL: https://studme.org/422759/stroitelstvo/vybor_uplotnyayuschih_mashin (дата обращения: 10.02.2025).

На рис. 4.5 представлен гладковальцовый тандемный каток с последовательным расположением вальцов.

Подвеска вальцов обеспечивает поперечный наклон в вертикальной плоскости на угол до 30° , что позволяет нивелировать напряжения при наезде на препятствия.

Чаще всего все вальцы выполняют ведущими, что значительно улучшает качество уплотнения. Привод вальцов осуществляется от гидродвигателей и позволяет использовать режим изменения направления их вращения.



Рис. 4.5. Гладковальцовый тандемный каток с последовательным расположением вальцов²⁰

Трехвальцовые трехосные катки имеют вальцы одинаковой ширины и выполняются обычно тяжелого типа. Такая конструкция способствует одинаковому распределению веса по вальцам и способна выполнить укатку без образования волн на дорожном покрытии.

Все гладковальцовые катки имеют устройства для очистки рабочей поверхности вальцов от налипшей асфальтобетонной смеси. Устройства состоят из скребков и форсунок для распределения воды или смазочной жидкости.

Основные параметры гладковальцовых самоходных катков статического действия представлены в табл. 4.2.

²⁰ Каток асфальтовый XCMG XD-143 // Стальные машины : [сайт]. URL: https://www.polar-krm.ru/goods/221015769-katok_asfaltovy_xcmg_xd_143 (дата обращения: 10.02.2025).

Таблица 4.2

Основные технические характеристики катков гладковальцовых

Марка машины	ДУ-49Д	ДУ-93	ДУ-63-1	ДУ-48Б	ДУ-98	Амкодор 6122
Уплотняемая полоса, м	1,2	1,2	1,4	1,8	1,7	0,9
Линейное распределенное давление, КН/м	35	43	25	74	30	14
Диаметр вальца, м	1,6	1,2	1,2	1,6	1,2	0,6
Масса, кг	18 000	10 000	8 500	12 000	10 500	1 500
Мощность двигателя, кВт	37	44	44	37	73	14

Технологический процесс уплотнения дорожных конструкций состоит из многочисленного последовательного перемещения катка по поверхности.

Оценку воздействия на уплотняемый материал для гладкого вальца можно определить по эмпирическому выражению:

$$\sigma_{\max} = \sqrt{\rho E / R} , \quad (4.3)$$

где σ_{\max} – напряжение в пятне контакта с вальцом, МПа;
 ρ – линейно распределенное давление под вальцом, Н/м;
 E – модуль деформации уплотняемого материала, МПа;
 R – радиус вальца, м.

Для получения наибольшей эффективности уплотнения необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$\sigma_{\max} = 0,9\sigma_{\text{пр}}, \quad (4.4)$$

где σ_{\max} – наибольшее значение воздействия на уплотняемый материал, МПа;

$\sigma_{\text{пр}}$ – предел прочности материала, МПа.

В случае превышения значений условия (4.4) в уплотняемом материале происходят разрушения и общее снижение прочности уплотняемого слоя.

Любое воздействие уплотняющей техники на дорожные покрытия будет оцениваться глубиной активной зоны, в пределах которой формируются зоны с необратимыми деформациями.

В работах [6, 9] для гладковальцовых катков рекомендуется определять активную зону по следующему выражению:

$$h_a = (0,1 \dots 0,12) \frac{W_\phi}{W_o} \sqrt{\rho R}, \quad (4.5)$$

где W_ϕ – фактическая влажность грунта, %;

W_o – оптимальная влажность грунта, %;

ρ – линейное распределенное давление на вальце, кН/м;

R – радиус вальца катка, м.

В ряде случаев возникает необходимость оценки работы, связанной с уплотнением того или иного материала. Тогда энергозатраты, связанные с уплотнением, можно определить по упрощенной зависимости:

$$A_y = \sigma_{\max} V / 2, \quad (4.6)$$

где A_y – работа, вызванная уплотнением слоя материала, Дж;

V – объем уплотняемого материала, м³, $V = BhL$;

L – длина захватки, м;

B – ширина уплотняемого слоя, м;

h – толщина уплотняемого слоя, м;

Частным случаем оценки энергозатрат на уплотнение может служить сопротивление движению катка.

При уплотнении асфальтобетонных смесей сопротивление перемещению гладковальцового катка можно оценить по эмпирическому выражению:

$$W_f = \frac{h}{3} B \left[1 - \frac{\rho_n}{\rho_k} \right] (2\sigma_n + \sigma_k), \quad (4.7)$$

где W_f – усилие на перемещение гладковальцового катка, кН;

h – толщина уплотняемого слоя асфальтобетона, м;

B – ширина вальца катка, м;

ρ_n – плотность слоя асфальтобетона в начале уплотнения, г/см³;

ρ_k – плотность слоя асфальтобетона в конце уплотнения, г/см³;

σ_n – напряжение в пятне контакта с вальцом в начале уплотнения, МПа;

σ_k – напряжение в пятне контакта с вальцом в конце уплотнения, МПа.

Степень уплотнения асфальтобетона зависит и от скорости уплотнения, поэтому в начале уплотнения скорость движения катка минимальна и лежит в диапазоне от 1,5 до 2 км/ч. После предварительного уплотнения допускается увеличение скорости до 3...5 км/ч.

4.2.2. Пневмоколесные катки

На рис. 4.6. представлен внешний вид катка на пневматических шинах. Все пневмоколесные катки оснащаются шинами с гладким или профилированным протектором. В отличие от других катков, пневмокотки отличаются высокими транспортными скоростями и маневренностью [5, 8].

Их применяют для уплотнения всех типов грунтов и уплотнения асфальтобетонных покрытий.

Основные типы пневмоколесных катков представлены в табл. 4.3.

Все пневмоколесные катки по массе разделяют на легкие до 15 т, средние до 30 т и тяжелые до 50 т.



Рис. 4.6. Пневмоколесный каток²¹

Для качественного и равномерного уплотнения по всей ширине покрытия пневмоколесные катки снабжены независимой подвеской колес. Помимо этого, такая подвеска предохраняет шины от перегрузки.

²¹ Пневмокоток (полностью гидравлический пневмокоток, модель KP266) // Zhejiang Metong Road Construction Machinery Company : [сайт]. URL: <http://metongrussian.com/4-3-1-pneumatic-tyred-roller-kp266.html> (дата обращения: 10.02.2025).

Таблица 4.3

Катки пневмоколесные

Марка машины	ДУ-65	ДУ-100	ДУ-37В	ДУ-39Б	ДУ-16Г
Масса, т	12	14	15,5	25	25
Ширина уплотняемой полосы, м	1,70	1,90	2,60	2,60	2,60
Скорость, км/ч	от 0 до 8	от 0 до 16	от 0 до 10	от 0 до 10	от 0 до 10
Тип шины	280–503	280–503	370–508	370–508	370–508
Число пневмоколес	4×4	4×4	4×5	4×5	2×5
Двигатель, кВт	57	73	121	121	115

В процессе уплотнения пневмокотков воздействует на опорную поверхность. В пятне контакта колеса и покрытия возникают напряжения. Известно, что форма пятна контакта и распределение напряжений будут напрямую зависеть от давления в шине [1].

Поскольку пятно контакта у пневмоколеса превышает зону контакта у гладковальцового катка, появляется возможность увеличить активную зону уплотнения, а время обжатия уплотняемого материала возрастает.

Глубину активной зоны уплотнения для пневмокотков вычисляют по формуле [9]:

$$h_a = 0,18 \frac{W_\phi}{W_o} \sqrt{\frac{G_k p_{ш}}{1-\xi}}, \quad (4.8)$$

где h_a – величина активной зоны уплотнения, м;

W_ϕ – фактическая влажность грунта, %;

W_o – оптимальная влажность грунта, %;

G_k – нагрузка на пневмоколесо, кг;

$p_{ш}$ – давление воздуха в пневмоколесе, МПа;

ξ – коэффициент, учитывающий жесткость пневошины.

Минимальное число пневмоколес принимается из условия обеспечения поперечной устойчивости катка. Для повышения технологичности применения катков расстояние между пневмоколесами должно находиться в пределах:

$$L_{ш} = (0,4 \dots 0,6)b, \quad (4.9)$$

где b – профиль пневмоколеса, м.

Сопротивление перемещению катка можно оценивать по формуле

$$W_f = G_k K_y, \quad (4.10)$$

где G_k – нагрузка на ось катка, кН;

K_y – коэффициент сопротивления движению пневмокатка, для грунта принять от 0,12 до 0,22, для асфальтобетонных смесей принять от 0,06 до 0,10.

Удельное давление в пятне контакта пневкоколеса всегда будет ниже давления в шине. В этом случае для уплотнения прочных связных грунтов необходимо на катки устанавливать шины высокого давления (от 1,0 до 1,2 МПа). Толщина уплотняемого слоя также зависит и от осевой нагрузки. Например, при нагрузке 1 500 кг толщина уплотняемого слоя не более 0,08 м. При нагрузке 2 500 кг толщина уплотняемого слоя не более 0,13 м. При нагрузке 4 000 кг толщина уплотняемого слоя не более 0,20 м.

При уплотнении происходит отжатие воздуха и воды из межпорового пространства. При этом контактное давление в пятне шины регулируют путем изменения давления воздуха в ней.

4.2.3. Катки кулачковые

Кулачковые катки предназначены для производства работ по уплотнению связных грунтов и уплотнению грунтов в зимних условиях. На рис. 4.6 представлен кулачковый каток. На цилиндрическом вальце по его обечайке установлены выступы. Выступы, или кулачки, могут иметь различную форму, различное размещение по поверхности вальца и различное количество (рис. 4.7) [10].

При перемещении катка кулачки внедряются в уплотняемую поверхность. Происходит раздавливание грунта кулачком и уплотнение слоя, который расположен ниже поверхности вальца. При перекачивании вальца кулачки выглубляются, и верхние слои покрытия разрыхляются. В процессе уплотнения величина продавливания кулачков уменьшается, и формируется характерная текстура уплотняемой поверхности (рис. 4.6). Чаще всего высота разрыхленного верхнего слоя может составлять до 0,1 м, а уплотнение происходит снизу вверх.

Катки кулачковые различают: легкие с удельным давлением от 0,4 до 2,0 МПа; средние с удельным давлением от 2,0 до 4,0 МПа; тяжелые с удельным давлением от 4,0 до 10 МПа.

По форме кулачки могут быть симметричные, их иногда обозначают как реверсивные (рис. 4.7, а), кулачки шиповые (рис. 4.7, б) и кулачки сегментные (рис. 4.7, в).



Рис. 4.6. Каток кулачковый AMMANN²²



Рис. 4.7. Виды кулачков:
а – симметричный, или реверсивный; *б* – шиповый;
в – сегментный

Длина кулачка выбирается из диапазона 0,15...0,4 м. На поверхности вальца может располагаться различное количество выступов с разными способами их расположения. Обычно их количество находится в пределах от 20 до 25 шт. на м².

Марки кулачковых катков приведены в табл. 4.4.

Одной из разновидностей кулачковых катков может служить решетчатый каток. Особенностью рабочего органа решетчатого катка является обечайка вальца, выполненная в форме решетки, сваренной из стальных прутков диаметром от 30 до 40 мм. Масса решетчатого катка достигает 30 т при диаметре вальцов до 2,5 м. Ширина полосы уплотнения может достигать до 3,0 м.

²² Ammann 170 с кулачковым бандажом // Sapsan : [сайт]. URL: <https://sapsan-rus.ru/catalog/arenda-dorozhnogo-katka/ammann-170-c-kulachkovym-bandazhom/> (дата обращения: 10.02.2025).

Катки кулачковые

Показатель	Марка машины			
	ДУ-26	ДУ-49Д	Bomag BW 215-D40	ДУ-48Б
Масса катка, т	8	10	15	26
Давление, МПа	50	70	72	76
Ширина уплотняемой полосы, м	1,8	2,6	2,2	2,8
Скорость при уплотнении, км/ч	5	5	7	6

Внутри уплотняющего органа установлены устройства для очистки от провалившихся через ячейки решетки комьев грунта. Их особенность состоит в том, что их можно применять в зимних условиях, т. к. решетчатый валец не только измельчает мерзлые комья грунта, но и вдавливают их в грунтовое основание.

Активная зона уплотнения для кулачкового катка оценивается по соотношению:

$$H_a = 0,65(L_k + 2,5b - h_p), \quad (4.11)$$

где L_k – длина выступающей части кулачка, м;

b – размер опорной поверхности кулачка, принять от 0,06 до 0,1 м;

h_p – величина разрыхления поверхности, принять от 0,04 до 0,06 м.

Сопротивление перемещению кулачкового катка можно оценить по формуле 4.10. Однако сопротивление перемещению может изменяться от 0,25 при начальных проходах и до 0,06 при последних проходах катка.

4.2.4. Машины для уплотнения грунтов и материалов динамического действия

Катки вибрационные имеют значительное преимущество перед другими уплотняющими машинами. Вибрация, воздействуя на материал, снижает межзерновое трение между частицами минеральных материалов. Причем на материал оказывает совместное действие статическая масса катка и динамическое воздействие от вибровозбудителей.

Рабочим органом катка вибрационного служит валец, внутри которого помещен вибровозбудитель обычно дебалансного или

осцилляционного типа, создающий динамические колебания. Вибровозбудитель приводится во вращение с помощью гидромоторов.

Для катков вибрационных, по сравнению с катками статического действия, глубина распространения динамических напряжений возрастает за счет перераспределения между частицами уплотняемого материала динамической нагрузки. Вибрационное воздействие катков на уплотняемый материал различают по амплитуде колебаний и их частоте [7].

Для грунтовых вибрационных катков характерна большая амплитуда колебаний – около 1 мм – и низкая частота колебаний, не превышающая 33 Гц. Для уплотнения асфальтобетонных смесей характерно использование высокой частоты колебаний (до 57 Гц) и незначительной величиной амплитуды колебаний (около 0,03 м).

Значительное число выпускаемых виброкатков имеют устройства для плавного изменения частоты и амплитуды колебаний, в зависимости от режимов уплотнения.

Наибольшее распространение получили катки модульного типа. На рис. 4.8. представлен каток вибрационный АМКОДОР 6712 на базе одноосного тягача (рис. 4.8) [15].

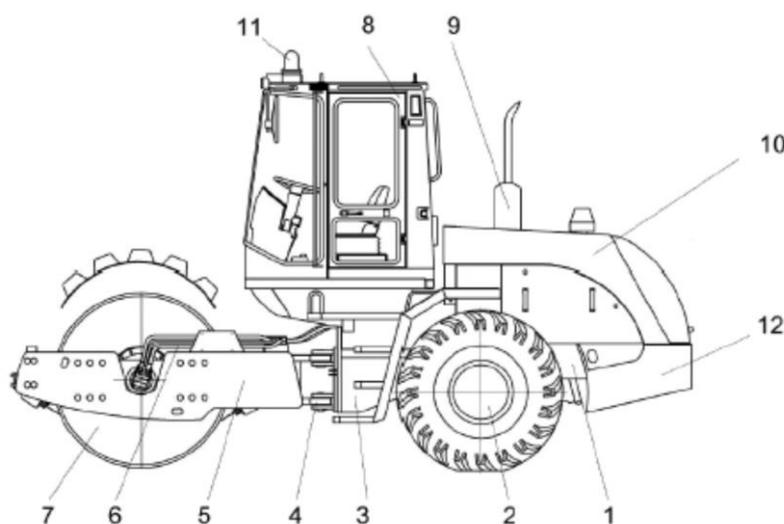


Рис. 4.8. Каток вибрационный АМКОДОР 6712В:

- 1 – рама; 2 – мост; 3 – топливный бак; 4 – шарнир; 5 – передняя полурама;
- 6 – гидравлическая система; 7 – вибровалец; 8 – кабина катка;
- 9 – двигатель силовой; 10 – облицовка моторного отсека;
- 11 – внешняя электросистема; 12 – гидравлический бак²³

²³ Амкодор : [сайт]. URL: <https://amkodor.by/press/novosti-kompanii/delaem-segodnya-to-chto-drugie-hotyat-zavtra-prezentatsiya-sozdannyh-opytных-obraztsov-i-postavlennyh-na-serijное-proizvodstvo-mashin-amkodor/> (дата обращения: 10.02.2025).

Вибровалец (7) катка установлен на полураме (5). Полурама соединена с силовым агрегатом (9) через шарнир (4). Силовой агрегат размещен на раме (1), где находятся: бак топливный (3), кабина (8), облицовка (10) силового агрегата (9), смонтирована электросистема (11) и бак гидравлический (12).

Для наилучшего уплотнения дорожных покрытий разной толщины на вибромодуле устанавливаются вибровозбудители, которые могут генерировать несколько амплитуд и несколько частот вибрации.

Отличительной особенностью работы виброкатков является недопущение временной остановки машины с включенным вибратором во избежание сдвига материала и образования волн на покрытии. Необходимо избегать переуплотнения материала и лишних проходов катка.

4.2.5. Катки комбинированные

Каток комбинированный включает в себя пневмоколесный модуль и сменный модуль с рабочим оборудованием. Модули соединяются между собой с помощью шарнира, что позволяет повысить маневрирование катка в стесненных условиях.

Сменный рабочий модуль может быть выполнен в виде гладкого вальца, кулачкового вальца или вибровальца.

Технические параметры комбинированных катков самоходных представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Основные технические параметры катков комбинированных

Параметры	Марка машины					
	ВГ-1202	ДУ-74-1	ДУ-99	ДУ-58-1	ДУ-74	ДУ-58А
Мощность, кВт	73	57	73	110	57	95
Масса катка, т	12	9,5	9,5	13,5	9	16
Линейное давление, кН/м	24	30	30	34	28	35
Ширина полосы, м	2,2	1,7	1,2	2,1	1,7	2,0
Частота колебаний, Гц	30	33	50	25	40	40
Вынуждающая сила, кГ	17 500	18 300	6 500	15 000	6 500	10 000
Скорость уплотнения, км/ч	от 0 до 6,5	от 0 до 7	от 0 до 12	от 0 до 7	от 0 до 7	от 0 до 6
Количество колес	2	2	4	2	2	4

Вместо сменного рабочего модуля может быть установлен пневмоколесный модуль и даже секционный виброуплотнитель.

На комбинированных катках установлены специальные шины высокого давления. Пневмоколеса обеспечивают перемещение катка и одновременно уплотняют материал на поверхности покрытия [8, 14].

4.2.6. Определение эксплуатационной производительности машин для уплотнения грунтов и материалов

Эксплуатационную производительность катков при уплотнении дорожных покрытий можно оценить по формуле, м²/ч:

$$\Pi_э = 1\,000(B_в - a_в)v_кK_в/z, \quad (4.12)$$

где $B_в$ – ширина уплотняемой полосы, м;

$a_в$ – перекрытия между соседними полосами, м;

$v_к$ – скорость уплотнения, км/ч;

$K_в$ – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_в = 0,8 \dots 0,9$;

z – количество проходов при уплотнении по одному следу.

При уплотнении земляного полотна эксплуатационная производительность катков оценивается по выражению, м³/ч:

$$\Pi_э = 1\,000(B_в - a_в)v_кh'K_в/z, \quad (4.13)$$

где $B_в$ – ширина уплотняемой полосы, м;

$a_в$ – перекрытия между соседними полосами, м;

$v_к$ – скорость уплотнения, км/ч;

h' – толщина слоя, м;

$K_в$ – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_в = 0,8 \dots 0,9$;

z – количество проходов при уплотнении по одному следу.

В расчетах учитывать, что скорость при уплотнении для катка с гладкими вальцами составляет от 1,5 до 5 км/ч. Для катков кулачковых скорость составляет от 4 до 7 км/ч. Для пневмоколесных катков скорость составляет от 3 до 10 км/ч.

4.3. Особенности виброуплотнения цементобетонных смесей

Виброуплотнение цементобетонных смесей имеет ряд отличий от традиционных строительных материалов. Для уплотнения цементобетонных смесей применяются глубинные и поверхностные вибраторы.

Уплотнение цементобетонных смесей вибрированием осуществляется в две стадии [9, 10].

В начальный период уплотнения волны сжатия, создаваемые вибратором, разделяют агрегаты и снижают трение между ними. При этом устраняются поры в цементобетонной смеси, и смесь приобретает подвижность. На следующей стадии уплотнения осуществляется деаэрация смеси.

Различают поверхностный способ уплотнения и глубинный. При поверхностном способе уплотнения воздействие на материал может быть вибрационным или виброударным.

Глубинное уплотнение обеспечивает вибрационное воздействие на цементобетонную смесь внутри слоя через глубинный вибратор. Привод вибратора происходит от электродвигателя (рис. 4.9, а) либо через гидромотор (рис. 4.9, б)

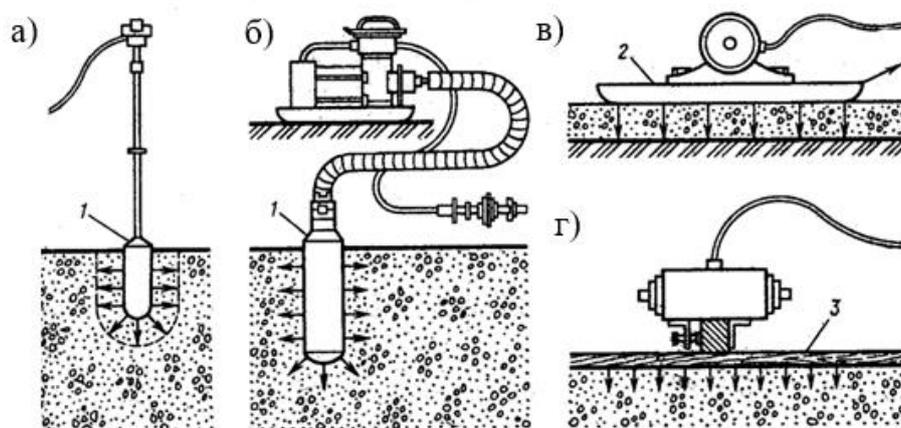


Рис. 4.9. Основные схемы уплотнения цементобетонов:

- а – глубинное уплотнение с помощью вибратора от электродвигателя;
- б – глубинное уплотнение с помощью вибратора от гидромотора;
- в – поверхностное уплотнение с помощью виброплиты; 2 – поверхностное уплотнение с помощью неподвижного виброоснования;
- 1 – глубинный вибратор; 2 – виброплита; 3 – виброоснование²⁴

²⁴ Уплотнение бетонной смеси // Строительные материалы : [сайт]. URL: <http://www.alobuild.ru/proizvodstvo-gidrotehnicheskikh-rabot/uplotneniye-betonnoy-smesi.php> (дата обращения: 10.02.2025).

Частота колебаний вибраторов составляет около 200 Гц, время воздействия от 5 до 15 с.

Важно, чтобы глубинный вибратор уплотнял смесь, находясь в вертикальном положении. В технологических картах указывается, что расстояние между точками его уплотнения должно составлять не более полутора размеров самого вибратора.

Производительность эксплуатационная при виброуплотнении цементобетонов можно оценить по выражению, м³/с:

$$P_{\text{э}} = \frac{B_{\text{в}} v_{\text{в}} h k_{\text{в}}}{z}, \quad (4.14)$$

где $B_{\text{в}}$ – ширина виброуплотнителя, м;

$v_{\text{в}}$ – скорость перемещения плиты, принять 0,10 м/с;

h – толщина уплотняемого слоя, м;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент использования машины во времени, $K_{\text{в}} = 0,85$;

z – число проходов, принять $z = 1$.

Самостоятельная работа

Ответьте на вопросы в прил. 2 и выполните задания для контрольных работ по теме «Машины для уплотнения земляного полотна, материалов дорожных одежд и покрытий лесных дорог».

ГЛАВА 5. МАШИНЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

В главе приводятся данные по использованию машин для строительства дорожных покрытий лесных дорог. Рассмотрены технологии строительства асфальтобетонных покрытий.

5.1. Машины для укладки асфальтобетонных смесей

Машины для укладки асфальтобетонных смесей предназначены для распределения, укладки и первичного уплотнения асфальтобетонных покрытий при строительстве и ремонте автомобильных дорог [16].

Существуют машины тяжелого типа с производительностью до 400 т/ч укладки асфальтобетонной смеси и массой до 30 т. Они предназначены для строительства покрытий шириной до 12,5 м. Вместимость приемного бункера достигает 10 м³.

Для небольших объемов работ предназначены легкие асфальтоукладчики с производительностью до 100 т/ч укладки асфальтобетонной смеси и массой до 8 т.

По типу ходового устройства различают гусеничные, колесно-гусеничные и пневмоколесные.

Наиболее эффективным следует признать использование тяжелых гусеничных асфальтоукладчиков.

Все асфальтоукладчики имеют четыре типоразмера.

Типоразмер 1 предназначен для укладки покрытия шириной до 3,0 м и толщиной до 10 см. Типоразмер 2 – для укладки покрытия шириной до 5,0 м и толщиной до 20 см. Типоразмер 3 – для укладки покрытия шириной до 8,0 м и толщиной до 30 см. Типоразмер 4 – для укладки покрытия шириной до 12,0 м и толщиной до 30 см [10].

Асфальтоукладчики выполняют следующие технологические операции: прием асфальтобетонной смеси в бункер из автосамосвалов, транспортирование асфальтобетонной смеси к выглаживающей плите, распределение смеси шнеками по всей ширине покрытия, предварительное уплотнение асфальтобетонной смеси.

Схема работы асфальтоукладчика представлена на рис. 5.1. Асфальтобетонная смесь (4) из автосамосвала (1) попадает в приемный бункер (3). По питателю (12) асфальтобетонная смесь перемещается по направлению к регулирующей заслонке (5). Через заслонку (5)

регулируют количество смеси, которая направляется в шнековую камеру (9). Камера состоит из левой и правой частей. После распределения асфальтобетонная смесь попадает под выглаживающую плиту (6) и трамбуемый брус (7). Трамбующий брус производит до 1 400 уд/мин, виброплита до 3 000 уд/мин.

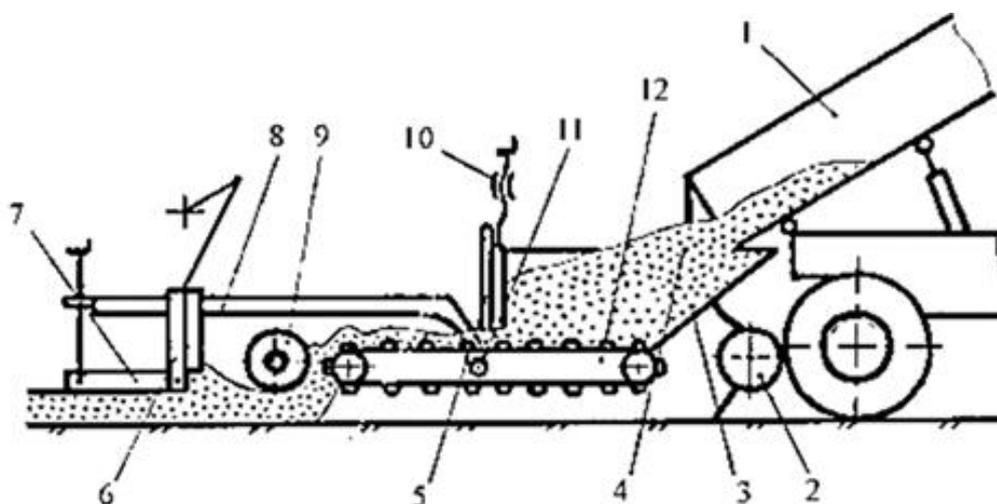


Рис. 5.1. Принципиальная схема асфальтораспределителя:
 1 – кузов автосамосвала; 2 – упорный ролик; 3 – приемный бункер; 4 – смесь;
 5 – заслонка; 6 – выглаживающая плита; 7 – уплотняющий брус; 9 – шнек;
 10 – управление заслонкой; 11 – заслонка; 12 – питатель²⁵

Схема взаимодействия выглаживающей плиты с асфальтобетонной смесью представлена на рис. 5.2. Устройство управления придает выглаживающей плите заданный поперечный уклон. Для предотвращения налипания асфальтобетонной смеси на выглаживающую плиту ее нагревают газовыми горелками.

Выглаживающая плита имеет угол атаки для регулирования толщины и ровности асфальтобетонного покрытия за счет шарнирного крепления тяговых брусьев к раме асфальтоукладчика.

Толщину асфальтобетонного покрытия устанавливают при начале движения асфальтоукладчика с помощью брусков или подкладок. Подкладки устанавливают под подошву выглаживающей плиты с учетом угла атаки.

²⁵ Назначение и классификация асфальтоукладчиков // Строй-Техника.ру : [сайт]. URL: <https://stroy-technics.ru/article/naznachenie-i-klassifikatsiya-asfaltoukladchikov> (дата обращения: 10.02.2025).

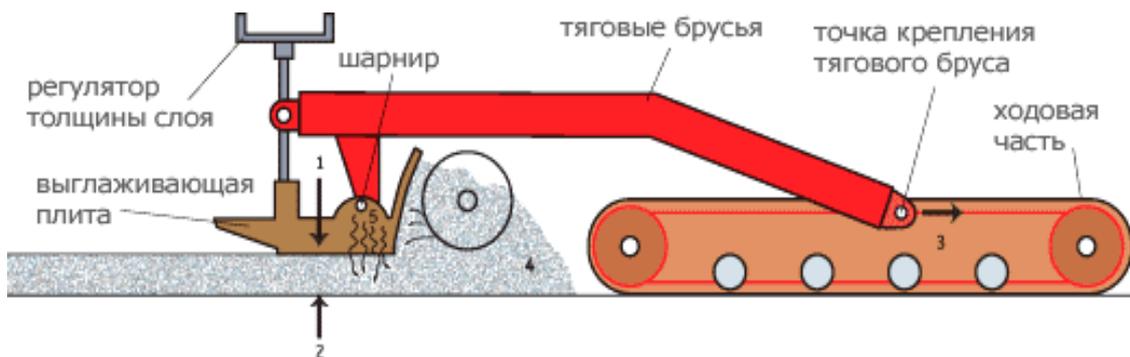


Рис. 5.2. Принципиальная схема работы асфальтоукладчика плиты:
 1 – усилие от выглаживающей плиты; 2 – сила реакции смеси на плиты;
 3 – тяговое усилие; 4 – сопротивление перемещения плиты;
 5 – тепловой нагрев от плиты²⁶

Имеется устройство предварительного уплотнения, представленное на рис. 5.3. Трамбующий брус (1) регулируется бесступенчато до 3 000 уд/мин. Ход бруса составляет от 4 до 8 мм.

Устройство предварительного уплотнения снабжено подогревом.

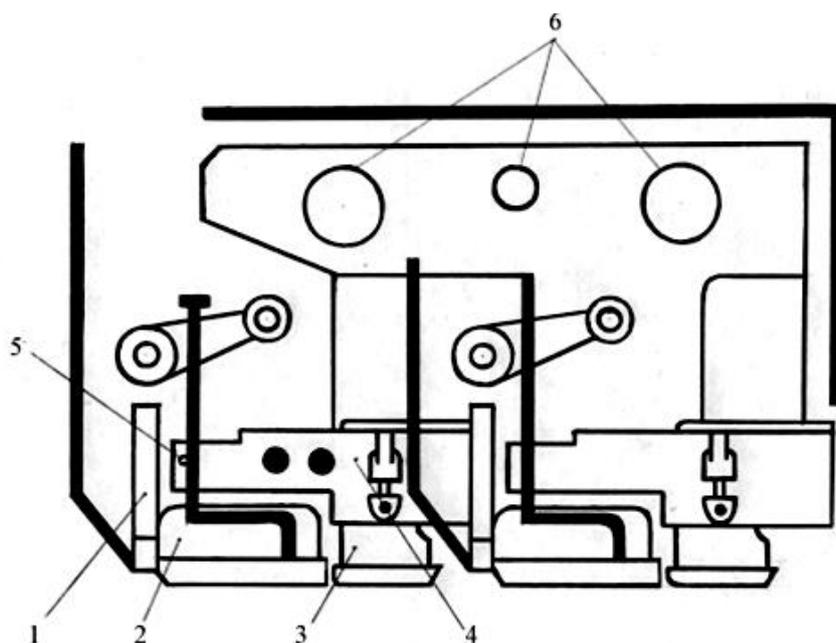


Рис. 5.3. Устройство предварительного уплотнения:
 1 – брус трамбуемый; 2 – привод; 3 – виброплита; 4 – приводная станция;
 5 – узел крепления; 6 – уширители²⁷

²⁶ Назначение и классификация асфальтоукладчиков // Строй-Техника.ру : [сайт]. URL: <https://stroy-technics.ru/article/naznachenie-i-klassifikatsiya-asfaltoukladchikov> (дата обращения: 10.02.2025).

²⁷ Там же.

Ширина вибробруса изменяется от 2,5 до 6,0 м. Имеются устройства для уширения уплотняемой полосы.

На всех асфальтоукладчиках применяется автоматизированная система управления. Эта система регулирует пространственное положение выглаживающей плиты, задают продольные и поперечные профили дорожных покрытий, регулируют скорость движения.

Все механизмы, обеспечивающие стабилизацию положения рабочих органов, снабжены датчиками.

Основные технические характеристики асфальтоукладчиков представлены в таблице ниже и в прил. 1. (П1.1–П1.3).

Основные технические характеристики асфальтоукладчиков

Основные параметры машины	Марка машины			
	ДС-200 колесный	АК-7,5 колесный	ДС-199 гусеничный	ДС-195 гусеничный
Двигатель, кВт	44	74	44	44
Производительность, т/ч	210	450	210	210
Бункер, т	12	12	10	10
Ширина слоя, м	от 2,5 до 4,5	от 4,53 до 7,5	от 4,53 до 7,5	от 4,53 до 7,5
Масса, т	13,5	17,5	13,5	13,5
Наибольшая толщина слоя, см	22	30	22	22

Предприятие «Брянский Арсенал» выпускает асфальтоукладчик типа ДС-181 и АсфК-2.

Расчет эксплуатационной производительности асфальтоукладчиков

При оценке эксплуатационной производительности асфальтоукладчиков можно воспользоваться выражением:

$$\Pi = \frac{Q_6 K_3 \gamma \cdot K_{\text{и}} (60 - t_{\text{пр}})}{t_{\text{см}} + t_{\text{загр}} + \sum t_{\text{ман}} + \sum t_{\text{раск}} + \sum t_{\text{пер}} + t_{\text{п.з.}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{ман}}}, \quad (5.1)$$

где Q_6 – геометрическая вместимость бункера для асфальтобетонной смеси, м³;

K_3 – степень заполнения бункера асфальтобетонной смесью;

γ – плотность асфальтобетонной смеси, т/м³;
 $t_{пр}$ – время простоя асфальтоукладчика от ожидания загрузки, мин;
 $t_{см}$ – время, затрачиваемое на обработку бункера, мин;
 $t_{загр}$ – время, затрачиваемое на загрузку бункера, мин;
 $t_{оч}$ – время, затрачиваемое на подготовку бункера, мин;
 $t_{ман}$ – время, затрачиваемое на маневрирование машины при загрузке бункера, мин;
 $t_{п.з.}$ – время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные работы, мин;
 $\sum t_{пер}$ – время, затрачиваемое на переезд асфальтоукладчика к месту производства работ, мин;
 $\sum t_{раск}$ – время, затрачиваемое на укладку асфальтобетонной смеси, мин;
 $\sum t_{ман}$ – суммарное время перемещения машины, мин.
 Время, затрачиваемое на распределение асфальтобетонной смеси, можно оценить по формуле:

$$t_{раск} = \frac{Q_б}{b_1 h_{ср} v_p}, \quad (5.2)$$

где $Q_б$ – емкость бункера асфальтоукладчика, м³;
 b_1 – ширина полосы покрытия, м;
 $h_{ср}$ – толщина слоя асфальтобетонной смеси, м;
 v_p – скорость укладки, м/мин.

5.2. Машины для перегрузки асфальтобетонных смесей

С целью повышения скорости и производительности укладки асфальтобетонных смесей и одновременного существенного повышения качества дорожных покрытий могут быть использованы устройства перегрузки смеси из самосвалов в бункер асфальтоукладчика [17].

Перегружатели выпускаются с целью устранения температурной и гранулометрической сегрегации, расслоения смеси и исключения взаимодействия самосвала с асфальтоукладчиком.

Расслаивание асфальтобетонной смеси происходит при выгрузке из смесителей, хранении в емкостях АБЗ, транспортировке на автосамосвалах, разгрузке из автосамосвалов в бункер асфальтоукладчика.

Помимо зерновой сегрегации, присутствует еще и температурная сегрегация смеси. Температурная и зерновая сегрегация напрямую

вливают на качество укладываемого асфальтобетона. При этом срок его службы сокращается в несколько раз.

Перегрузатель асфальтобетонной смеси типа «челночный багги» представлен на рис. 5.4. Он выполнен как самоходная машина и имеет приемный ковш, в который самосвал выгружает смесь. В ковше установлен смесительный шнек для предварительного перемешивания в однородную массу асфальтобетонной смеси. Имеется накопительный бункер, из которого смесь подается в основной бункер укладчика транспортерами. В задней части машины имеется конвейер для выгрузки смеси в асфальтоукладчик. Конвейер может поворачиваться на 50° влево или вправо. Разгрузочный конвейер оснащен теплоизоляцией.

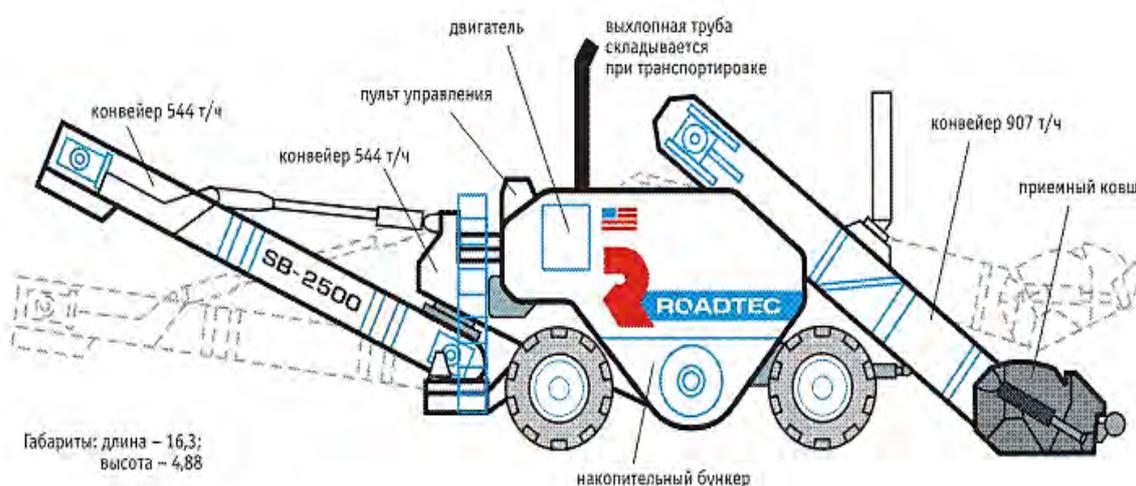


Рис. 5.4. Перегрузатель асфальтобетонной смеси типа Шатлл Багги SB-2500²⁸

Перегрузатель имеет полный привод. Привод обеспечивает рабочую и транспортную скорость.

Бункер имеет многошаговый шнек, который перемешивает асфальтобетонную смесь. Расстояние между канавками шнекового вала выбрано с учетом шага шнека. При вращении шнека в асфальтобетонной смеси весь материал попадает в пространство между канавками и перемещается сквозь массу материала. При этом весь материал выгружается в приемный бункер (рис. 5.5). Шнек имеет переменный шаг, поэтому смесь перемешивается в разных точках бункера, при этом

²⁸ ROADTEC SB-2500e/ex Транспортные средства для передачи материалов // Global-CE.com : [сайт]. URL: https://russia.global-ce.com/product/material_transfer_vehicles/roadtec/sxya.html (дата обращения: 10.02.2025).

холодный материал с краев смешивается с горячим материалом из центральной части. Бункер также оснащен теплоизоляцией.

Общая емкость бункера перегрузчика может достигать 23 т. При установке его к асфальтоукладчику появляется дополнительная возможность принять еще до 15 т.

Погрузчик-челнок позволяет принимать асфальтобетонную смесь до 800 т/ч. Задний ленточный транспортер может подавать смесь в асфальтоукладчик со скоростью до 400 т/ч.

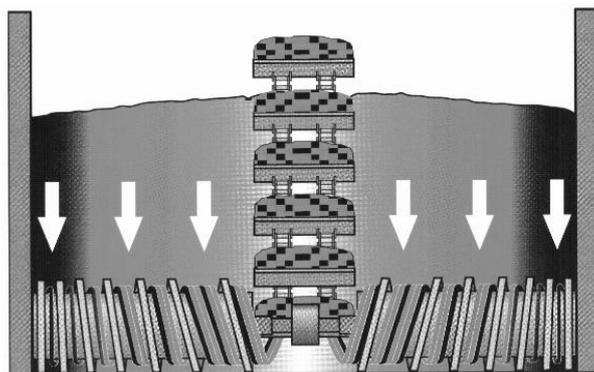


Рис. 5.5. Схема работы шнекового бункера²⁹

В настоящее время перегружатели выпускают: *Vogele* – это тяжелый гусеничный перегружчик типа *MT-1000*; *SB-1550* и *Дунарас MF-250*. На рис. 5.6 представлен колесный перегружатель асфальтобетонной смеси *Weiler E2850*. Транспортная масса составляет 33,8 т, а емкость приемного бункера – 23 т.



²⁹ ROADTEC SB-2500e/ex Транспортные средства для передачи материалов // Global-CE.com : [сайт]. URL: https://russia.global-ce.com/product/material_transfer_vehicles/roadtec/sxya.html (дата обращения: 10.02.2025).

Рис. 5.6. Колесный перегружатель асфальтобетонной смеси
*Weiler E2850*³⁰

Основные технические характеристики перегружателей представлены в прил. П1.4. Перегрузочные машины предлагают еще и ряд других преимуществ. К ним относятся: улучшение степени маневрирования асфальтоукладчиков, высвобождение автосамосвалов. Их удобно использовать при ручном труде, т. к. разгрузочный конвейер может работать в обоих направлениях. Разгрузочный конвейер может поворачиваться до 50° вправо и влево, что позволяет осуществлять укладку смесей с разных сторон дорожного покрытия.

Технологическая схема работы асфальтового перегружателя со смежной полосы представлена на рис. 5.7 [12].

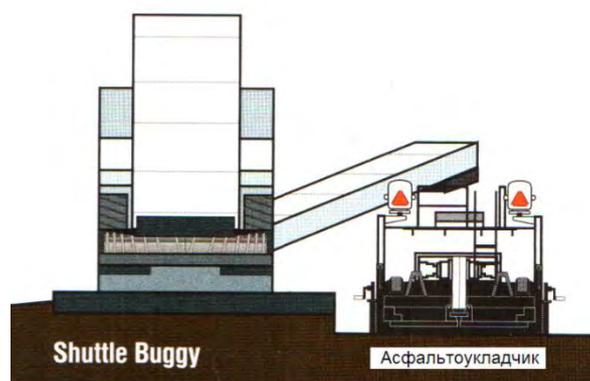


Рис. 5.7. Технологическая схема работы асфальтового перегружателя со смежной полосы³¹

Это позволяет обеспечить непрерывное движение асфальтоукладчика и устранить дефекты, связанные с остановкой или изменением скорости его движения.

Расчет производительности машин для перегрузки асфальтобетонной смеси

Работа в перегрузчике всех элементов должна быть согласованной, поэтому производительность шнекового питателя, ленточного конвейера и элеватора должна соответствовать следующему условию:

³⁰ Антисегрегационный перегружатель WEILER E2850 // БиЭйВи : [сайт]. URL: <https://bavcompany.ru/catalog/technics/arkhiv-dorozhnoy-tekhniki/weiler-e2850/> (дата обращения: 02.02.2025).

³¹ Антисегрегационный перегружатель WEILER E2850 // БиЭйВи : [сайт]. URL: <https://bavcompany.ru/catalog/technics/arkhiv-dorozhnoy-tekhniki/weiler-e2850/> (дата обращения: 02.02.2025).

$$P_{ш} \leq P_э \leq P_к, \quad (5.3)$$

где $P_{ш}$ – производительность шнекового питателя, м³/ч;

$P_э$ – производительность элеватора, м³/ч;

$P_к$ – производительность ленточного конвейера, м³/ч.

Производительность шнекового питателя может быть определена по выражению:

$$P_{ш} = 3600 D_{ш}^2 t_{ш} n \rho_0 k_{п} k_3,$$

где $D_{ш}$ – диаметр шнекового питателя, м;

$t_{ш}$ – шаг шнека питателя, $t_{ш} = D_{ш}$;

n – частота вращения шнека, об/мин;

$k_{п}$ – коэффициент, учитывающий уменьшение производительности питателя;

k_3 – коэффициент, учитывающий степень заполнения поперечного сечения питателя.

Эксплуатационная производительность ковшового элеватора оценивается по выражению:

$$P_э = 3,6 \frac{v_{ц}}{t_к} Q k_{н},$$

где $v_{ц}$ – скорость цепи элеватора, м/с;

$t_к$ – расстояние между ковшами элеватора, м;

Q – вместимость одного ковша, м³;

$k_{н}$ – коэффициент, учитывающий степень наполнения ковша.

Эксплуатационная производительность ленточного конвейера оценивается по выражению:

$$P_{л} = 3600 F v_{л} k_{\alpha},$$

где F – поперечное сечение асфальтобетонной смеси на конвейере, м²;

$v_{л}$ – скорость движения конвейера, м/с;

k_{α} – коэффициент, учитывающий степень угла подъема конвейера.

Включение перегружчика в технологический процесс укладки асфальтобетонной смеси позволяет оценить производительность укладчика по выражению:

$$P_y = B h_c v_y \rho_k k_{в}, \quad (5.4)$$

где P_y – эксплуатационная производительность укладчика, т/ч;

B – ширина дорожного покрытия, м;

h_c – толщина слоя асфальтобетонной смеси, м;

v_y – скорость движения асфальтоукладчика, м/мин;

ρ_k – насыпная плотность асфальтобетонной смеси, т/м³;
 k_b – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $k_b = 0,8 \dots 0,9$.

5.3. Особенности использования машин при строительстве дорожных покрытий лесных дорог

Технологические особенности строительства дорожных асфальтобетонных покрытий связаны с особенностью изменения физико-механических свойств смеси в процессе распределения и уплотнения.

Время формирования структуры зависит от толщины укладываемого слоя и погодных условий [12].

На рис. 5.8 представлена технологическая схема строительства асфальтобетонного покрытия. Отличительной особенностью выбора технологии и организации строительства является обеспечение теплового режима строительства покрытия.

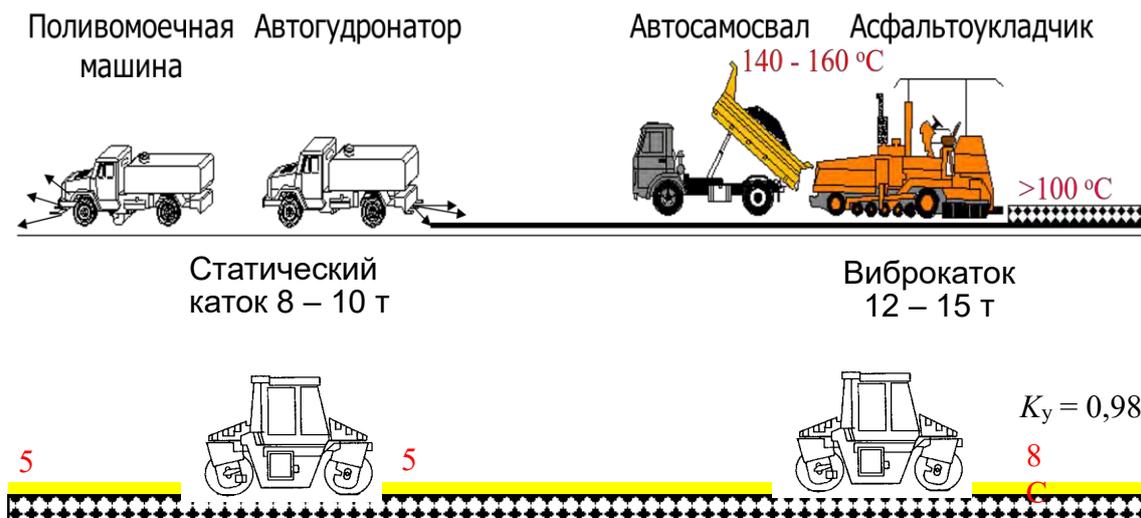


Рис. 5.8. Технологические схемы уплотнения асфальтобетонной смеси:
 T – температура смеси, °C; K_y – коэффициент уплотнения³²

Особенно на процесс остывания покрытия влияет толщина уплотняемого слоя. Тонкие слои толщиной не более 3 см можно укатывать не более 10 мин. Это время необходимо регулировать при отрицательных температурах от -5 °C. В противовес этому на толстых слоях более

³² Базовые принципы уплотнения асфальта // НАК машинери : [сайт]. URL: <https://nationalrent.ru/spravochnik/stati/bazovye-printsipy-uplotneniya-asfalta/> (дата обращения: 02.02.2025).

8 см время, отводимое на полное уплотнение, можно увеличить почти в четыре раза.

Для интенсификации технологического процесса укладки используют виброкатки, т. к. только применение других катков не способствует в получении качественных асфальтобетонов.

Один виброкаток с различными режимами работы и вибрации может быть эквивалентен трем типам катков: катку статическому с отключенной вибрацией; катку вибрационному со слабым режимом виброколебаний вальца; катку вибрационному с сильным режимом виброколебаний.

При использовании виброкатков необходимо выполнить следующие принципы уплотнения асфальтобетонных смесей:

- виброкаток должен иметь статические и динамические показатели уплотняющей способности, соответствующие типу асфальтобетонной смеси, толщине слоя и температуре окружающего воздуха;
- необходимо использовать хорошо зарекомендовавшие себя типоразмеры катков, например, 1 200 на 1 300 мм или 1 300 на 1 400 мм;
- необходимо регулировать общее силовое воздействие вальца на уплотняемую поверхность. Регулировать необходимо как центробежную силу вибровозбудителей, так и статическую силу от веса вальца. Желательно иметь не менее четырех ступеней регулирования;
- величина центробежной силы от вибровозбудителей должна находиться для тонких слоев в диапазоне от 2,5 до 3,5 g , для толстых слоев от 4,5 до 5,5 g (g – ускорение свободного падения);
- необходимо обеспечить виброкаток автоматической системой отключения вибрации для исключения переуплотнения смеси.

Технология уплотнения асфальтобетонной смеси следующая. В начале уплотнения виброкаток работает в статическом режиме и совершает предварительную подкатку горячей смеси. Обычно достаточно двух проходов по одному следу.

После включения вибровозбудителя совершают от четырех до шести проходов по одному следу. В процессе уплотнения контролируют ровность покрытия и не допускают образования сдвиговых волн на покрытии.

В итоге производится не менее десяти проходов по одному следу. На заключительном этапе уплотнения тяжелый статический каток на малой скорости совершает еще от четырех до восьми проходов.

Рабочие скорости катков выбираются исходя из типа асфальтобетонной смеси и погодных условий.

При производстве работ на строительстве асфальтобетонного покрытия основными дефектами могут быть такие, как короткие волны длиной 7...10 см и длинные волны длиной 40...60 см.

Различают следы от выглаживающей плиты, растрескивание, выпотевание битума, продольные и поперечные трещины [16].

В качестве основных причин появления таких дефектов, как неоднородность текстуры покрытия; поверхностные волны на покрытии; разрывы поверхности покрытия; «жирные пятна»; «стиральная доска»; «короткие волны»; «шнековые тени» и т. д., можно выделить: расслоение смеси, нестабильный зерновой состав смеси, податливое основание, температурная сегрегация, простои между загрузками смесью, силовое взаимодействие автосамосвала с асфальтоукладчиком, нестабильная подача смеси к выглаживающей плите, большая скорость асфальтоукладчика, резкое торможение виброкатка, остановка виброкатка с включенным вибратором.

5.4. Современные технологии строительства асфальтобетонных дорожных покрытий

Анализ появления колеяности и образование пластических деформаций на асфальтобетонных покрытиях привели к выводу, что дефекты чаще всего возникают в верхних слоях. Поскольку именно температурный интервал укладываемых смесей оказывает основное влияние на формирование структуры асфальтобетонов, была разработана технология по принципу «Компакт-асфальт» [4].

Технология «Компакт-асфальт» заключается в замене нескольких асфальтоукладчиков на один, способный укладывать одновременно два слоя из асфальтобетонных смесей различного состава.

На рис. 5.9 представлена технология устройства асфальтобетонного покрытия за один проход по технологии «горячее по горячему».



Рис. 5.9. Схема асфальтоукладчика для реализации технологии типа «горячее по горячему»³³

Одновременная укладка нижнего и верхнего слоев асфальтобетонного покрытия позволяет не только обеспечить сцепление между слоями, но и уменьшить минимальную толщину верхнего слоя.

Самостоятельная работа

Ответьте на контрольные вопросы в прил. 2 по теме «Машины для строительства и ремонта дорожных покрытий лесных дорог».

³³ Компакт-асфальт на дорогах России // Основные средства : [сайт]. URL: <https://osl.ru/article/7532-kompakt-asfalt-na-dorogah-rossii> (дата обращения: 02.02.2025).

ГЛАВА 6. МАШИНЫ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ СТАРЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

В главе приводятся данные по использованию машин для регенерации старых дорожных покрытий лесных дорог. Рассмотрены технологии строительства покрытий с применением ресайклеров.

6.1. Общие сведения о регенерации асфальтобетонных покрытий

Под регенерацией старого дорожного покрытия понимают его фрезерование с последующим смешением асфальтового гранулята с каменным материалом и с битумной эмульсией и уплотнением полученной смеси.

Такой способ ремонта дорожных покрытий имеет определенные преимущества. Во-первых, отсутствует необходимость вывоза фрезерованного материала старого дорожного покрытия и завоза новой горячей асфальтобетонной смеси. Отсутствует необходимость в складировании материала. Во-вторых, отсутствует предварительный разогрев старого материала, что является ресурсосберегающей технологией. Существенно уменьшается расход битумных материалов. Используется старый каменный материал без его удаления и транспортировки [18].

Существуют следующие схемы холодного ресайклинга: неполный ресайклинг с фрезерованием на неполную толщину всей дорожной одежды – чаще всего составляет от 5 до 10 см; полный ресайклинг с фрезерованием на полную толщину всей дорожной одежды – обычно составляет от 10 до 30 см.

На рис. 6.1 представлены основные схемы ресайклинга.

После разравнивания и уплотнения переработанного слоя дорожной одежды получаем монолитный конструктивный слой. Однако прочность такого покрытия несколько меньше, чем при новом строительстве, поэтому поверх него наносится всегда слой износа.

Хотя на дорогах с низкой интенсивностью движения достаточно провести только поверхностную обработку.

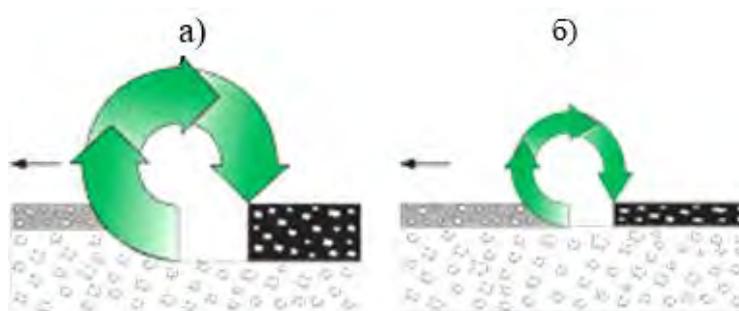


Рис. 6.1. Основные способы холодного ресайклинга дорожной одежды:
а – полный ресайклинг; *б* – неполный ресайклинг³⁴

Имеется разновидность ресайклинга с производством асфальтобетонной смеси на асфальтобетонном заводе.

6.2. Машины и механизмы для восстановления дорожных покрытий лесных дорог способом регенерации

На рис. 6.2 представлен рабочий орган ресайклера дорожно-строительной машины для измельчения старого дорожного покрытия и перемешивания его с новыми материалами.

Там же представлен фрезерно-роторный смеситель. Ротор вращается против направления движения машины, он разрушает и измельчает материал старой дорожной одежды (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Схема работы фрезерно-роторного смесителя ресайклера³⁵

³⁴ Подгорнов М. Холодный ресайклинг // Ironcon : [сайт]. URL: <https://ironcon-lab.ru/articles/h%D0%BElodnyj-resajkling/> (дата обращения: 10.02.2025).

³⁵ Асфальтогранулобетонная смесь // Селена : [сайт]. URL: <https://www.npf-selena.ru/technologies/asfaltogranulobetonnaja-smes/> (дата обращения: 10.02.2025).

При работе машины в камеру смешения вводятся жидкие вяжущие, подаваемые из внешних емкостей по шлангам. Используют цементно-водную суспензию или битумные эмульсии – отдельно или в их комбинации. Имеется оборудование для формирования и подачи вспененного битума.

Подача минеральных вяжущих возможна несколькими способами. Например, цемент распределяется перед ресайклером в виде слоя, распределенного на покрытии обрабатываемого старого дорожного покрытия.

Представленная на рис. 6.3 группа строительных машин предназначена для измельчения и структурирования грунтового материала с цементом. Создание водно-цементной взвеси осуществляется в установке типа *WM 1000*. Полученная суспензия по шлангу поступает в смесительную камеру фрезерно-роторного смесителя. Хотя обычно цемент или известь распределяют перед машиной на покрытии. В этом случае установка *WM 1000* заменяется машиной КДМ.

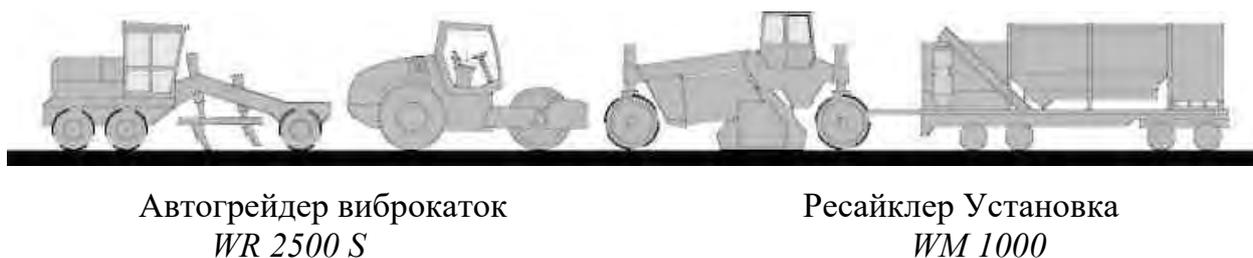


Рис. 6.3. Отряд дорожно-строительных машин при обработке покрытия минеральными вяжущими³⁶

Слой измельченного и обработанного материала предварительно уплотняют катком. Затем обработанный слой профилируется автогрейдером и окончательно уплотняется виброкатками.

В случае применения комплексного вяжущего формируется примерно такая же группа машин.

Общая классификация холодного ресайклинга представлена на рис. 6.4 [18].

Наиболее часто используется переработка только для асфальтобетонных покрытий.

³⁶ Подгорнов М. Холодный ресайклинг // Ironcon : [сайт]. URL: <https://ironcon-lab.ru/articles/h%D0%BE1odnyj-resajkling/> (дата обращения: 10.02.2025).

При этом варианте переработки старой асфальтобетонной смеси необходимо учитывать, что:

- тип и состав материала существующей дорожной одежды подверглись старению, и свойства вяжущих изменились;
- возникли необратимые деформации и повреждения каменного материала;
- размер повреждения может выходить за пределы слоя износа;
- требуется добавка из дополнительного вяжущего в форме битумной эмульсии;
- требуется корректировка зернового состава смеси.

Холодный ресайклинг

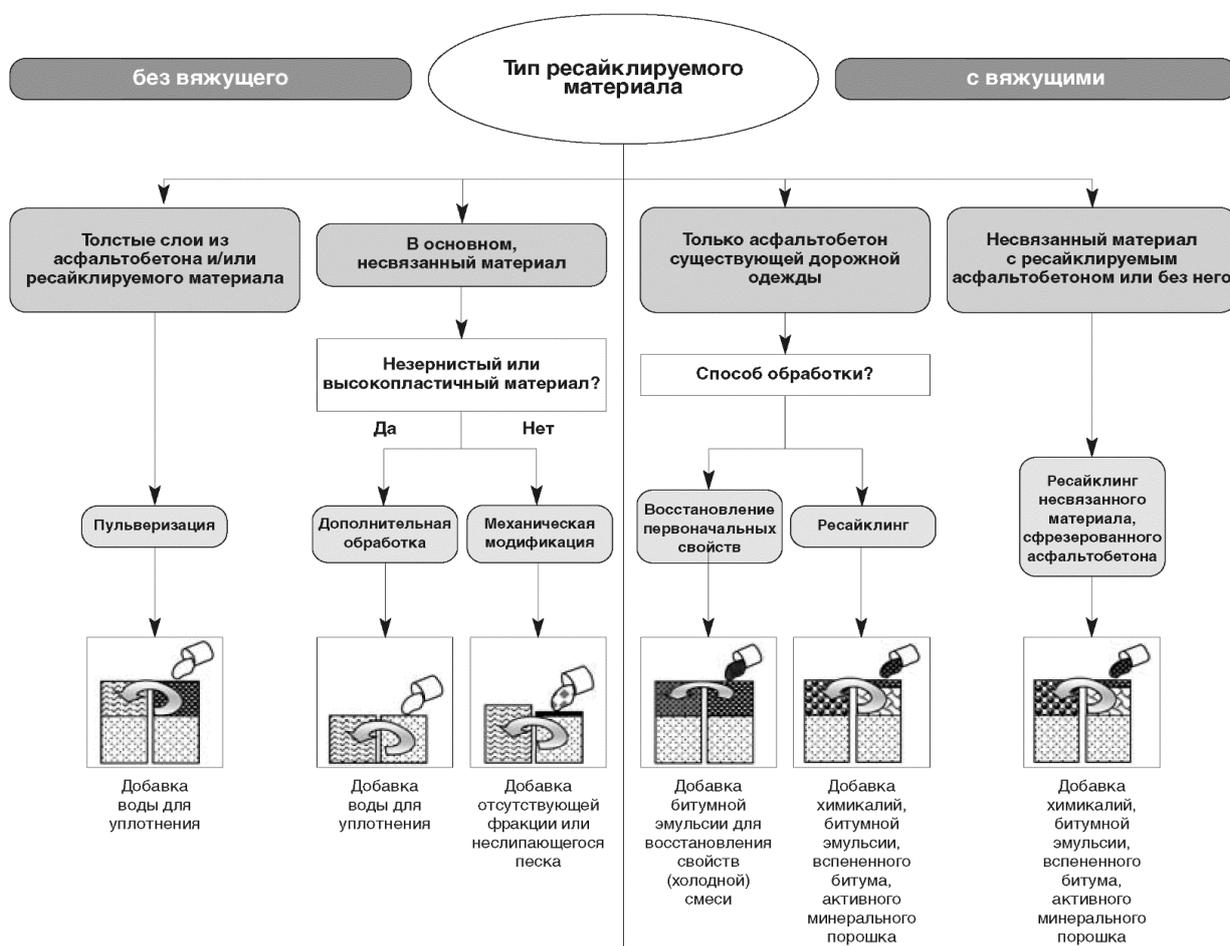


Рис. 6.4. Общая классификация холодного ресайклинга³⁷

³⁷ Асфальтогранулобетонная смесь // Селена : [сайт]. URL: <https://www.npfselena.ru/technologies/asfaltogranulobetonnaja-smes/> (дата обращения: 10.02.2025).

Зерновые составы переработанного фрезерованного материала значительно отличаются от исходных материалов. Зернистость измельчаемого материала значительно отличается от исходного. Именно поэтому нужна коррекция зерновых составов.

Кривые оптимальных зерновых составов и их сравнение с полученным асфальтовым гранулятом представлены на рис. 6.5. Как видно из рис., наибольшей коррекции подвержены мелкие фракции. Чаще всего это фракции менее 1,25 мм.

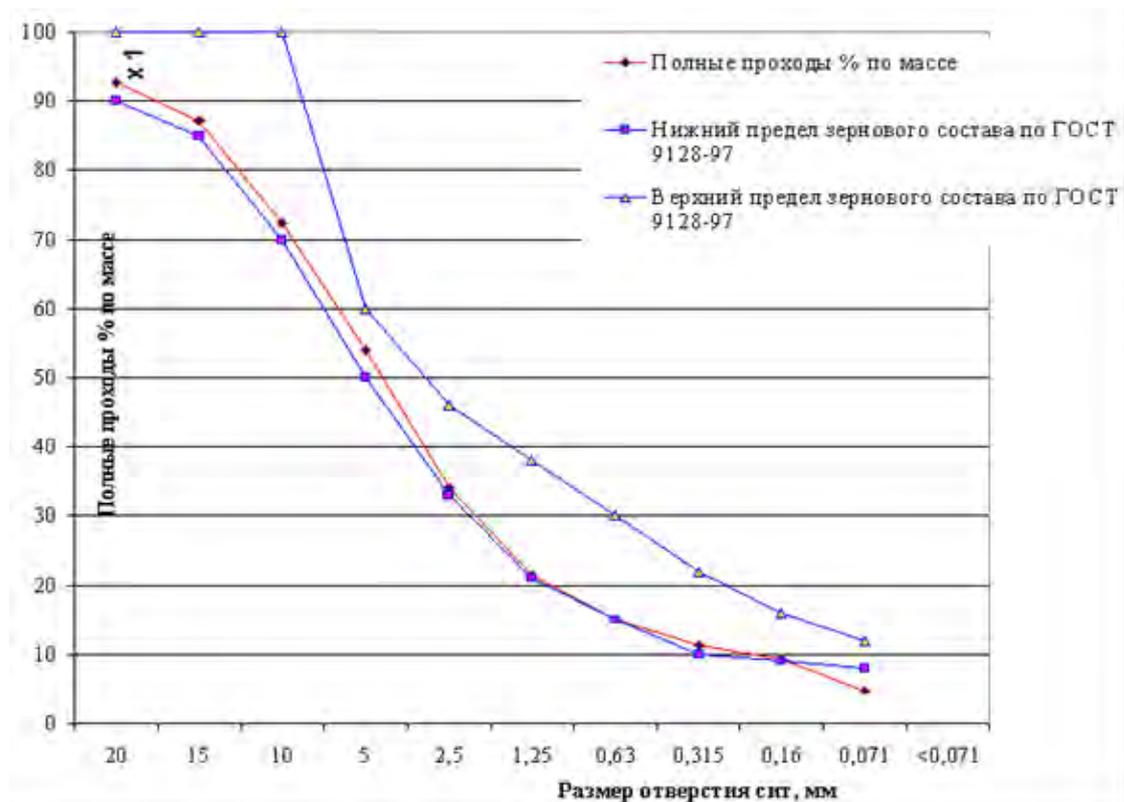


Рис. 6.5. Кривые оптимальных зерновых составов асфальтового гранулята³⁸

После анализа зернового состава полученного асфальтового гранулята в переработанный материал вводится битумное вяжущее.

На рис. 6.6 представлена схема подачи вспененного битума и комплексного вяжущего в рабочую камеру фрезерного барабана машины типа *WR 2500*. Расход вяжущего обычно составляет не более 4,5 % от массы фрезеруемого материала.

³⁸ Применение асфальтовой крошки в дорожном строительстве // Solomatic : [сайт]. URL: <https://nflg.ru/stati/post/asfaltovaya-kroshka-poluchenie-primenenie-gosty> (дата обращения: 01.02.2025).

Машина *WR 2500 S* имеет: массу 26,5 т; мощность двигателя 448 кВт; наибольшую величину погружения фрезы до 50 см; ширину полосы до 2,4 м; частоту вращения фрезы до 200 об/мин; диаметр фрезы с ножами не более 860 мм; скорость от 0 до 200 м/мин. Ее техническая характеристика представлена в прил. П1.6.

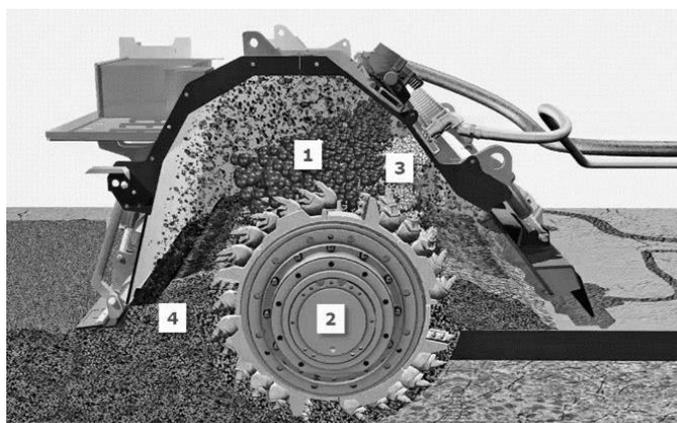


Рис. 6.6. Принципиальная схема подачи вспененного битума в рабочую камеру ресайклера:

1 – подача вспененного битума; 2 – фрезерно-смесительный ротор;
3 – подача цементно-водной суспензии; 4 – обработанный вязкими однородный материал³⁹

Помимо колесных ресайклеров, для работы на лесных автомобилях используют прицепные машины. На рис. 6.7 представлен общий вид прицепного ресайклера для холодного фрезерования типа *Rabaud*.



Рис. 6.7. Внешний вид прицепного ресайклера типа *Rabaud*⁴⁰

³⁹ Подгорнов М. Холодный ресайклинг // Ironcon : [сайт]. URL: <https://ironcon-lab.ru/articles/h%D0%BElodnyj-resajkling/> (дата обращения: 10.02.2025).

⁴⁰ Там же.

Наличие навесного оборудования и сравнительно небольших объемов производства работ позволили именно прицепным ресайклерам активно участвовать в повышении транспортно-эксплуатационных показателей лесотранспортной инфраструктуры.

6.3. Дорожная машина для улучшения физико-механических характеристик грунтов

В п. 6.2 было показано, что машины-ресайклеры могут успешно использоваться для укрепления и стабилизации земляного полотна при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

Земляное полотно оказывает основное влияние на прочностные показатели и эксплуатационное состояние автомобильной дороги. Практика дорожного строительства подтверждает, что существующие грунты нуждаются в улучшении и технической мелиорации. Чаще всего это происходит путем уплотнения дорожными катками или внесением вяжущих.

Однако использование только этих способов улучшения грунтов не позволяет качественно преодолеть эту проблему.

Известно, что для улучшения физико-механических свойств грунтовых материалов необходимо смешение их непосредственно на строительной площадке с добавками с последующим уплотнением полученного материала.

На рис. 6.8 представлена машина *WR 2400 S* с распределительными системами, которые позволяют работать со всеми типами вяжущих. Добавки в виде порошков с помощью машин могут быть введены с наименьшим пылеобразованием.

Стабилизатор оснащен пневмошинами и способен работать на слабых и переувлажненных грунтах.

Рабочим органом стабилизаторов служит фрезерно-смесительный барабан со специальными резцами. На рис. 6.2 представлена схема работы фрезерно-смесительного барабана. Его направление вращения направлено против направления движения стабилизатора. Он измельчает грунтовое основание. Вода или жидкие вяжущие могут быть добавлены в смесительную камеру. Вяжущие подаются в смесительную камеру по гибкому рукаву из самоходной емкости.

Порошкообразные вяжущие распределяются перед стабилизатором и наносятся на грунтовые поверхности. Глубина обработки составляет от 250 до 350 мм.



Рис. 6.8. Внешний вид стабилизера *Wirtgen WR 2400 S*⁴¹

Схема технологического потока представлена на рис 6.4.

Скорость стабилизера составляет от 6 до 12 м/мин, при этом степень смешения материалов в машине сопоставима со смесью из стационарных грунтосмесительных установок.

Перемешивание грунтовых оснований приводит к увеличению их объема, поэтому окончательная стабилизация произойдет только после уплотнения полученной смеси.

Поскольку задние колеса машины движутся по поверхности измельченного грунтового материала, то происходит уплотнение грунтового слоя с обеих сторон. Для устранения неоднородности обработанной поверхности производят подкатку между колес, оставленных колесами машины. Каток для предварительной обработки покрытия подбирают с учетом ширины рабочего органа.

Однако в любом случае это приведет к образованию продольных переуплотненных полос в виде двух дорожек. Окончательная обработка сформированного грунтового слоя производится катком с массой не менее 15 т.

Рассмотрим организацию и технологию производства работ по стабилизации грунтов.

Перед началом производства работ необходимо: подобрать оптимальные составы укрепленных грунтов; определить их проектные физико-механические характеристики; провести подготовительные работы; провести закрепление временной геодезической основы ре-сайклинга.

⁴¹ Функциональный принцип стабилизации грунта // Wirtgen Group : [сайт]. URL: <https://www.wirtgen-group.com/ru-ua/products/wirtgen/technologies/recycling-and-soil-stabilisation/soil-stabilisation-wr-series/> (дата обращения: 10.02.2025).

Все работы по технической мелиорации грунтов выполняются точным методом.

На захватке № 1 производится планирование земляного полотна автогрейдером типа А-120 за один проход по одному следу. Грунтовая поверхность планируется по направлению от оси дороги к бровке, перекрытие между соседними слоями не более 0,15 м.

Эксплуатационную производительность автогрейдера на этих работах оценивают с учетом выражения 3.4.

Состав отряда: машинист автогрейдера – 1 чел. (6 разряд).

Захватка № 2. Выполняемые работы: измельчение покрытия; подкатка; планировка разрыхленной поверхности; окончательное уплотнение обработанного слоя.

Последующие проходы машины осуществляются по готовой кромке обработанной полосы. Ширина обработанной полосы равна ширине ротора. При проходе ресайклера смежные полосы перекрываются на величину до 0,3 м.

Скорость обработки грунтового основания в рабочем направлении происходит со скоростью до 9 м/мин.

Скорость холостого хода машины производить на скоростях не более 15 м/мин.

Минеральные вяжущие, такие как цемент или известь, наносят на покрытие непосредственно перед началом движения машины.

Обработку грунтовой поверхности необходимо производить при оптимальной влажности грунта.

Вяжущее добавляется в процессе смешения в камере фрезерного барабана. Битумная эмульсия добавляется путем перекачки из передвижной цистерны битумовоза через подключенной непосредственно к ресайклеру гибкий рукав.

Технологическая последовательность обработки изображена на рис. 6.9.

Производительность стабилизатора на различных технологических операциях по измельчению и перемешиванию грунтов, м³/с, можно определить по выражению

$$\Pi = v_{\Pi} (B - b_{\Pi}) k_{\text{в}} / n_2, \quad (6.1)$$

где v_{Π} – перемещение машины с рабочей скоростью, м/с;

B – обрабатываемая поверхность, м;

b_{Π} – перекрытие соседних полос, м;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $k_{\text{в}} = 0,8 \dots 0,9$;

n_2 – количество проходов машины по одному следу.

Гладковальцовый каток типа ДУ-86 производит подкатку обработанного грунтового материала, расположенного в колее ресайклера.

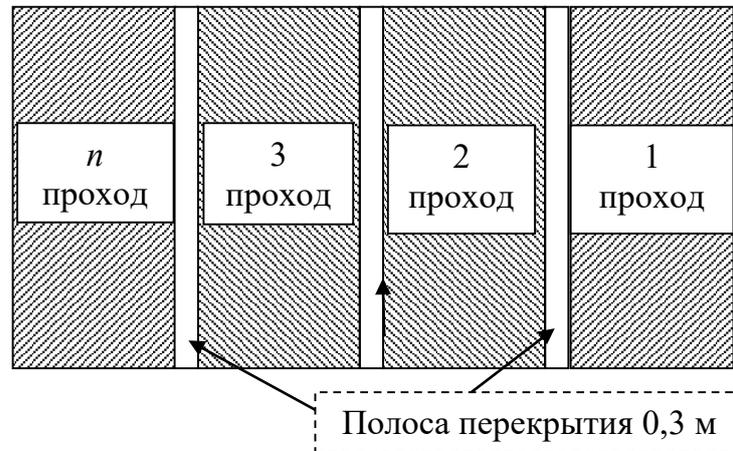


Рис. 6.9. Технологическая последовательность работы стабилизера грунта:
1, 2, 3, n – номера проходов машины

Технологическая последовательность уплотнения представлена на рис. 6.10.

Скорость перемещения катка не более 1,5 км/ч.

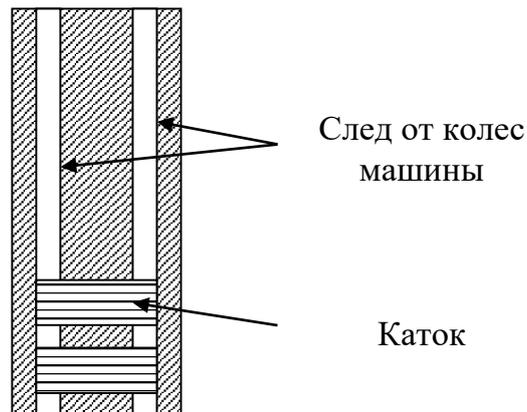


Рис. 6.10. Технологическая схема уплотнения обработанного материала

Оценку эксплуатационной производительности уплотняющей машины при стабилизации грунтов можно проводить по выражению:

$$\Pi_3 = 1000(B_B - a_B)v_k k_B / z, \quad (6.3)$$

где B_B – размер уплотняемой полосы, м;

a_B – перекрытие соседних полос, м;

v_k – скорость уплотнения, км/ч;

k_B – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $k_B = 0,8 \dots 0,9$;

z – количество перемещений катка.

Планирование обработанного грунтового основания тяжелым автогрейдером. Обработанная поверхность профилируется от осевой линии дороги к бровке земляного полотна.

Состав строительного отряда: машинист автогрейдера – 1 чел. (машинист 6 разряда).

Производительность рассчитывается по формуле (3.3).

Порошкообразное вяжущее для укрепления грунта распределяется перед машиной. Производительность распределителя вяжущего, работающего по полному циклу, можно оценить по выражению:

$$\Pi = \frac{QK_3\gamma K_n 60}{q_p \left(\frac{QK_3\gamma 60}{q_p v_m b} + \frac{2l_6 60}{v_{тр.сп.}} + t_{п.} + t_{п.з.} \right)}, \quad (6.5)$$

где Q – бункер распределителя, кг;

K_3 – коэффициент, учитывающий степень заполнения бункера;

γ – удельный вес цемента, кг/м³;

K_n – коэффициент, учитывающий использование рабочего времени, принять $K_n = 0,8 \dots 0,85$;

q_p – плотность распределения вяжущего по дорожному покрытию, кг/м²;

l_6 – расстояние от производства работ до производственной базы, км;

b – обрабатываемая полоса, м;

v_m – рабочая скорость при распределении вяжущего, км/ч;

$t_{п.}$ – продолжительность загрузки распределителя, мин;

$t_{п.з.}$ – время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные операции, мин.

Уплотнение обработанного слоя грунта производить катком ДУ-95 с включенным вибратором за 12 проходов по одному следу. Скорость перемещения от 1,5 до 5 км/ч.

Состав отряда: машинист катка – 1 чел. (машинист 5 разряда).

Битумная эмульсия подается непосредственно в смесительный барабан.

Самостоятельная работа

Ответьте на контрольные вопросы в прил. 2 по теме «Машины для регенерации старых дорожных покрытий лесных дорог».

ГЛАВА 7. МАШИНЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Глава посвящена особенностям применения машин для восстановления дорожных покрытий лесных дорог.

7.1. Общие сведения о устройстве эксплуатационных слоев на дорожных покрытиях

Технология нанесения слоев износа на дорожные поверхности автомобильных дорог связана с обеспечением требуемых сцепных качеств и повышением износостойкости [12, 19].

Поверхностные обработки с использованием каменных материалов устраивают преимущественно для тяжелых дорожных условий, обычно на дорогах I или II технических категорий.

В зависимости от диагностики дорожных покрытий поверхностная обработка может быть либо одиночной, либо двойной. В случае поверхностной обработки цементобетонных дорожных покрытий необходимо производить только двухступенчатую обработку.

Материал, используемый для осуществления поверхностной обработки, должен обладать: прочностью, морозоустойчивостью, сопротивлением истиранию, сцеплением с вяжущим.

Щебень должен быть кубовидным с минимальным количеством пылеватых и глинистых частиц; зерна пластинчатой формы составляют не более 15 %.

Поверхностная обработка производится с использованием щебня с прочностью по дробимости не менее 1 000 МПа из прочных изверженных горных пород.

Для поверхностной обработки чаще всего применяют вязкие битумы или полимербитумы.

В некоторых случаях применяют битумные эмульсии, чаще всего это либо катионные битумные эмульсии типа ЭБК-1, либо анионные. Все представленные эмульсии должны обеспечить испытание на сцепление пленки вяжущего с щебнем.

Росавтодор классифицирует следующие способы создания эксплуатационных слоев [20]:

1) создание однослойного покрытия с одновременным распределением как вяжущего, так и каменного материала. Применяется для

формирования слоя износа дорожной одежды. Устраивается из щебня фракций от 5 до 10 мм. Используется только для дорог с высокой интенсивностью движения;

2) создание однослойного покрытия с распределением каменного материала в два этапа. На разлитый слой вяжущего распределяют крупную фракцию щебня. В последствии на обработанную поверхность распределяют мелкую фракцию щебня;

3) создание двухслойного покрытия с распределением каменного материала в два этапа. Для ремонта цементобетонных дорожных покрытий;

4) создание многослойного дорожного покрытия с распределением каменного материала в несколько этапов. На дорожное покрытие распределяют щебень крупной фракции с последующим распределением битума, затем щебень мелкой фракции с розливом битума, после уплотняют. Применяется только для автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения.

7.2. Технологии нанесения слоев износа на дорожные покрытия лесных автомобильных дорог

Технологии нанесения слоев износа на дорожные поверхности автомобильных дорог классифицируются по следующим признакам: традиционный способ нанесения слоев износа с отдельным распределением вяжущих и каменных материалов на покрытие; одновременное нанесение слоев износа на дорожные поверхности автомобильных дорог [21].

На рис. 7.1 представлены основные способы нанесения слоев износа на дорожные поверхности автомобильных дорог.

При первом способе устройства одиночной поверхностной обработки необходимо выполнить: подготовку дорожной поверхности; розлив вяжущего материала; распределение щебня по покрытию; уплотнение; уход за покрытием.

Розлив вяжущего производят равномерно по покрытию автогудронаторами. Важно поддерживать требуемую технологическую температуру материала.

Щебень распределяют специальными машинами – щебнераспределителями. На автосамосвал устанавливается навесное оборудование. Кузов должен иметь плоское днище. Высота падения щебня

должна быть такой, чтобы обеспечить равномерное распределение. Щебнераспределители могут иметь расширители и обрабатывать полосу шириной от 2,5 до 4 м.

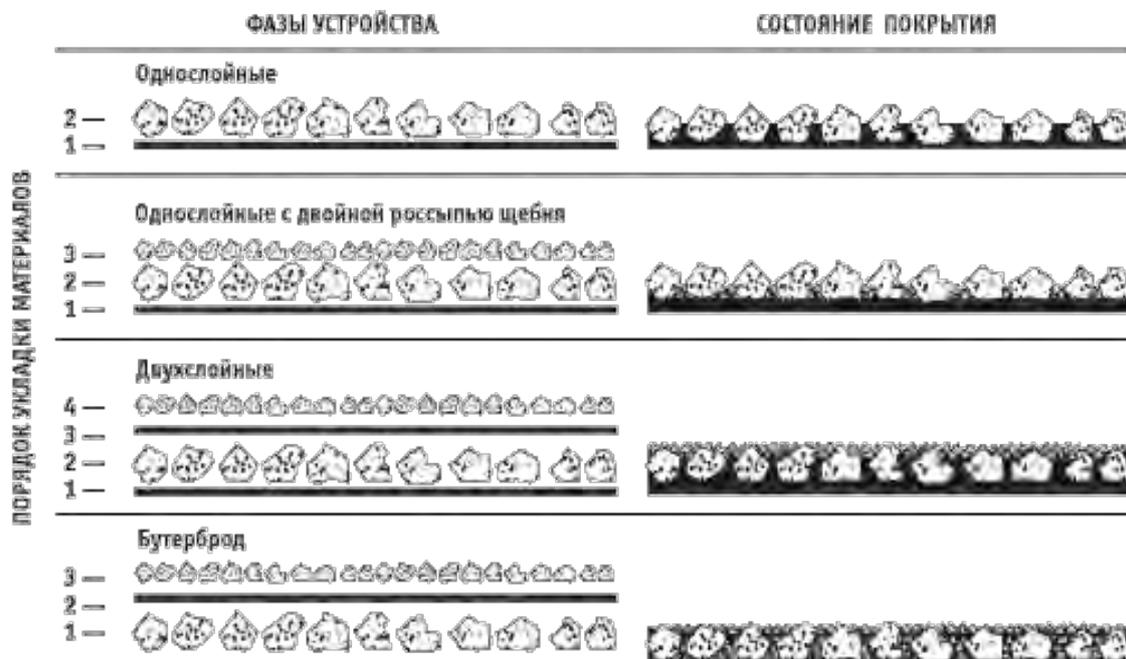


Рис. 7.1. Основные способы нанесения слоев износа на дорожные поверхности автомобильных дорог⁴²

Возможно использование в качестве распределителя самоходного грейдера.

Каменный материал может быть распределен либо в одну щебенку и подкатан катком на пневмоколесах, либо в два слоя.

Уход за дорожной поверхностью производится аналогично обработке с применением вязких битумов.

В течение ухода необходимо поддерживать следующие принципы по организации движения. Скорость движения автотранспорта регулируют по ширине проезжей части и ограничивают до 40 км/ч.

Все неприжившиеся щебенки удаляются с покрытия не позднее чем через одни сутки после открытия движения.

На рис. 7.2 представлена технология одновременного распределения каменных материалов и вяжущего.

⁴² «Сларри Сил» – экономичное решение для сохранения дорожного покрытия // Основные средства. URL: <https://os1.ru/article/12379-slarri-sil-ekonomichnoe-reshenie-dlya-sohraneniya-dorojnogo-pokrytiya> (дата обращения: 10.02.2025).

В прил. 1 (П1.8) приведены основные технические характеристики битумощебнераспределителей.



Рис. 7.2. Технология одновременного распределения каменных материалов и битумных вяжущих⁴³

В случае одновременного распределения вяжущего и каменных материалов время попадания на битумный материал не превышает нескольких секунд, что существенно увеличивает степень приживаемости щебня.

Основные принципы производства работ по созданию слоев износа представлены на рис. 7.3.

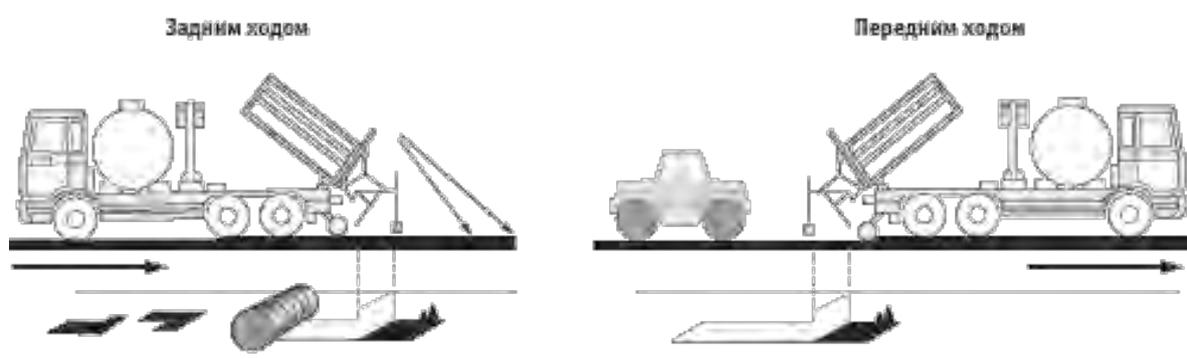


Рис. 7.3. Принципы работы машин для поверхностной обработки⁴⁴

Наиболее известная машина для синхронного распределения – машина типа *Chipsealer-40*. За один цикл работы имеется возможность обработать полосу шириной 3,75 м при длине захватки до 800 м.

⁴³ «Сларри Сил» – экономичное решение для сохранения дорожного покрытия // Основные средства. URL: <https://os1.ru/article/12379-slarr-sil-ekonomichnoe-reshenie-dlya-sohraneniya-dorojnogo-pokrytiya> (дата обращения: 10.02.2025).

⁴⁴ Там же.

7.3. Расчет производительности машин для устройства слоев износа

Производительность автогудронатора при разливе битума на дорожное покрытие, л/ч:

$$\Pi = \frac{60Vk_{\text{в}}}{T}, \quad (7.1)$$

где V – геометрическая вместимость цистерны автогудронатора, л;
 $k_{\text{в}}$ – коэффициент, характеризующий использование времени при работе машины;

T – время, затрачиваемое автогудронатором на один цикл работы, мин;

$$T = t_{\text{н}} + \frac{L_1}{v_{\text{г}}} 60 + \frac{L_1}{v_{\text{п}}} 60 + t_{\text{р}} + t_{\text{м}} + t_{\text{п}}, \quad (7.2)$$

где $t_{\text{н}}$ – время, затрачиваемое на набор битума на базе, мин;

$v_{\text{г}}$ – скорость движения автогудронатора в рабочем состоянии, км/ч;

L_1 – расстояние от базы до места производства работ, км;

$v_{\text{п}}$ – скорость движения порожнего гудронатора;

$t_{\text{р}}$ – время, затрачиваемое на распределение битумного материала по покрытию;

$t_{\text{м}}$ – время, затрачиваемое на маневрирование автогудронатора на базе;

$t_{\text{п}}$ – время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные операции.

Щебнераспределитель, работающий по неполному циклу, может характеризоваться эксплуатационной производительностью, м²/ч:

$$\Pi_{\text{тех}} = 3600 \cdot B \cdot v_{\text{м}}, \quad (7.3)$$

где B – ширина полосы обработки, м;

$v_{\text{м}}$ – скорость щебнераспределителя, м/с.

Щебнераспределитель, работающий по полному циклу, может характеризоваться эксплуатационной производительностью, м²/ч:

$$\Pi = \frac{3600 \cdot Q \cdot \gamma \cdot K_3 \cdot K_{\text{и}}}{q_{\text{р}} \cdot T}, \quad (7.4)$$

где Q – емкость бункера щебне распределителя, м³;

γ – насыпная масса щебня, кг/м³;

K_3 – коэффициент, учитывающий степень заполнения кузова распределителя;

K_n – коэффициент, характеризующий использование времени при работе машины;

q_p – плотность распределения щебня по покрытию, кг/м²;

T – время, затрачиваемое на полный цикл распределения, с;

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (7.5)$$

где t_1 – время распределения щебня по покрытию, с;

t_2 – время перемещения машины к месту заполнения материалами, с;

t_3 – время загрузки материалов, с;

t_4 – время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные операции, с.

Время работы распределителя, с:

$$t_1 = \frac{Q \cdot \gamma \cdot K_3}{q_p \cdot V_p \cdot B}, \quad (7.6)$$

где Q – емкость бункера щебне распределителя, м³;

γ – насыпная масса щебня, кг/м³;

K_3 – коэффициент, учитывающий степень заполнения кузова распределителя;

q_p – плотность распределения щебня по покрытию, кг/м²;

V_p – рабочая скорость машины, м/с;

B – ширина полосы обработки, м.

Время пробега машины к месту загрузки на базу, с:

$$t_2 = \frac{2 \cdot l_6}{V_{тр.ср}}, \quad (7.7)$$

где l_6 – расстояние от места работы до базы, м;

$V_{тр.ср}$ – средняя транспортная скорость щебнераспределителя, м/с.

На рис. 7.4 представлены графики изменения производительности автогудронатора, щебнераспределителя и битумощебнераспределителя в зависимости от емкости цистерны при различных нормах розлива битумной эмульсии.

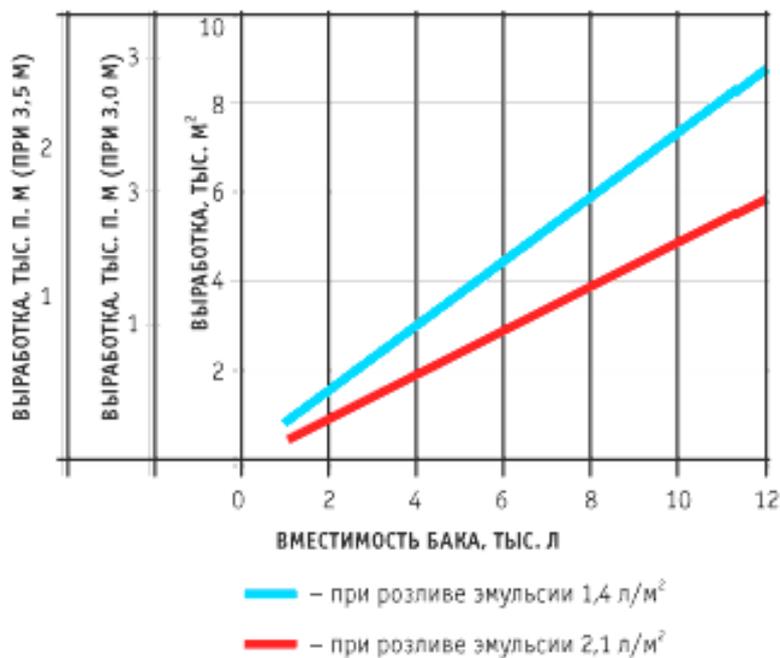


Рис. 7.4. Производительность машин при разливе битумной эмульсии

На рис. 7.5 изображены графики изменения производительности автогудронатора, щебнераспределителя и битумощебнераспределителя в зависимости от вместимости бункера.

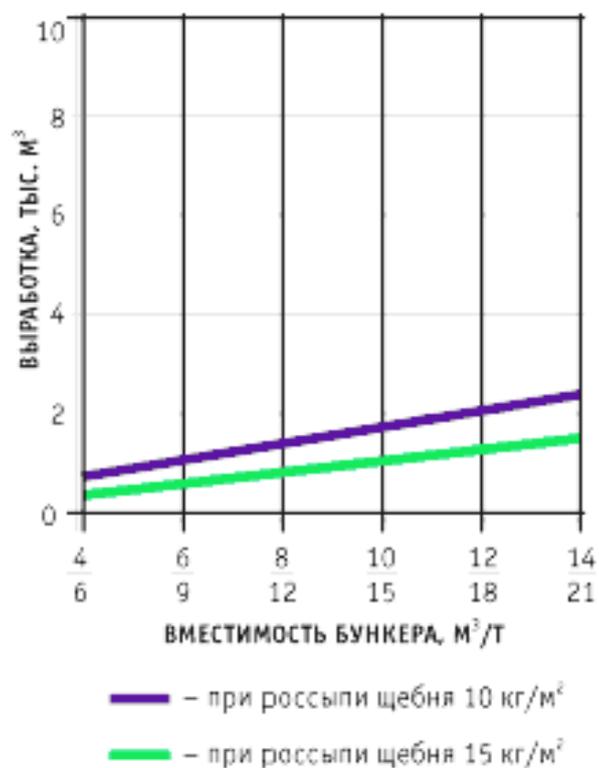


Рис. 7.5. Производительность машин при распределении щебня

Представленные графики показывают преимущество машин с увеличенными емкостями цистерны и бункеров распределителей.

Самостоятельная работа

Ответьте на контрольные вопросы в прил. 2 по теме «Машины для восстановления дорожных покрытий магистральных лесных дорог».

ГЛАВА 8. МАШИНЫ ДЛЯ ЛЕТНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В главе рассмотрены технологические возможности машин для летнего содержания лесных дорог. Приведена методика подбора технологических возможностей поливомоечных машин.

8.1. Дорожные поливочно-моечные машины

Поливочно-моечные машины предназначены для летнего содержания лесотранспортной инфраструктуры, которая включает в себя поливку дорожных покрытий, поливку зеленых насаждений, тушение лесных пожаров и подвоз воды.

В зимнее время поливочно-моечные машины используют в качестве базовых машин для установки плужно-щеточного оборудования снегоочистителей [6, 21].

Общая классификация поливочно-моечных машин приведена на рис. 8.1.

По своему назначению поливочно-моечные машины разделяют на универсальные, специализированные поливочные и моечные.

По способу передвижения поливочно-моечные машины подразделяют на полуприцепные и самоходные.

По типу ходового устройства бывают на автомобилях и на колесных тракторах.

Все поливочно-моечное оборудование размещается на автомобильном шасси. На рис. 8.2. представлен общий вид поливомоечной машины.

Поливочно-моечные машины могут быть с насосной установкой с низким давлением и с высоким. Повышенное давление позволяет уменьшить расход воды при обработке дорожных покрытий.

Заполнение водой цистерны происходит на производственной базе предприятий.

Все цистерны оборудованы системой волнорезов для уменьшения раскочки воды при движении и системой слива отстоя из емкости машины.

Рабочим органом в поливочно-моечных машинах служат поливочные и моечные насадки. Сменные рабочие органы представлены на рис. 8.3.

Сменные поливочные насадки устанавливают симметрично относительно продольной оси дорожной машины.

Моечные насадки расположены несимметрично и повернуты вниз. Машины снабжены двумя моечными насадками. Регулирование положений передних моечных насадок осуществляется посредством гидропривода.



Рис. 8.1. Классификация поливочно-моечных машин⁴⁵

Поливочно-моечные машины снабжены дополнительно отвалом плужного снегоочистителя и щеткой, оборудованием для полива зеленых насаждений и тушения лесных пожаров.

Рабочее оборудование машины включает цистерну с верхней горловиной и центральным клапаном. В прил. П1.9 приведены технические характеристики поливомоечных машин.

⁴⁵ Классификация поливомоечных машин // Баурум.ру : [сайт]. URL: https://www.baurum.ru/_library/?cat=maintenance-roads&id=4199 (дата обращения: 10.02.2025).

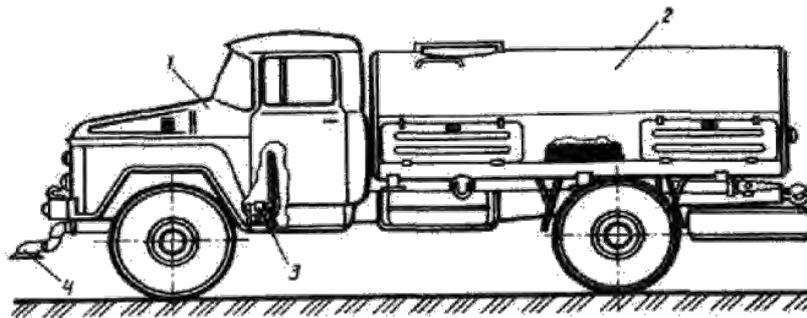


Рис. 8.2. Поливочно-моечная машина:
1 – базовое автомобильное шасси; 2 – водяная цистерна; 3 – насос;
4 – водяная рампа

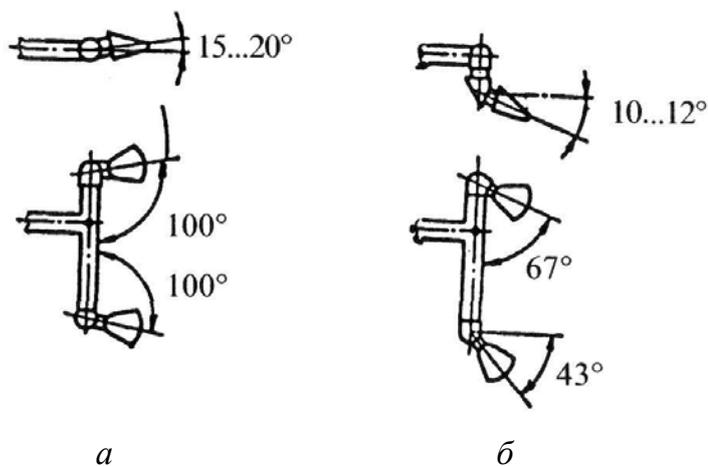


Рис. 8.3. Схемы установки насадок:
а – для мойки дорожного покрытия; б – для поливки
дорожного покрытия

Поливочные и моечные насадки имеют как шарнирное, так и конусное крепление к машине.

Эксплуатационная производительность машины при поливке дорожного покрытия может быть определена из выражения:

$$\Pi = \frac{QK_3K_n 60}{q \left(\frac{QK_3 60}{qbv} + \frac{2l60}{v_{тр.сп.}} + t_n + t_{п.з.} \right)}, \quad (8.1)$$

где Q – геометрическая вместимость цистерны, л;

K_3 – коэффициент, учитывающий степень наполнения цистерны;

K_n – коэффициент использования рабочего времени;

q – расход воды при поливке дорожного покрытия, л/м²;

b – ширина полосы при поливке, м;

v – скорость движения машины при поливке, м/ч;

$v_{тр.сп.}$ – транспортная скорость машины при движении к базе, км/ч;

l – расстояние от места работы до базы, км;
 t_n – время наполнения цистерны водой на базе, мин;
 $t_{п.з.}$ – время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные операции, мин.

8.2. Машины для очистки дорожных покрытий лесных дорог

Подметально-уборочные машины предназначены для удаления загрязнений с твердых дорожных покрытий перед началом производства работ.

Современные подметально-уборочные машины способны убрать загрязнение и обеспечить обеспыливание приземного воздуха на дорожных покрытиях лесотранспортной инфраструктуры [6]. Классификация подметально-уборочных машин представлена на рис. 8.4.

Подметально-уборочные машины перемещают загрязнения с дорожного покрытия косоустановленной цилиндрической щеткой в сторону от направления движения. Они нашли свое применение для очистки от снега дорожных покрытий в зимний период года [22, 23].

Существует несколько типов щеток, так, на рис. 8.5 представлены основные типы щеток.

Цилиндрическая щетка (рис. 8.5, *а*) вращается вокруг своей оси и движется поступательно. Вращение щетки происходит против движения машины. Для повышения эффективности удаления загрязнений щетка нагружается. Ворс щетки в зоне контакта деформируется и отделяет частицы загрязнений за счет сил упругости ворса. Величина перемещения загрязнения регулируется частотой вращения щетки и углом ее установки на машине.

Коническая щетка, представленная на рис. 8.5, *б* имеет диск с приводом и ворс, закрепленный по диску. Принцип взаимодействия щетки с загрязнением аналогичен принципу работы цилиндрической щетки.

При значительных загрязнениях поверхности используют ленточные щетки. Схема действия щетки представлена на рис. 8.5, *в*.

На рис. 8.6 представлено размещение рабочего оборудования подметально-уборочных машин. Различают схему размещения с прямым и обратным забросом загрязнения в бункер (рис. 8.6, *а*, *б*).

В случае использования бункера большой вместимости используются схемы его заполнения различными транспортирующими устройствами (рис. 8.6, *в*, *г*, *д*).

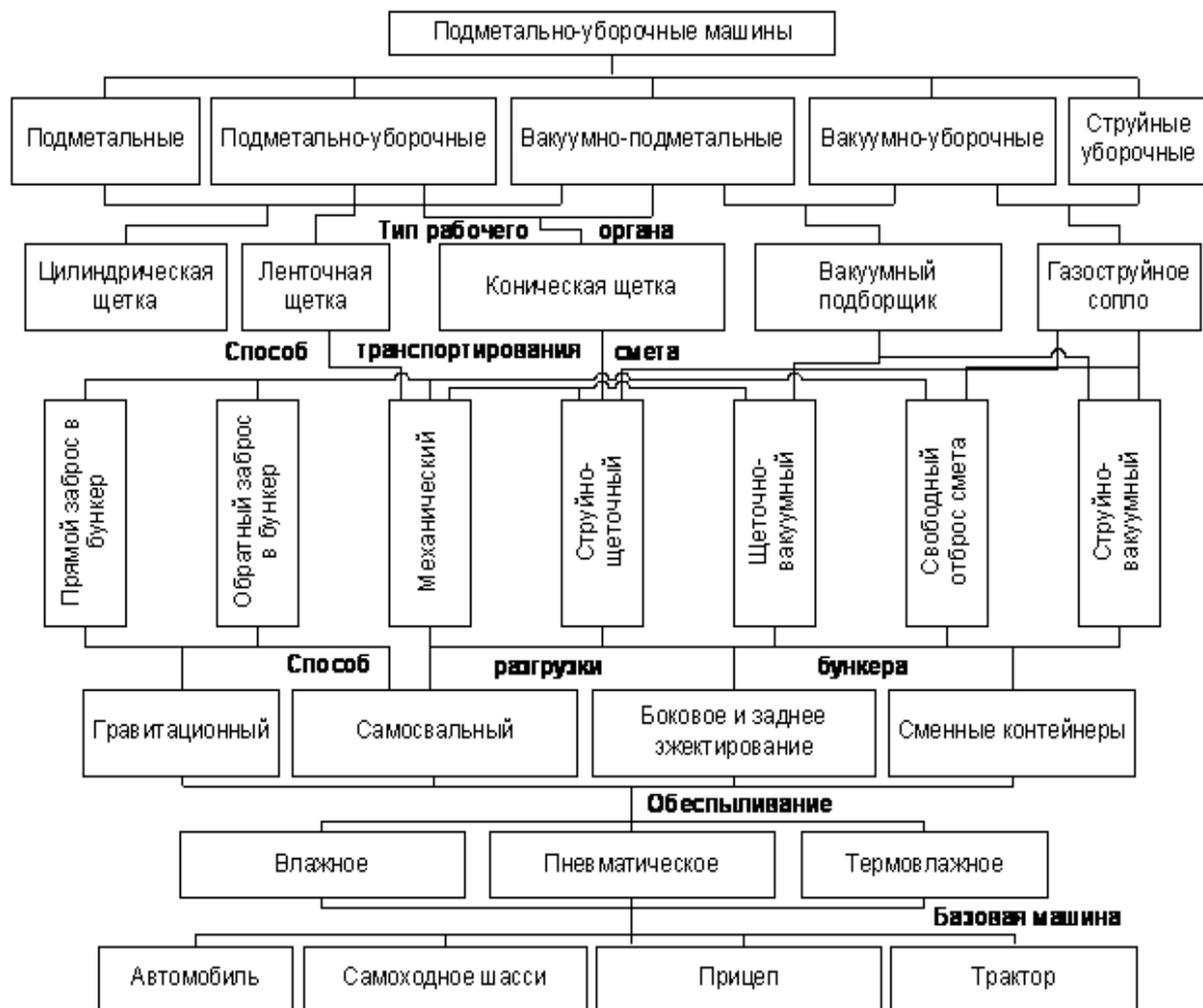


Рис. 8.4. Классификация подметально-уборочных машин⁴⁶



Рис. 8.5. Основные типы щеток подметально-уборочных машин:
a – щетка цилиндрическая; *б* – щетка коническая; *в* – щетка ленточная⁴⁷

⁴⁶ Классификация поливомоечных машин // Баурум.ру : [сайт]. URL: https://www.baurum.ru/_library/?cat=maintenance-roads&id=4199 (дата обращения: 10.02.2025).

⁴⁷ Типы щеток поломоечных машин // Росколумбус : [сайт]. URL: https://ruscolumbus.ru/brushes_types/ (дата обращения: 10.02.2025).

Немаловажным является и возможность разгрузки машины от собранных загрязнений. Существуют различные способы разгрузки рабочих бункеров подметально-уборочных машин.

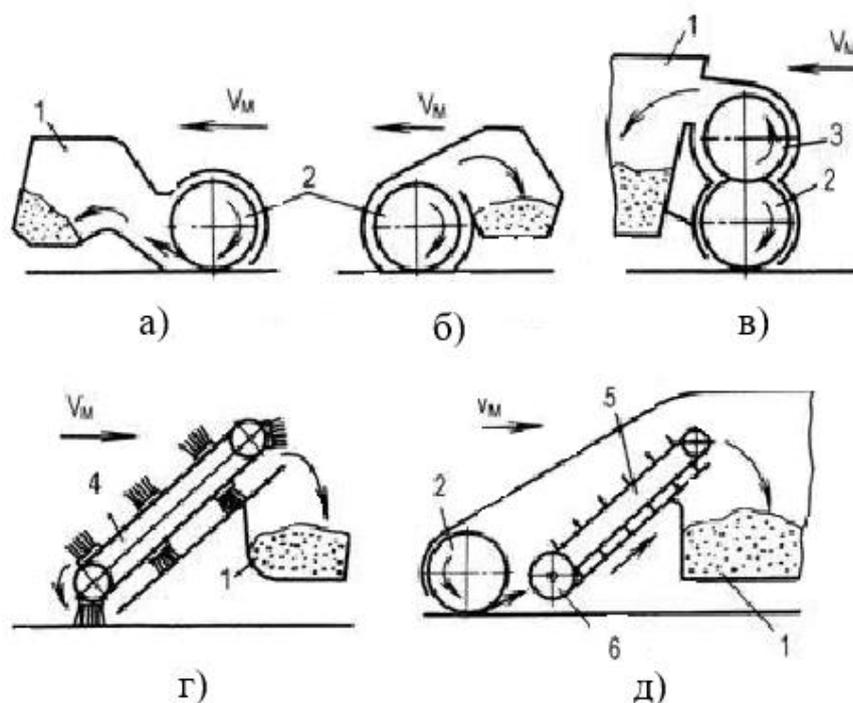


Рис. 8.6. Принципиальные схемы рабочих органов подметально-уборочных машин:

- a* – заброс загрязнений в бункер прямой; *б* – заброс загрязнений в бункер обратный; *в* – заброс загрязнений в бункер при помощи лопастного аппарата;
- г* – заброс загрязнений в бункер ленточной щеткой;
- д* – заброс загрязнений в бункер транспортерами;
- 1* – бункер для загрязнений; *2* – щетка цилиндрическая; *3* – метатель лопастной;
- 4* – щетка ленточная; *5* – транспортер скребковый;
- 6* – шнек⁴⁸ (по материалам В. И. Баловнева)

Это либо гравитационный, когда загрязнения удаляются из бункера под действием собственного веса, либо самосвальный за счет поворота бункера, либо способ принудительный за счет выталкивания механическим приводом.

⁴⁸ Дорожно-строительные машины и комплексы : учебник для вузов / В. И. Баловнев, А. Б. Ермилов, А. Н. Новиков [и др.] ; под общ. ред. В. И. Баловнева. М. : Машиностроение, 1988. 384 с.

8.3. Расчет производительности подметально-уборочных машин

Эксплуатационная производительность подметально-уборочной машины может быть определена по выражению:

$$\Pi = \frac{3600V_6\rho_c K_3 K_n}{Tq_n}, \quad (8.7)$$

где V_6 – объем бункера для загрязнений, м³;

ρ_c – плотность загрязнений, кг/м³;

K_3 – коэффициент, учитывающий степень заполнения бункера загрязнениями;

K_n – коэффициент, учитывающий степень использования машины;

q_n – начальная степень загрязнения дорожного покрытия, кг/м²;

T – время работы подметально-уборочной машины, с.

Время рабочего цикла машины:

$$T = t_1 + t_2 + nt_3 + t_4,$$

где t_1 – время, затрачиваемое на уборку и подметание покрытия, с;

t_2 – время движения машины на полигон твердых отходов, с;

t_3 – время заполнения водой, с;

n – количество заполнений водой;

t_4 – время, затраченное на подготовительно-заключительные работы, с.

Самостоятельная работа

Ответьте на контрольные вопросы в прил. 2 по теме «Машины для летнего содержания лесотранспортной инфраструктуры».

ГЛАВА 9. МАШИНЫ ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В главе рассмотрены особенности зимнего содержания лесных дорог. Проведено обоснование по выбору снегоочистителей.

9.1. Особенности зимнего содержания лесотранспортной инфраструктуры

Работы по зимнему содержанию лесотранспортной инфраструктуры могут быть в виде патрульной очистки лесных дорог и удаления снежных заносов с проезжей части.

Основными машинами при зимнем содержании являются снегоочистители. Снегоочистители – это самоходные машины, которые удаляют снег с дорожных покрытий либо путем его перемещения, либо путем отбрасывания в сторону.

Патрульная очистка лесных дорог. При патрульной очистке лесную дорогу очищают пока продолжается снегопад. Основное требование НТД и рекомендаций по очистке заключается в немедленной очистке в случае выпадения осадков. Патрулирование производится на повышенных скоростях для увеличения дальности отбрасывания снега.

Применяются автомобильные снегоочистители, снабженные скоростными отвалами. При их работе снежная масса не сдвигается, а отбрасывается в сторону. Скорость очистки должна составлять не менее 40 км/ч.

При снегоочистке образуются валы из снега и снежно-ледяных отложений. Снежные валы вначале сдвигают автогрейдером на проезжую часть, а затем снегоочистителями удаляют или отбрасывают в сторону [21, 22, 23].

Удаление снежных заносов с проезжей части. Для удаления снежных заносов используют комплекс снегоочистительных машин, представленных в прил. 1.

В начале образования снежных заносов, когда высота снежного покрова незначительная – от 0,20 до 0,30 м, а плотность снега мала, их расчищают плужными снегоочистителями.

При этих работах эффективность отдельного использования автогрейдеров незначительна. Их необходимо использовать совместно

со снегоочистителями отбрасывающего типа. При такой технологической схеме автогрейдер перемещает снежный вал на обочину, с которой его удаляет роторный снегоочиститель.

Снежные отложения более 1 м расчищаются при помощи бульдозеров или роторных снегоочистителей.

9.2. Снегоочистители зимних лесных дорог

Как было показано выше, снегоочистители предназначены для расчистки лесных дорог и территорий предприятий от снежного покрова.

Снегоочистители бывают плужные и роторные. Могут располагаться на автомобиле или на тракторе.

Плужные снегоочистители с пассивным рабочим органом предназначены для удаления свежевыпавшего или слежавшегося снега путем перемещения его отвалом.

Конструктивные схемы плужных снегоочистителей представлены на рис. 9.1. Их рабочее оборудование позволяет обрабатывать все виды зимних дорожных покрытий лесных дорог.

Отвальное оборудование устанавливается под углом захвата к направлению движения машины. Для увеличения обрабатываемой полосы используют уширители или боковые открылки.

Плужные снегоочистители обеспечивают очистку дорожного покрытия от снега высотой до 0,4 м со скоростью до 10 км/ч.

Для очистки площадок предприятий от снега могут применяться плужно-щеточные снегоочистители, оборудованные цилиндрической щеткой.

Плужно-щеточные снегоочистители обеспечивают удаление снега с дорожного покрытия высотой до 0,4 м со скоростью до 15 км/ч. Их основные характеристики представлены в прил. 1.

Для патрульной очистки от свежевыпавшего неуплотненного снега используют скоростные снегоочистители.

Отвал скоростного снегоочистителя представляет собой коническую поверхность с переменным радиусом кривизны по всей длине отвала. Угол захвата снегоочистителя не более 40° , угол резания не более 40° . При движении машины снег с проезжей части формируется отвалом в виде непрерывной сливной стружки и отбрасывается в сторону. Поэтому скоростные снегоочистители используются только на магистральных лесовозных автомобильных дорогах [2].

На рис. 9.2 представлен момент работы скоростного снегоочистителя.

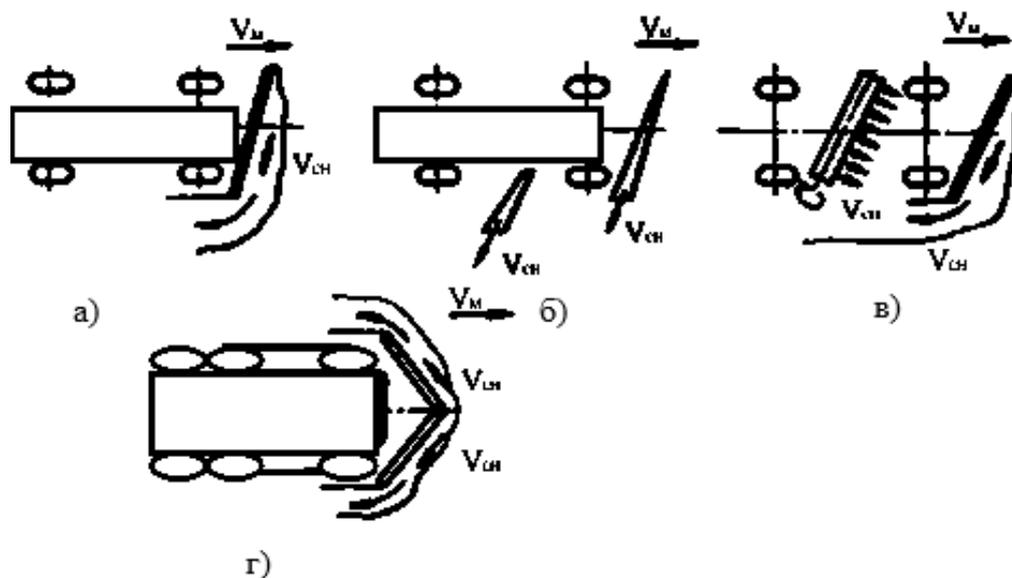


Рис. 9.1. Конструктивные схемы снегоочистителей:

а – плужный одноотвальный снегоочиститель; *б* – плужный одноотвальный снегоочиститель с боковым крылом; *в* – плужный одноотвальный снегоочиститель с конической щеткой; *г* – плужный двухотвальный снегоочиститель⁴⁹



Рис. 9.2. Работа скоростного снегоочистителя⁵⁰

⁴⁹ Дорожно-строительные машины и комплексы : учебник для вузов / В. И. Баловнев, А. Б. Ермилов, А. Н. Новиков [и др.] ; под общ. ред. В. И. Баловнева. М. : Машиностроение, 1988. 384 с.

⁵⁰ Навесные снегоочистители с отвалами // Основные средства. URL: <https://os1.ru/article/20669-navesnye-snegoochistiteli-s-otvalami> (дата обращения: 10.02.2025).

Для очистки лесных автомобильных дорог от снега путем отбрасывания его по баллистической траектории за пределы очищаемой полосы используют роторные снегоочистители.

Все рабочие органы снегоочистителей имеют предохранительные устройства для уменьшения внешнего воздействия на снегоочиститель при контакте с препятствием.

9.2.1. Снегоочистители плужные

Плужные снегоочистители с пассивным рабочим органом предназначены для удаления свежесвыпавшего или слежавшегося снега путем перемещения его отвалом.

Классификация снегоочистителей с плужными рабочими органами приведена на рис. 9.3.

Отвалы сдвигающего действия навешиваются на автомобили или на колесные тракторы. Автогрейдеры на зимних работах также можно отнести к плужным снегоочистителям.

Плужно-щеточные снегоочистители предназначены для удаления снежного покрова высотой до 0,2 м со скоростью до 25 км/ч.

Общая характеристика плужных снегоочистителей представлена в таблице ниже и в прил. 1.

Основные технические параметры
плужных снегоочистителей

Параметры	Одноотвальные снегоочистители	Двухотвальные снегоочистители
Мощность двигателя, кВт	110	от 40 до 250
Ширина захвата, м	1,4	от 2,2 до 5,4
Угол поворота отвала, град.	30	—
Высота отвала, м	0,45	от 1 до 2
Толщина снежного покрова, см	от 30 до 50	от 60 до 120
Дальность отбрасывания снега, м	до 15	—
Рабочая скорость движения, км/ч	до 45	до 15
Масса отвала, кг	до 800	до 950
Производительность машины, м ² /ч	до 11 000	до 50 000

Для патрульной очистки от свежесвыпавшего неуплотненного снега используют скоростные снегоочистители. Скоростной отвал устанавливается на автомобили и разрабатывает свежесвыпавший снег толщиной до 0,15 м со скоростью более 40 км/ч.

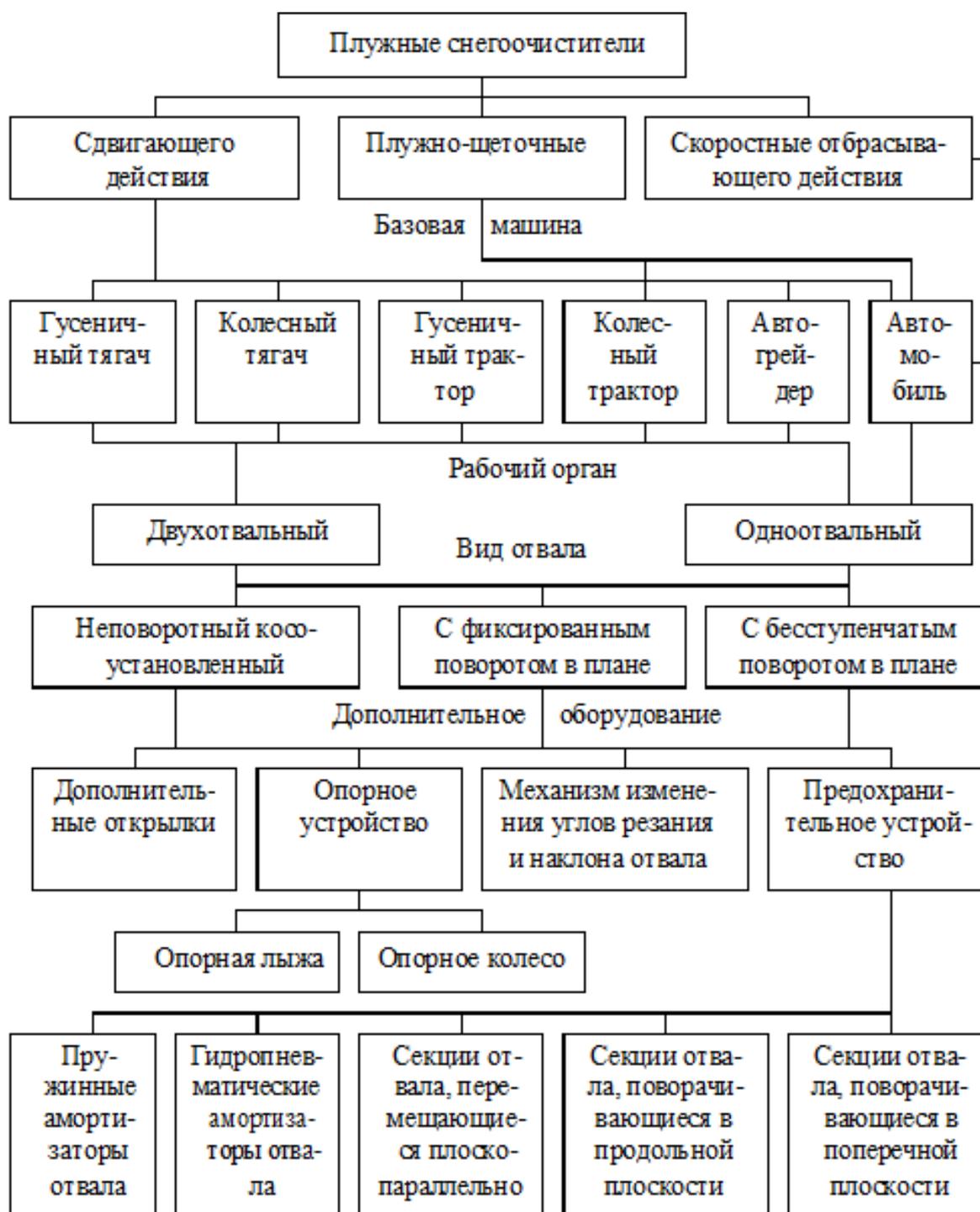


Рис. 9.3. Классификация снегоочистителей с плужными рабочими органами⁵¹

⁵¹ Плужно-щеточный снегоочиститель // studwood : [сайт]. URL: https://studwood.net/1617028/tehnika/sostoyanie_voprosa_zadachi_proekta (дата обращения: 10.02.2025).

Плужно-щеточные и скоростные снегоочистители можно классифицировать как одноотвальные. Отвалы имеют жесткое крепление к снегоочистителю и возможность изменения угла установки отвала в плане.

На рис. 9.4 представлен общий вид плужно-щеточного снегоочистителя на базе дорожной комбинированной машины.



Рис. 9.4. Дорожно-комбинированная машина КО-823-04⁵²

Динамические воздействия от наезда на препятствие снижаются с помощью специальных предохранительных устройств.

Предохранительные устройства с уменьшенной жесткостью выполнены либо в форме ножей, представленных на рис. 9.5, либо в форме креплений отвалов, представленных на рис. 9.6. Они предохраняют отвальное оборудование от разрушений при наезде снегоочистителя на препятствия.

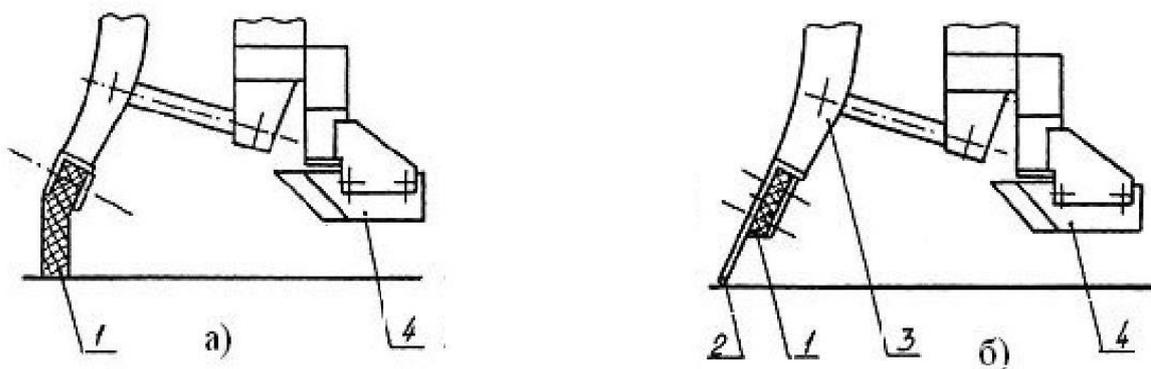


Рис. 9.5. Ножевые компенсирующие элементы отвалов:
а – резиновая полоса; *б* – нож, закрепленный на резиновой полосе;
 1 – резиновая полоса; 2 – скребок; 3 – отвал; 4 – опорная балка

⁵² Плужно-щеточный снегоочиститель // studwood : [сайт]. URL: https://www.kom-mash.com/?catalog=1&catalog_list=79&tovar=512 (дата обращения: 10.02.2025).

В процессе работы перед отвалом плужного снегоочистителя сдвигающего действия непрерывно образовывается призма волочения из снега. При установившемся режиме движения снегоочистителя площадь вырезаемой отвалом стружки снега может быть определена по выражению:

$$F = Bhk_p, \quad (9.1)$$

где B – ширина резания снега, м;

h – высота снежного покрова, м;

k_p – коэффициент, учитывающий разрыхление снега.

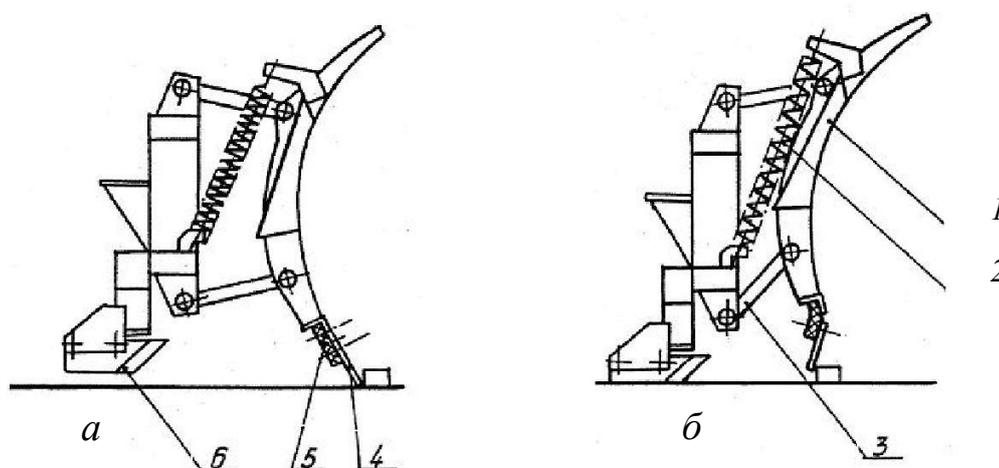


Рис. 9.6. Механические компенсирующие элементы отвалов:
 a – контакт с препятствием; $б$ – момент преодоления препятствия;
 1 – подвижная секция отвала; 2 – силовой элемент; 3 – копия;
 4 – стальной нож; 5 – резиновая полоса; $б$ – опора

Ширина резания снега определяется по выражению:

$$B = l \sin \varphi, \quad (9.2)$$

где l – длина отвала, м;

φ – угол захвата, град.

С целью проверки возможности использования снегоочистителей в данных условиях эксплуатации и возможности использования рабочего оборудования проводится расчет тягового баланса машины по формуле:

$$W_f + W_p + W_{пр} \leq F_k, \quad (9.3)$$

где W_f – сопротивление от перемещения базовой машины, кН;

W_p – сопротивление от резания снега, кН;

$W_{пр}$ – сумма дополнительных сопротивлений снегоочистителю, кН;

F_k – касательная сила тяги на ведущих колесах, кН.

Оценка сопротивления движению снегоочистителя производится по выражению:

$$W_f = m_m (f_0 \pm i) g, \quad (9.4)$$

где m_m – общая масса снегоочистителя с оборудованием, кг;

f_0 – сопротивление движению машины;

i – уклон рабочего участка, %;

g – ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м/с}^2$.

Общее сопротивление от резанья снега определяется по выражению:

$$W_p = Kbh, \quad (9.5)$$

где K – относительное сопротивление снега резанию и перемещению, кН/м^2 ;

B – ширина резания снега, м;

h – высота снежного покрова, м.

Дополнительные сопротивления при работе снегоочистителя можно определить по формуле:

$$W_{\text{пр}} = W_o + W_b + W_c + W_{\text{щет}}, \quad (9.6)$$

где W_o – усилие от перемещения снега перед отвальной поверхностью, кН;

W_b – усилие от перемещения снега вдоль отвальной поверхности, кН;

W_c – усилие, затрачиваемое на отбрасывание снега в сторону, кН;

$W_{\text{щет}}$ – сопротивление от резания щеточным ворсом вращающейся щетки, кН.

Усилие W_o от перемещения снега перед отвальной поверхностью определяем по выражению:

$$W_o = m_{\text{сн}} g f_{\text{сн}} \sin \varphi = \frac{H^2 B}{2 \operatorname{tg} \theta} g f_{\text{сн}} \sin \varphi \cdot \rho_{\text{сн}}, \quad (9.7)$$

где $m_{\text{сн}}$ – масса валика снега перед отвалом, кг;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$f_{\text{сн}}$ – коэффициент, учитывающий трение снега о снег, принять в зависимости от плотности снега и температуры;

φ – угол захвата снегоочистителя, град.;

H – высота отвала снегоочистителя, м;

θ – угол естественного откоса, принять $\theta =$ от 30 до 50° в зависимости от плотности снега и температуры;

$\rho_{\text{сн}}$ – плотность снега, принять $\rho_{\text{сн}} =$ от 12 до 950 кг/м³ в зависимости от температуры и продолжительности лежания снега

Усилие W_B от перемещения снега вдоль по отвалу можно определить по выражению:

$$W_B = m_{\text{сн}} g f_{\text{сн}} f_{\text{см}} \cos \varphi, \quad (9.8)$$

где $f_{\text{см}}$ – коэффициент, учитывающий трение снега о сталь, принять в зависимости от плотности снега и температуры.

Усилие, затрачиваемое на отбрасывание снега в сторону, можно определить по выражению:

$$W_3 = \frac{1}{2g} B h \rho V^2 \sin^2 \varphi, \quad (9.9)$$

где B – ширина захвата, м;

h – высота снежного покрова, м;

ρ – плотность снега кг/м³;

V – рабочая скорость снегоочистителя, м/с;

Для плужных снегоочистителей техническая производительность может быть определена по формуле, м³/ч:

$$\Pi_T = 3600 (B - B_{\text{пер}}) V_M, \quad (9.10)$$

где B – ширина захвата снегоочистителя, м;

$B_{\text{пер}}$ – ширина перекрытия соседних полос обработки, м;

V_M – рабочая скорость снегоочистителя, м/с;

Для плужно-щеточных снегоочистителей, техническая производительность может быть определена по выражению, т/ч:

$$\Pi_T = 3600 (B - B_{\text{пер}}) h V_M \rho, \quad (9.11)$$

где B – ширина захвата снегоочистителя, м;

$B_{\text{пер}}$ – ширина перекрытия соседних полос обработки, м;

h – высота слоя снежного покрова, м;

V_M – скорость снегоочистителя, м/с;

ρ – плотность снежного покрова, т/м³.

9.2.2. Снегоочистители отбрасывающего действия

Снегоочистители отбрасывающего действия могут быть тяжелыми с эксплуатационной производительностью более 1 000 т/ч, средними с производительностью до 1 000 т/ч и легкими с производительностью до 200 т/ч [8].

Рабочий орган снегоочистителя отбрасывающего действия состоит из питателя и метательного аппарата с направляющими устройствами (рис. 9.7).

Ширина захвата роторного снегоочистителя изменяется от 2,5 до 3,5 м, а высота разрабатываемого снежного покрова может достигать 2,0 м.

При разработке снежного покрова небольшой плотности до $0,2 \text{ г/см}^3$ и меньше применяются плужно-роторные или роторные снегоочистители.

По конструктивному исполнению питатели роторных снегоочистителей подразделяют на плужно-роторные, шнекороторные, фрезерно-роторные, фрезерные и роторные (рис. 9.8).



Рис. 9.7. Работа роторного снегоочистителя АМКОДОР 9531-03⁵³

Шнекороторные снегоочистители используют при разработке снежного покрова с плотностью от $0,2$ до $0,3 \text{ г/см}^3$. Шнековые питатели перемещают снежную массу к середине отвала, где расположен роторный метатель. Шнеки метательного аппарата могут быть установлены под углом направления движения машины.

⁵³ Снегоочиститель шнекороторный АМКОДОР 9531-03 // амкодор : [сайт]. URL: <https://amkodor.by/catalog/snegoochistiteli/amkodor-9531-03/> (дата обращения: 10.02.2025).

Фрезерно-роторные снегоочистители используются при обработке снежного покрытия высокой плотности. Питатель этого снегоочистителя выполнен в виде многозаходных фрез и представлен на рис. 9.7. Фрезерно-роторные снегоочистители могут быть двухдвигательные, когда имеется разделение приводов ходового устройства и рабочего органа, или однодвигательные, при этом двигатель машины используется одновременно для движения машины и привода рабочего органа.

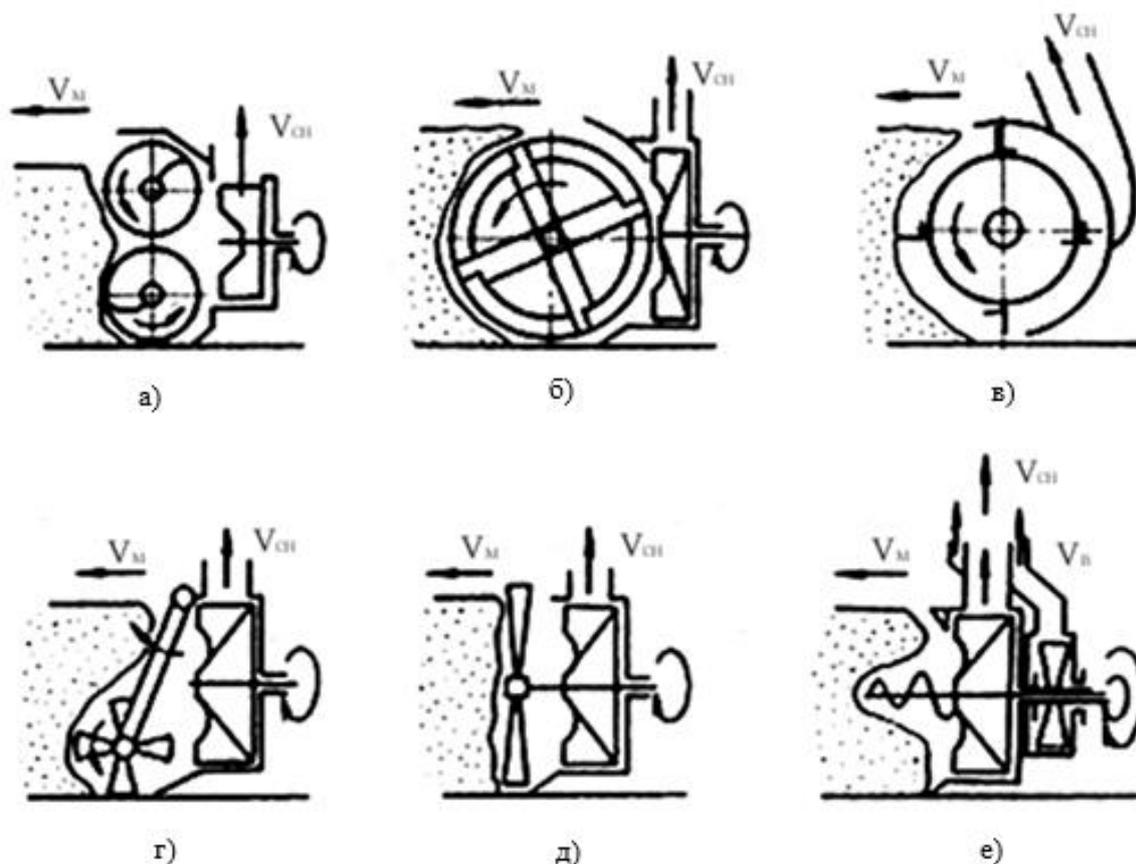


Рис. 9.8. Принципиальные схемы взаимодействия питательных аппаратов снегоочистителя:

- a* – питатель снегоочистителя шнекороторный для глубокого снежного покрова;
- б* – питатель снегоочистителя фрезерно-роторный для слежавшегося снега;
- в* – питатель снегоочистителя фрезерный для снежно-ледяных отложений;
- г* – питатель роторный для ледяных отложений; *д* – питатель роторный с рыхлителем для мокрого снега; *е* – питатель роторный с выступающим шнеком и поддувом метательного аппарата⁵⁴

⁵⁴ Роторные снегоочистители // Строй-Техника.ру : [сайт]. URL: <https://stroy-technics.ru/article/rotornye-snegochistiteli> (дата обращения: 10.02.2025).

С целью интенсификации процессов разработки снежных поверхностей высоких плотностей используют устройства для обрушения верхнего свода снежного забоя и разрушения снежного забоя при повышенной прочности снега.

Эксплуатационная производительность роторных снегоочистителей при уборке снега может быть оценена по выражению, т/ч:

$$\Pi_T = 3600BhV_M\rho, \quad (9.12)$$

где B – ширина захвата снегоочистителя, м;

h – высота разрабатываемого снежного покрова, м;

V_M – скорость снегоочистителя, м/с;

ρ – плотность разрабатываемого снежного покрова, т/м³.

Величина бокового отбрасывания снежной массы может устанавливаться за счет регулирования линейной скорости метательного аппарата или регулирования величины поддува метателя.

9.3. Распределители технологических материалов

Для борьбы с зимней скользкостью и повышения транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог применяются специальные распределители технологических материалов. Они используются для распределения по поверхности дорожного покрытия твердых фрикционных материалов или жидких химических реагентов [23].

По принципу передвижения различают распределители на автомобильном шасси и прицепные. Часть машин снабжена отвалом и круглой щеткой.

Изготавливаемые промышленностью распределители твердых минеральных материалов имеют общую компоновку, представленную на рис. 9.9.

На автомобильном шасси размещен бункер каменных материалов, которые с помощью транспортера подаются в дозирующее устройство и попадают на горизонтально вращающийся разбрасывающий диск. Под действием центробежной силы происходит распределение фрикционного материала.

В бункере и в кузове установлены приводы всех механизмов подачи материала.

Разбрасывающий ротор снабжен ребрами, которые вовлекают каменный материал при вращении ротора.

Машина снабжена дополнительно плужным снегоочистителем, а в средней части щеткой [24].

Для распределения каменных материалов используется центробежный диск с радиально расположенными ребрами.

При вращении диска частицы каменного материала приводятся во вращение, приобретают касательную скорость и, покидая диск, распределяются по дорожной полосе.

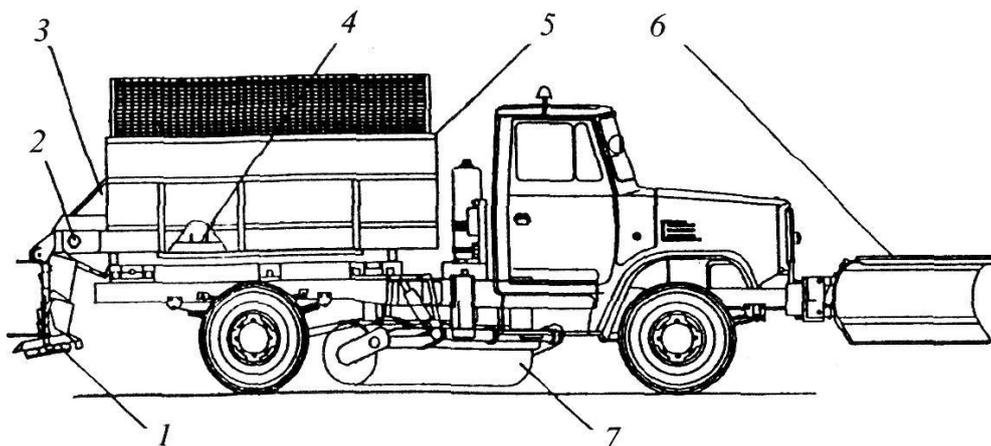


Рис. 9.9. Комплексная универсальная дорожная машина для распределений твердых фрикционных каменных материалов:

- 1 – диск распределителя; 2 – привод транспортера; 3 – дозирующее устройство;
4 – продольный транспортер; 5 – бункер; 6 – передний отвал;
7 – щетка цилиндрическая⁵⁵

Общие параметры распределителей приведены в табл. форме ниже и в прил. 1.

Общие параметры распределителей

Показатель	Диапазон изменения показателя
Объем кузова, м ³	от 2,2 до 4,5
Ширина распределения реагентов, м	от 4,0 до 9,0
Плотность распределения реагентов, г/м ²	от 25 до 100
Диаметр разбрасывающего диска, мм	от 700 до 800
Частота вращения диска, об/мин	от 100 до 480
Рабочая скорость движения, км/ч	от 10 до 25
Масса навесного оборудования, кг	от 100 до 1 300
Производительность, тыс. м ² /ч	от 40 до 220

⁵⁵ Пескоразбрасыватель КДМ // Регион 45 : [сайт]. URL: <https://45-reg.ru/product/pesko-ob/> (дата обращения: 10.02.2025).

С целью максимальной унификации дорожно-строительных машин при эксплуатации лесных дорог часть парка машин используется как в летнее время года, так и в зимнее. Примером может быть машина комбинированная дорожная.

В зимний период года они используются для зимнего содержания путем распределения по дорожной поверхности фрикционных материалов. Их можно использовать и для обработки химическими реагентами и пескосоляными смесями [20].

Наличие навесного оборудования позволяет использовать их для уборки с покрытия дорог свежевыпавшего или обработанного технологическими материалами снега.

Для летнего содержания их используют для очистки асфальтобетонных покрытий и для полива дорожных покрытий переходного типа, полива зеленых насаждений и тушения лесных пожаров.

Конструктивно машина комбинированная дорожная типа МКДС-1 состоит из шасси на базе ЗИЛ-433362 и сменного рабочего оборудования.

Рабочее оборудование в себя включает: пескоразбрасыватель типа ПР-1, оборудование плужное ПО-1, щеточное оборудование типа ЩО-1 и поливочно-моечное оборудование ПМ-1 [23].

Пескоразбрасывающее оборудование представлено на рис. 9.10, *б* и включает в себя кузов с скребковым конвейером и разбрасывающее устройство.

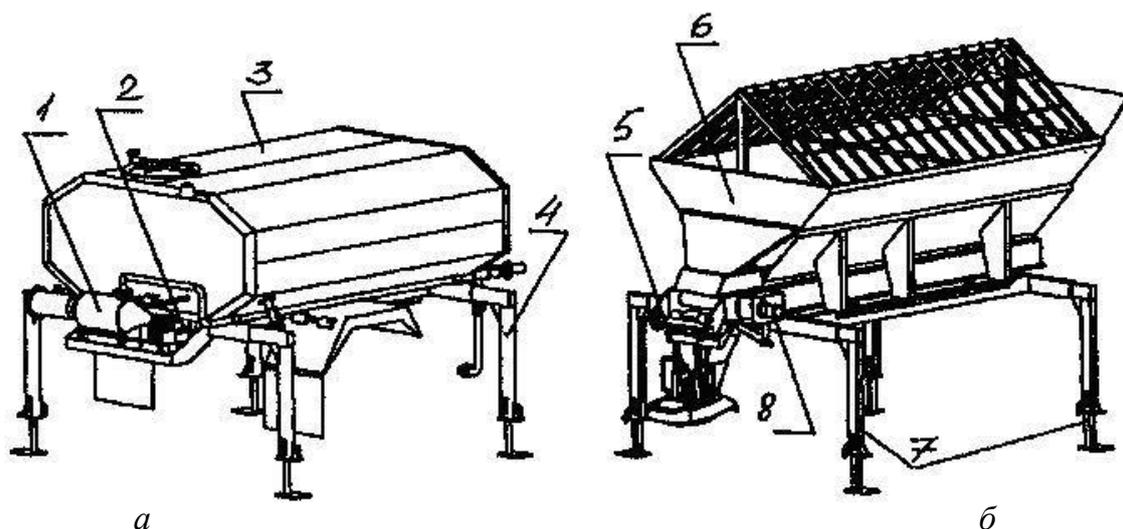


Рис. 9.10. Рабочее оборудование комбинированной дорожной машины:

- а* – цистерна; *б* – распределитель;
1 – гидронасос; *2* – гидромотор; *3* – цистерна; *4* – стойки; *5* – распределяющий диск; *6* – бункер; *7* – выдвижные опоры; *8* – привод

Поливочно-моечное оборудование представлено на рис. 9.10, *a* и включает в себя цистерну с волнорезами, заборную и напорную магистраль и водяной насос.

Рабочее оборудование изготавливается сменным.

Эффективность использования распределителей технологических материалов можно оценить по формуле:

$$П_T = 3\,600BV_M, \quad (9.13)$$

где B – ширина зоны обработки, м;

V_M – рабочая скорость машины, м/с.

Для разработки технологической последовательности обработки лесных дорог используется эксплуатационная производительность машины. Она учитывает время, затрачиваемое на распределение фрикционных материалов, и время на загрузку и перемещения машины от места работы до производственной базы.

При работе по полному циклу распределителя производительность машины можно определить по выражению:

$$П = \frac{QK_3\gamma K_n 60}{q_p \left(\frac{QK_3\gamma 60}{q_p v_m b} + \frac{2l_6 60}{v_{тр.ср.}} + t_{п.} + t_{п.з.} \right)}, \quad (9.14)$$

где Q – емкость кузова машины, л;

K_3 – коэффициент, учитывающий степень заполнения кузова машины;

γ – насыпная плотность материалов, кг/м³;

K_n – коэффициент, учитывающий степень использования машины;

q_p – плотность распределения по дорожному покрытию материалов, кг/м²;

b – ширина обрабатываемой полосы, м;

v_m – скорость машины при распределении материалов, м/с;

l_6 – расстояние перемещения от места работы до производственной базы, км;

$t_{п.}$ – время, необходимое на погрузку материалов, мин;

$t_{п.з.}$ – время, необходимое на подготовительно-заключительные операции, мин.

Часть распределителей материалов может быть использована для работы по неполному циклу. В этом случае машина находится на линии заполненным кузовом, и его работа состоит только в их распределении.

Для этого случая оценку эффективности использования машины определяют по выражению:

$$\mathcal{E} = QK_3\gamma/q_p, \quad (9.15)$$

где Q – емкость кузова машины, м³;

K_3 – коэффициент, учитывающий степень заполнения кузова машины;

γ – насыпная плотность материалов, кг/м³;

q_p – плотность распределения по дорожному покрытию материалов, кг/м².

9.4. Базы для хранения и приготовления противогололедных материалов

Материалы для обработки дорожных покрытий лесных дорог хранятся на производственных базах и складах. Их емкость и конфигурация напрямую зависят от лесотранспортной сети и типов применяемых реагентов.

Обычно противогололедные материалы хранятся на закрытых базах вместимостью более половины от сезонной потребности в материалах.

Базы проектируют исходя из возможности свободного передвижения погрузочно-разгрузочной техники. Все стены базы обрабатываются противокоррозионной защитой.

Производственные предприятия для хранения и приготовления материалов для обработки различают капитального типа и упрощенного типа.

На рис. 9.11 представлена схема работы базы противогололедных материалов простейшего вида.

Базы капитального типа используют противогололедные реагенты. Они хранятся в закрытых помещениях.

Жидкие реагенты хранятся в цистернах. Цистерны вместимостью до 50 т устанавливаются на твердом покрытии и соединяются между собой системой трубопроводов.

На производственных базах предусмотрена подготовка противогололедных материалов. Каменные материалы перемешиваются с реагентами непосредственно на базе.

Смешивание каменных материалов и соли выполняют на открытых площадках с помощью одноковшовых погрузчиков.

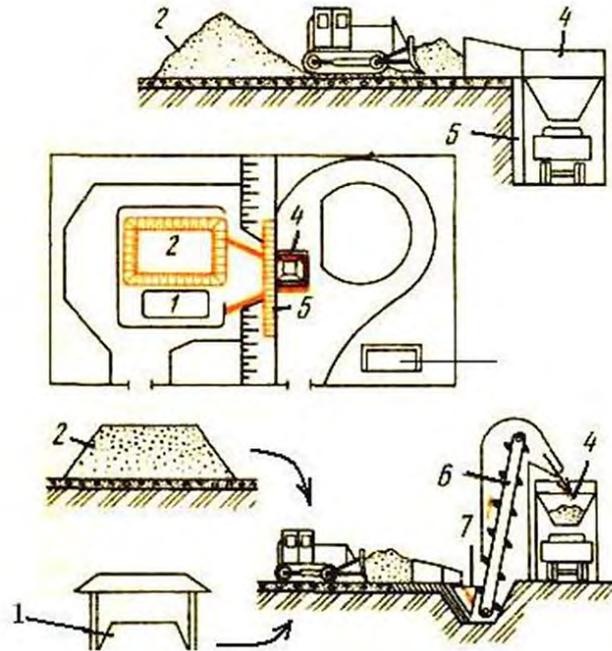


Рис. 9.11. База упрощенного типа:

1 – склад с солью; 2 – песок; 3 – помещение; 4 – бункер выдачи пескосоляной смеси; 5 – подпорная стенка; 6 – элеватор; 7 – бункер загрузки⁵⁶

Песок, завезенный на открытую площадку базы, разравнивают слоем толщиной от 10 до 15 см.

На подготовленный слой каменных материалов точно распределяется соль. При обработке покрытий используют либо 10 %, либо 20 % песчано-соляной смеси. На рис. 9.12 представлена пескосоле марки 70/30 с содержанием песка до 70 % [20].



Рис. 9.12. Песко-соляная смесь 70/30 с содержанием песка 70 %⁵⁷

⁵⁶ Миротин Л. Б., Силкин В. В., Бубес В. Я. Производственные предприятия дорожного строительства. М. : Транспорт, 1986. 190 с.

⁵⁷ Противогололедные реагенты // Экощепень : [сайт]. URL: <https://xn----btblbvvc3g5ab.xn--p1ai/reagenty> (дата обращения: 10.02.2025).

По окончании работ механизмы, принимавшие участие в погрузке химических или комбинированных материалов, необходимо вымыть.

На рис. 9.13 представлена схема работы базы капитального типа. Все операции по хранению и подготовке материалов механизированы.

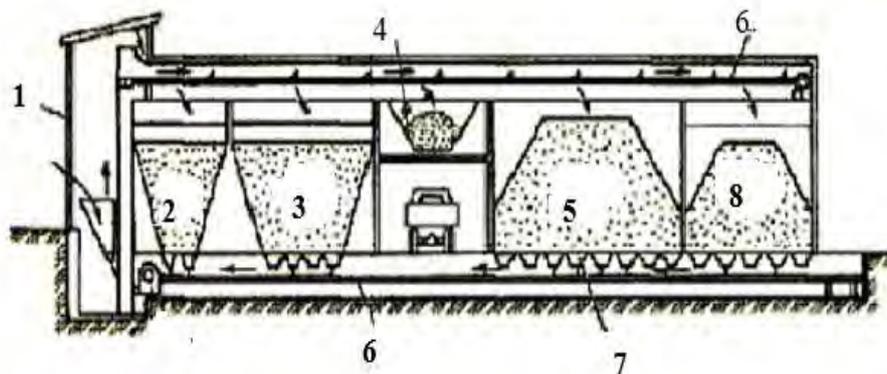


Рис. 9.13. База капитального типа:

1 – элеватор; 2 – соль; 3 – песчано-соляная смесь; 4 – бункер выдачи;
5 – песок; 6 – ленточный конвейер; 7 – лотки; 8 – отстойник⁵⁸

На базах жидких химических реагентов предусмотрено оборудование для их приготовления и хранения. На рис. 9.14 представлена схема базы.

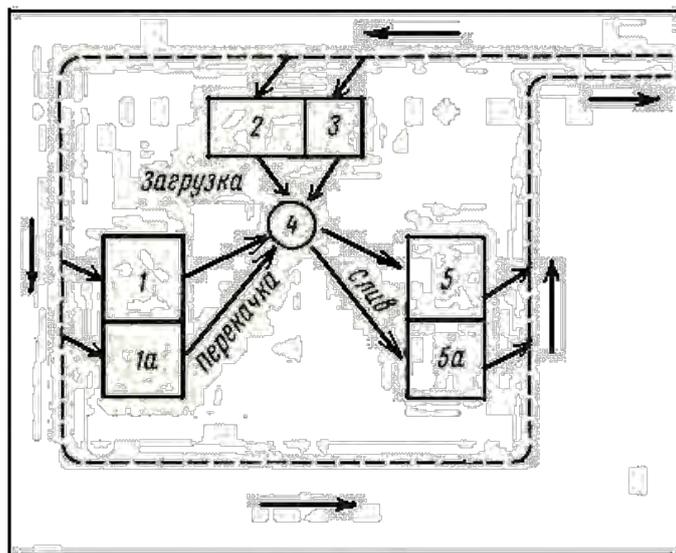


Рис. 9.14. Схема базы для жидких противогололедных материалов:

1, 1а – емкости для приема рассолов и жидкого хлористого кальция;
2, 3 – склады для хранения кристаллических CaCl_2 и NaCl ; 4 – мешалка;
5, 5а – резервуары для готовой жидкой противогололедной смеси

⁵⁸ Миротин Л. Б., Силкин В. В., Бубес В. Я. Производственные предприятия дорожного строительства. М. : Транспорт, 1986. 190 с.

Рекомендуется создавать базы хранения материалов для лесных дорог IЛ категорий с переработкой около 800 т материалов. Для лесных дорог IIIЛ категории не менее 400 т материалов. Для лесных дорог IVЛ категорий в объеме не менее 300 т материалов.

Самостоятельная работа

Ответьте на контрольные вопросы и выполните задания для контрольных работ по теме «Машины для зимнего содержания лесотранспортной инфраструктуры» в прил. 2.

ГЛАВА 10. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БАЗА СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В главе рассмотрены производственные базы строительства. Основное внимание уделено проектированию и эксплуатации камнедробильных предприятий для обеспечения материалами лесотранспортной инфраструктуры.

10.1. Классификация и размещение производственных предприятий лесотранспортной инфраструктуры

Производственная база предприятий по обслуживанию строительства и содержанию лесотранспортной инфраструктуры представляет собой комплекс машин и оборудования для добычи и переработки местных каменных материалов, необходимых для обеспечения функционирования лесопромышленного комплекса.

На рис. 10.1 представлены производственные предприятия по обеспечению функционирования лесотранспортной инфраструктуры.

Чаще всего основные производственные предприятия могут быть либо железнодорожными, либо притрассовыми [25].

Притрассовые базы предприятий находятся в непосредственной близости от объекта строительства, и все необходимые материалы поставляют на объект автомобильным транспортом.

Железнодорожные базы находятся в непосредственной близости от железнодорожной транспортной системы. В этом случае основная часть дорожно-строительных материалов поступает на производственную базу по железной дороге.

Все предприятия по производству дорожно-строительных материалов могут быть разделены на стационарные, складские или мобильные.

Стационарные предприятия размещаются в капитальных сооружениях, и срок их службы на одном месте составляет не менее двух лет.

Складские предприятия состоят из мобильных строительных конструкций, машин и оборудования.

Мобильные предприятия состоят из передвижных установок. Они предназначены для кратковременного использования от месяца до одного года на одном месте.

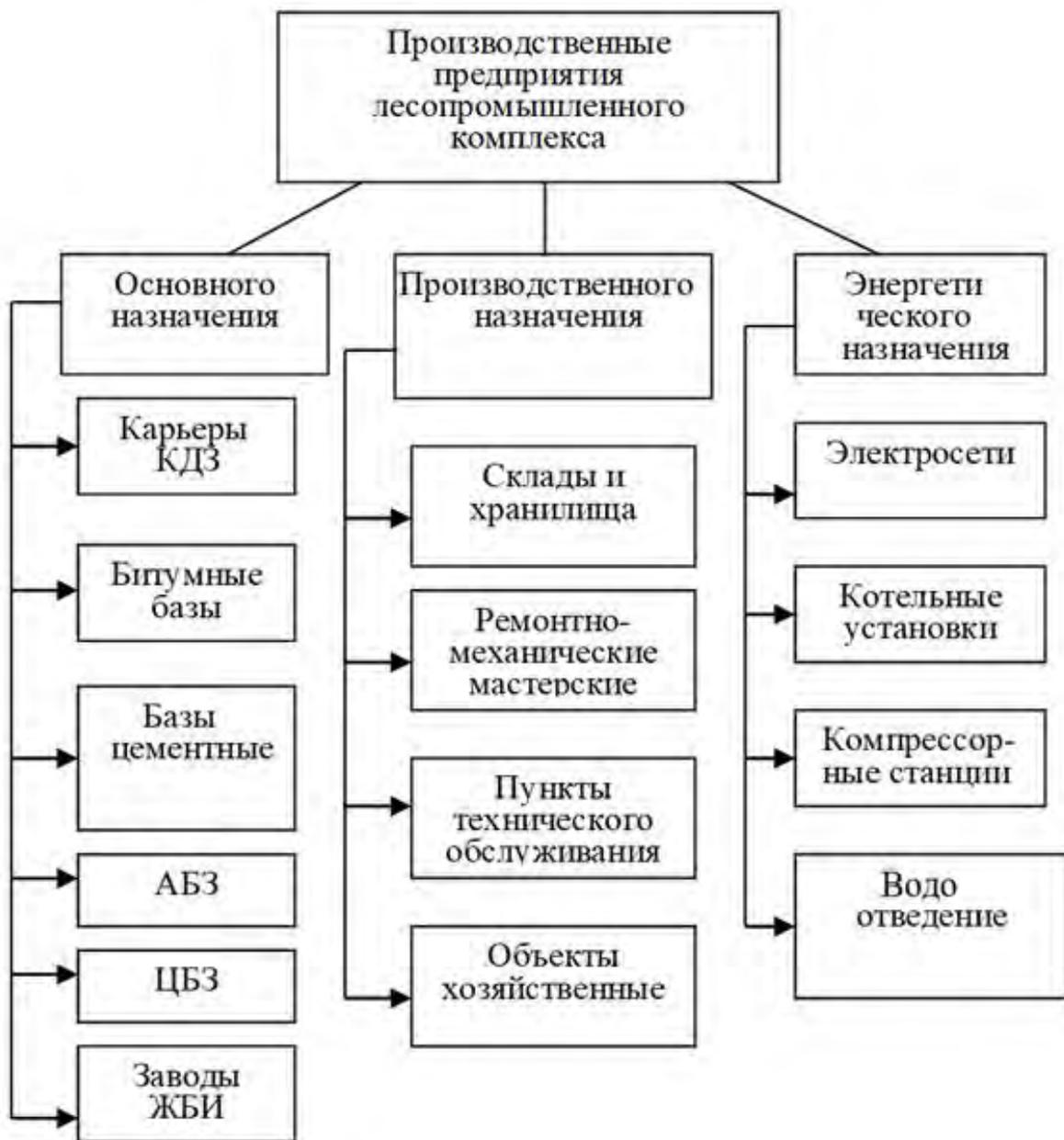


Рис. 10.1. Производственные предприятия по обеспечению функционирования лесотранспортной инфраструктуры

При выборе мест размещения производственной базы учитывают схемы получения исходных материалов и полуфабрикатов; условия расположения производственных предприятий; схемы тяготения к существующим транспортным сетям; технологические ограничения на дальность транспортировки материалов и полуфабрикатов; обеспечение электроэнергией, водоснабжением и социально-бытовыми помещениями.

10.2. Производственные базы по переработке местных каменных материалов

Переработка каменного материала на производственных предприятиях заключается в его измельчении на дробилках, сортировке на грохотах и обогащении на классификаторах.

Горная порода перерабатывается на дробильно-сортировочных заводах.

Дробление и измельчение – это последовательное уменьшение размеров кусков исходной горной породы за счет их механического разрушения.

Существует только два вида измельчения – дробление и помол.

Дробление каменного материала может быть крупное, когда размер кусков от 100 до 350 мм. Дробление может быть среднее, когда размер кусков от 40 до 100 мм. Дробление мелкое, когда размер кусков получается от 5 до 40 мм.

Помол может быть: грубый с размером частиц от 0,1 до 5 мм; помол тонкий с размером частиц от 0,05 до 0,1 мм; помол сверхтонкий с размером частиц от 0,05 мм и менее.

Получение продукции различных зерновых составов по крупности на грохотах называется *сортировкой*.

Получение продукции различных зерновых составов по однородности называется *классификацией*, или *обогащением каменных материалов*. Щебень обогащают в гидроклассификаторах или в гидроциклонах.

Для получения товарной продукции необходимо провести промывку продукции и удалить из нее глинистые и пылеватые частицы. Промывку осуществляют при мокром грохочении или на специальных моечных машинах.

Классификацию щебня и гравия осуществляют в установках для обогащения в механических классификаторах или в осадочных машинах.

В настоящее время возникла значительная потребность в щебне кубовидной формы зерна. Эту операцию производят за счет избирательной сортировки материала на специальных щелевых ситах или в специальных грануляторах барабанного типа.

В основу измельчения материалов положен принцип разрыва кристаллических связей в горной породе. Способность горных пород противодействовать разрушению зависит и от способов воздействия на них и их прочности.

Различают раздавливание, изгиб и разрыв в материалах.

Горные породы оказывают наибольшее сопротивление при их раздавливании. Разрушение при изгибе или растяжении происходит при значительно меньшем сопротивлении, что и учитывается при выборе дробильного оборудования.

Выбор технологической схемы переработки каменных материалов и способов разрушения производится согласно физико-механическим показателям исходной горной породы и производственному заданию на получение готовой продукции.

10.3. Машины для дробления и измельчения местных каменных материалов

В настоящее время промышленностью освоены и выпускаются машины для измельчения горной породы пяти классов.

По принципу действия различают дробилки щековые, дробилки конусные, дробилки валковые, дробилки ударно-молотковые, мельницы [25].

В щековых дробилках разрушение горной массы происходит за счет раздавливания с частичным истиранием между рабочими плитами. Имеется неподвижная опорная плита и подвижная, качающаяся.

На рис. 10.2 представлена схема работы щековой дробилки при простом качании подвижной щеки.

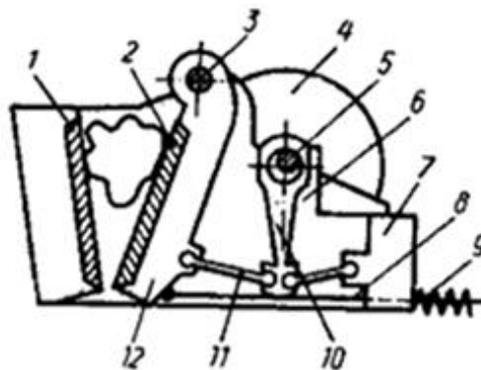


Рис. 10.2. Принципиальная схема работы щековой дробилки:
 1 – неподвижная плита; 2 – подвижная съемная плита; 3 – шарнир щеки;
 4 – привод; 5 – редуктор; 6 – корпус дробилки; 7 – привод щеки;
 8 – ограничитель; 9 – демпферное устройство; 10 – водило; 11 – тяга;
 12 – качающаяся плита (щека)⁵⁹

⁵⁹ Технологические схемы для переработки строительных горных пород // Тульские машины: завод дробильного оборудования : [сайт]. URL: <https://tulmash.ru/tehnologicheskie-shemy-dsu/> (дата обращения: 02.02.2025).

Щековые дробилки предназначены для измельчения горных пород средней и большой прочности. Чаще всего они используются для первой и второй стадий измельчения.

В процессе измельчения на дробилке происходит раздавливание горной породы и ее частичное истирание.

Как правило, щековые дробилки проектируются с производительностью до 300 м³/ч.

В конусных дробилках, изображенных на рис. 10.3, также используются принцип раздавливания и истирания горной породы. Процесс измельчения аналогичен процессу в щековых дробилках, однако процесс дробления в них непрерывен.

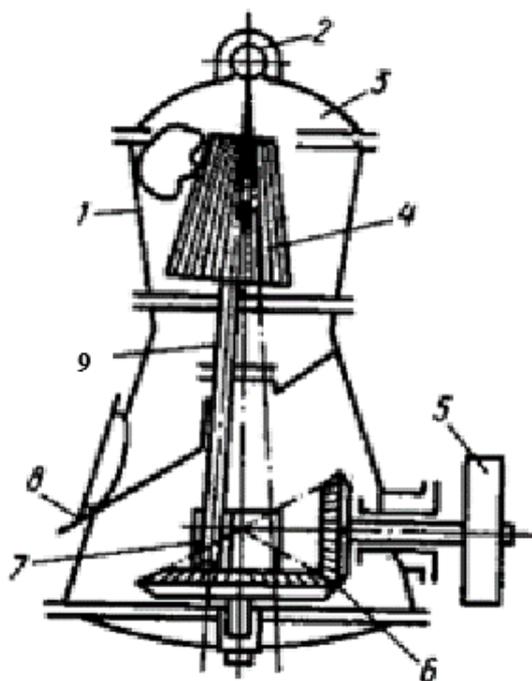


Рис. 10.3. Принципиальная схема работы конусной дробилки:
1 – корпус дробилки; 2 – узел крепления; 3 – конусная камера;
4 – водило; 5 – привод; 6 – корпус эксцентрика; 7 – ось вращения;
8 – разгрузочное устройство; 9 – тяга конуса⁶⁰

Конусные дробилки предназначены для крупного дробления и имеют кольцевые загрузочные отверстия диаметром от 300 до 1 500 мм.

⁶⁰ Технологические схемы для переработки строительных горных пород // Тульские машины: завод дробильного оборудования : [сайт]. URL: <https://tulmash.ru/tehnologicheskie-shemy-dsu/> (дата обращения: 02.02.2025).

В дробилках ударного действия горная порода разрушается от удара об опорную плиту. Размер загрузочных отверстий в молотковых дробилках достигает до 1 400 мм, а их производительность составляет до 400 м³/ч.

На рис. 10.4 представлен внешний вид центробежно-ударной машины для дробления.

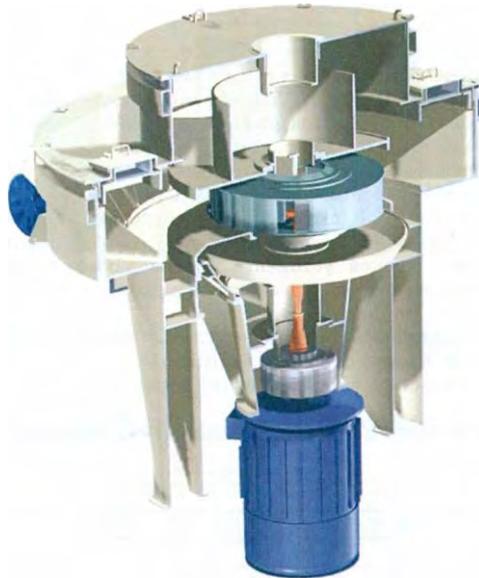


Рис. 10.4. Внешний вид центробежно-ударной машины для дробления типа ДЦ-1,25⁶¹

Для переработки низкопрочной горной породы или для вторичного дробления используют высокопроизводительные валковые дробилки непрерывного действия. Их производительность может достигать до 80 м³/ч.

Помимо крупного дробления, в мельницах возможно обеспечить истирание каменных материалов.

В шаровых мельницах горная порода измельчается внутри полого вращающегося барабана. В барабане находятся мелющие тела, обычно это чугунные шары массой 450 г или стержни.

Измельчение происходит за счет относительного перемещения мелющих тел и частиц каменного материала.

По режиму работы мельницы подразделяются на мельницы периодического действия и мельницы непрерывного действия.

⁶¹ Центробежная дробилка ДЦ-1,25 // Drobilka.ru : [сайт]. URL: <https://drobilka.ru/products/4710-tsentrobezhnaia-drobilka-dts-125> (дата обращения: 02.02.2025).

10.4. Машины для сортирования каменных дорожно-строительных материалов

Для получения фракционированного щебня необходимо удалить из него посторонние включения и разделить материал по зерновым составам.

Механическое разделение каменных материалов по зерновым составам называется *сортировкой*. На рис. 10.5 представлены основные принципы действия механических сортировочных устройств: грохот качающийся; грохот инерционного типа; грохот барабанного типа [25].

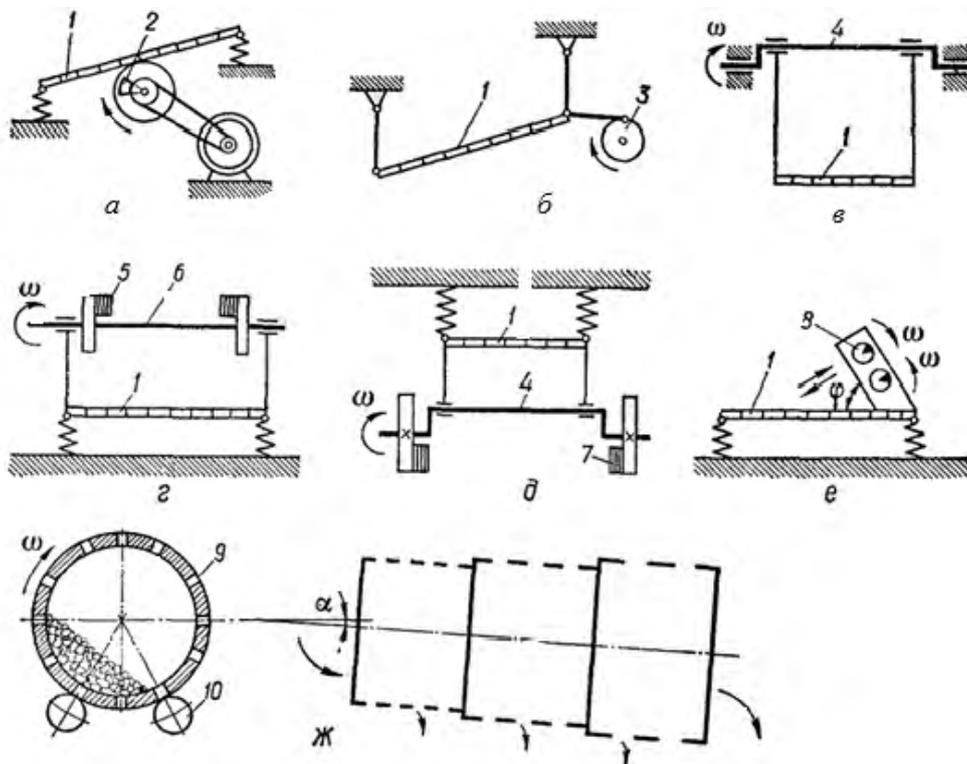


Рис. 10.5. Принципиальные схемы механических сортировочных устройств: *а* – грохот наклонный качающийся; *б* – грохот наклонный инерционного типа; *в* – грохот барабанный вращающийся; *г* – грохот вибрационный с инерционным приводом; *д* – гирационный самоцентрирующийся; *е* – вибрационный с направленными колебаниями; *ж* – барабанный⁶²

⁶² Технологические схемы для переработки строительных горных пород // Тульские машины: завод дробильного оборудования : [сайт]. URL: <https://tulmash.ru/tehnologicheskie-shemy-dsu/> (дата обращения: 02.02.2025).

Сортирование любых сыпучих материалов производится на просеивающих поверхностях. Просеивающие поверхности могут быть выполнены как в криволинейной форме, так и плоской. На рис. 10.6 представлены круглые и квадратные просеивающие поверхности грохотов.

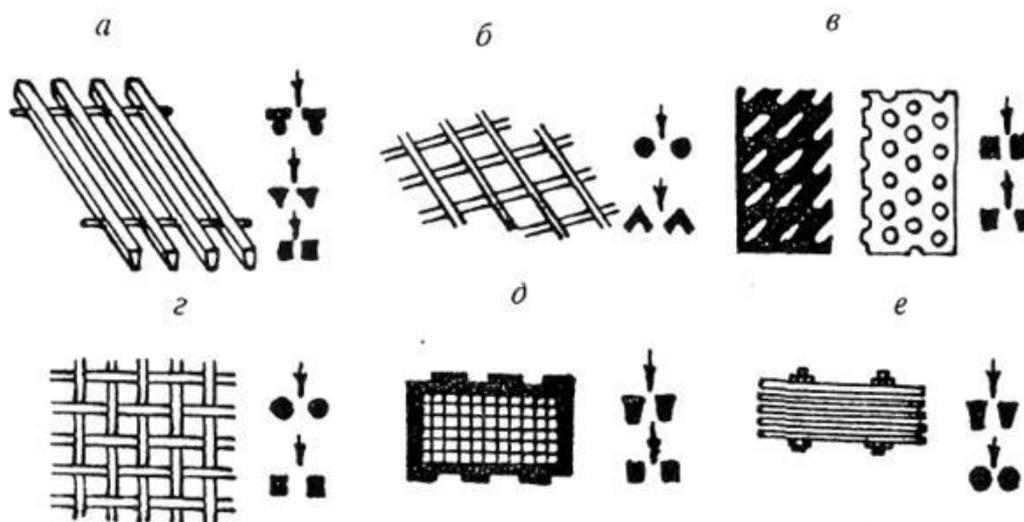


Рис. 10.6. Просеивающие поверхности грохотов:
a – металлические щелевидные; *б* – металлические решетчатые;
в – металлические штампованные сита; *г* – тканые сита;
д – литые резиновые сита; *е* – шпальтовые металлические сита⁶³

Все механические сортировочные устройства оцениваются по производительности и эффективности грохочения.

10.5. Особенности выбора технологической последовательности переработки каменных материалов

Как было показано выше, дробление и измельчение – это последовательное уменьшение размеров кусков исходной горной породы за счет их механического разрушения. Параметром процесса дробления служит степень измельчения материала. Это параметр, оценивающий во сколько раз изменились линейные размеры частиц материала при измельчении.

⁶³ Общие сведения о механическом грохочении и классификация грохотов // stroi-archive.ru : [сайт]. URL: <https://stroj-archive.ru/dorozhnye-mashiny/883-obschie-svedeniya-o-mehaniicheskom-grohochenii-i-klassifikaciya-grohotov.html> (дата обращения: 10.02.2025).

Степень измельчения частиц материала при дроблении определяют по выражению:

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\min}}, \quad (10.2)$$

где D_{\max} – наибольший размер зерен материала до измельчения;
 d_{\max} – наибольший размер зерен материала после измельчения.

Например, исходная горная порода, подаваемая в загрузочное отверстие дробилки, содержит наибольший размер 600 мм. В результате измельчения наибольший размер материала оказался равным 30 мм. В этом случае степень измельчения составляет $i = 600/30 = 20$. Горная порода была измельчена на 20 частей.

Для расчетов дробилок удобнее пользоваться выражением

$$i = 0,85B/b, \quad (10.3)$$

где B – ширина входного отверстия дробилки, мм;
 b – ширина выходной щели дробилки, мм.

В процессе измельчения горной породы используют принцип стадийного дробления. Это связано с тем, что любая дробилка имеет ограниченную степень измельчения.

Степень измельчения материала, получаемую на каждой стадии, называют частичной. Для всех остальных случаев будет общая степень измельчения. Со степенью измельчения напрямую увязаны как расходы энергии, так и производительность дробилок.

Таким образом, в основу дробления положен принцип измельчения материала от большего размера до требуемого в нескольких последовательно расположенных машинах.

На рис. 10.7 представлены типы горной породы и их технологические схемы переработки. В основе технологического процесса лежит тип перерабатываемой горной породы и ее прочность.

Технологические схемы переработки зависят от прочности породы.

Сырье из горных пород принято подразделять на три группы. Для магматических горных пород с прочностью более 600 МПа применяется технологическая схема А (рис 10.7). В ее основе лежит трехстадийное дробление.

Для прочных осадочных пород с пределом прочности до 250 МПа применяется технологическая схема Б (рис. 10.7). В ее основе лежит двухстадийное дробление с проверочным грохочением.

Для неоднородных малоабразивных горных пород с прочностью до 150 МПа применяется технологическая схема В (рис 10.7).

В ее основе лежит двухстадийное дробление с предварительным грохочением.

В горной массе при дроблении в исходном материале находятся зерна, которые меньше, чем размер получаемой продукции. Для рационального дробления эти зерна выделяются на ситах и направляются на дальнейшую переработку [20].

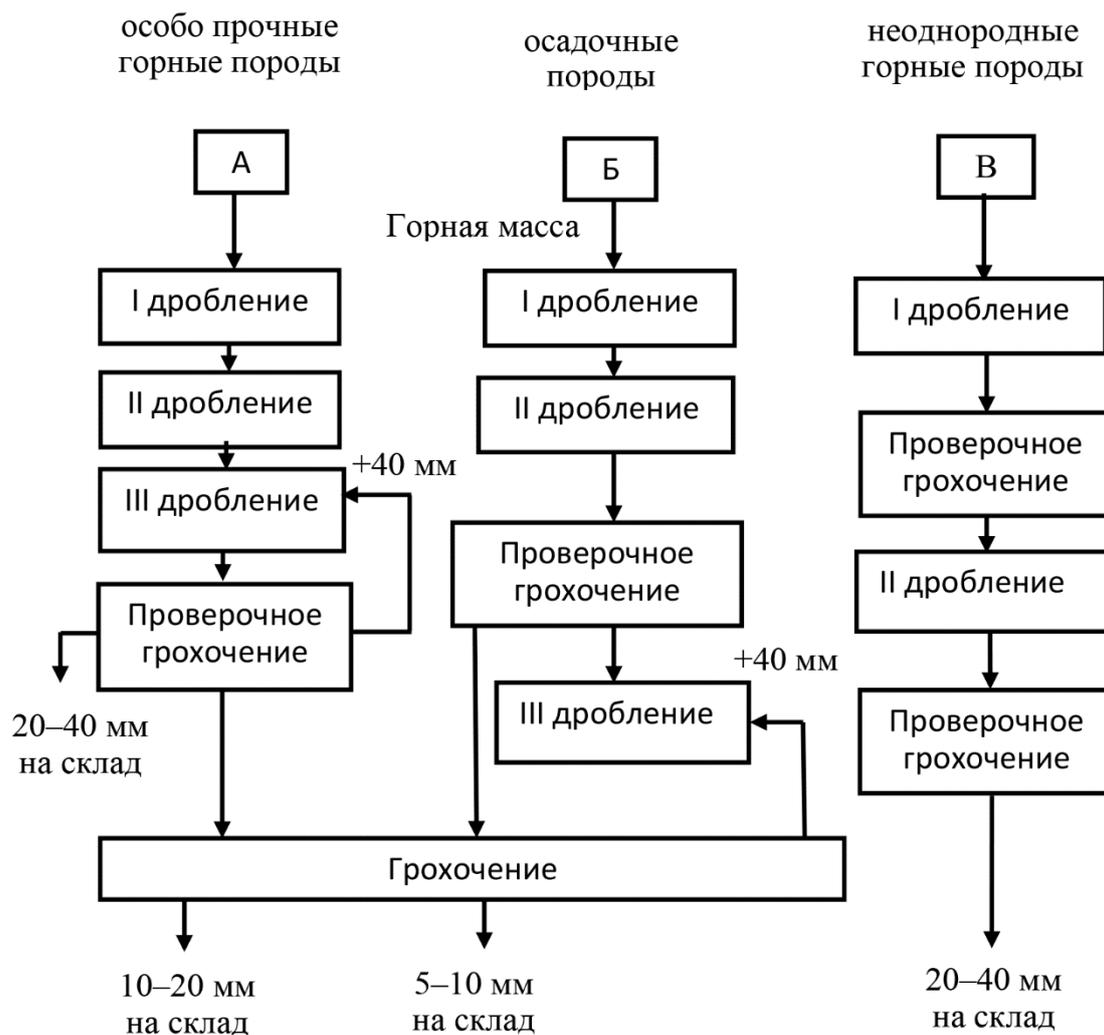


Рис. 10.7. Технологические схемы переработки горной породы⁶⁴

⁶⁴ Механизация переработки каменных материалов // Строй-Техника.ру : [сайт]. URL: <https://stroy-technics.ru/article/mekhanizatsiya-pererabotki-kamennykh-materialov> (дата обращения: 02.02.2025).

В процессе работы по замкнутому циклу измельчения горная масса может несколько раз проходить через дробилку. После дробилки продукт отгрохачивается, и зерна, которые остались в надрешетном классе, поступают обратно в дробилку для последующего измельчения.

В процессе работы по открытому циклу измельчения горная масса может проходить через дробилку только один раз.

Заводы-изготовители определяют выработку дробилок только для усредненной горной породы. Обычно используют породу средней плотности с объемной массой $1\,600\text{ кг/м}^3$.

10.6. Расчет технологического оборудования камнедробильного завода

В технических паспортах дробилок приводят графики выхода фракционированного щебня в зависимости от размеров выходных отверстий для усредненной плотности каменного материала.

Основные технические характеристики дробильно-сортировочного оборудования приведены в прил. 1 (П1.11–П1.13).

Рассмотрим последовательность проектирования цеха камнедробильного завода с производительностью до 120 тыс. м^3 в год. Производственное задание по выпуску щебня состоит из: фр. 5–10 мм – 10 %; фр. 10–20 мм – 20 %; фр. 20–40 мм – 30 %; фр. 40–70 мм – 40 %.

Сырьем служит гранитная горная порода прочностью 200...250 МПа и размером кусков до 340 мм.

Последовательность выбора оборудования.

1. Выбираем технологическое оборудование. По табл. 10.1 находим, что для переработки гранитного материала прочностью до 250 МПа могут быть использованы машины типа СМ-739 или машины типа СМД-83.

2. Зерновые составы на выходном отверстии агрегата СМД-83 при различных настройках разгрузочной щели представлены на рис. 10.8.

Технологическое оборудование для дробления горной породы

Основные показатели	Марка машины							
	Среднего дробления СМ-739	Мелкого дробления СМ-740	Крупного дробления ДПО-326	Среднего дробления С-905А	Сортировки С-905А	Крупного дробления С-985	Среднего дробления С-985	Мелкого дробления С-987
Прочность перерабатываемой породы, МПа	300	300	250	250	–	200	200	300
Производительность, м ³ /ч	25–45	25	36–100	14–70	до 140	125	50	30
при щели, мм	60–100	–	75–150	20–80	–	–	–	–
Размер зева, мм	400×900	–	600×900	250×900	–	–	–	–
Наибольший размер материала, мм	340	75	510	210	210	600	400	120
Мощность, кВт/ч	47,7	42,4	79	75	17	100	40	57,8
Габаритные размеры, мм								
ширина	3 000	2 930	2 445	2 620	3 300	3 050	2 450	2 800
длина	10 900	11 500	9 480	7 500	8 660	9 530	8 400	8 200
Высота в транспортном положении	5 200	3 650	4 400	3 200	3 500	5 400	3 730	3 350
Масса, кг	22 750	13 300	25 100	16 150	9 710	25 070	12 500	15 850
Состав машины	Щековая дробилка ЩС-40 ленточный транспортер	Конусная дробилка КСД-600Б грохот ГСС-32 транспортер	Щековая дробилка ЩС-60×90 ленточный транспортер	Две щековые дробилки ЩС-25×90	Грохот ГГС-42 двухъярусный	Дробилка однороторная ДРК-12×10	Дробилка однороторная ДРК-8×6	Конусная дробилка КСД-900Б

Зерновые составы полученного щебня при дроблении щековыми дробилками в зависимости от величины разгрузочной щели представлены в табл. 10.2.

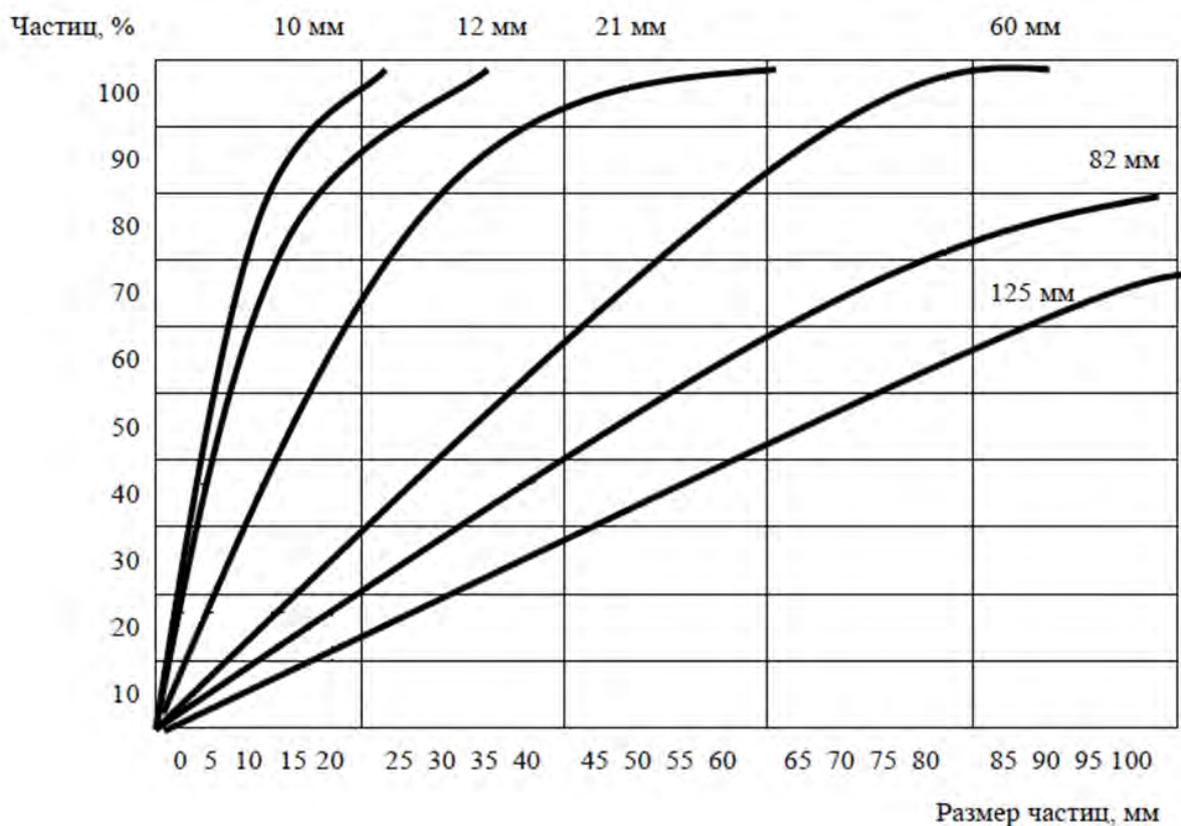


Рис. 10.8. Зерновые составы на выходном отверстии агрегата СМД-83

Таблица 10.2

Зерновые составы щебня при различной ширине разгрузочной щели

Размер зерен, мм	Размер разгрузочного отверстия, см				
	60	75	100	125	150
+ 70	2,5	3,8	5,0	6,0	7,2
От 40 до 70	3,6	3,0	2,4	2,0	1,6
От 20 до 40	1,8	1,4	1,2	1,0	0,
От 10 до 20	1,1	1,0	0,8	0,	0,4
Менее 10	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
Итого	100	100	100	100	100

3. Определяем производительность щековой дробилки по выражению:

$$Q = Q_{\text{п}} K_{\text{д}} K_{\gamma} K_{\text{ф}} K_{\text{кр}}, \quad (10.3)$$

где $Q_{\text{п}}$ – производительность машины, м³/ч;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий тип горной породы, принять от 0,85 до 1,2;

K_{γ} – коэффициент, учитывающий насыпную плотность измельчаемого материала, принять $K_{\gamma} = \gamma_{\text{п}}/\gamma$;

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий форму дробимого материала, принять 1,0;

$K_{\text{кр}}$ – коэффициент, учитывающий крупность дробимого материала, принять 1,0.

При минимальной ширине разгрузочной щели производительность расчетная для щековой дробилки типа СМ-739 составляет:

$$Q_{\text{min}} = 36 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,07 = 36,40 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При максимальной ширине разгрузочной щели производительность расчетная для щековой дробилки составляет:

$$Q_{\text{max}} = 100 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,07 = 101,12 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В табл. 10.3 представлены расчетные значения производительностей щековых дробилок типа СМ-739 и ДРО-326.

4. Определяем время работы дробильно-сортировочного оборудования:

$$T_{\text{min}} = \frac{Q}{Q_{\text{min}} K_E} = \frac{120000}{22,3 \cdot 0,85} = 6331 \text{ ч},$$

где Q – 120 000 производственное задание КДЗ, м³;

Q_{min} – расчетная производительность дробилки при минимальном разгрузочном отверстии, м³/ч;

K_E – коэффициент, учитывающий продолжительность работы, принять 0,85.

В случае изменения параметров разгрузочной щели дробилки на максимальные, время работы дробильно-сортировочного оборудования составит:

$$T_{\text{min}} = Q / Q_{\text{max}} k_E = \frac{120000}{40,2} \cdot 0,85 = 3512 \text{ ч}.$$

Таблица 10.3

Расчетная производительность агрегатов
для дробления

Марка дробилки	Выходное отверстие дробилки, мм				
	60	75	100	125	150
ДПО-326	–	32,1	53,5	71,4	89,2
СМ-739	22,3	28,5	40,2	–	–

Размер ковша одноковшового погрузчика по табл. форме ниже подбирается по размерам загрузочного отверстия камнедробилки.

Соотношение емкости ковша экскаватора
и зева дробилки

Ковш экскаватора, м ³	0,65	1,0	2,0
Размер зева дробилка, мм	400 на 600	600 на 900	900 на 1 200

5. Расчет годовой потребности работы агрегатов измельчения.

Время работы смены – 8,2 ч. Число смен в году будет составлять 254 дней. Продолжительность работы за год – 4 166 ч.

Часовая производительность агрегата дробления должна быть не менее $120\ 000/254 \cdot 2 \cdot 8,2 = 28,8$ м³/ч.

Тогда производительность агрегата при $K_b = 0,85$ составит $28,8/0,85 = 33,88$ м³/ч, принимаем – 36 м³/ч.

6. Расчет параметров агрегата дробления.

Расчетную производительность дробилка сможет обеспечить только при работе с разгрузочной щелью:

$$d = d' + (Q - Q_1) \left(\frac{d_M - d'}{Q_M - Q_1} \right), \quad (10.4)$$

где d' – наименьшее значение ширины разгрузочного отверстия дробилки, мм;

Q – проектная производительность, м³/ч;

Q_M – производительность агрегата дробления при d_M , м³/ч;

Q_1 – производительность агрегата дробления при d' , м³/ч;

d_M – наибольшая ширина разгрузочного отверстия дробилки, мм.

В результате расчетов принимаем величину разгрузочной щели дробилки равной $d = 82$ мм.

По кривым зерновых составов, представленных на рис. 10.8, найдем, что при ширине разгрузочной щели в 82 мм выход щебня по фракциям составит: 28 % выход щебня +70 мм; 32 % выход щебня от 40 до 70 мм; 20 % выход щебня от 20 до 40 мм; 11 % выход щебня от 10 до 20 мм; 9 % выход щебня менее 10 мм.

7. Выбор сортировочного оборудования. При выходе готовой смеси из агрегата первичного дробления материал поступает на сортировочный агрегат С-906. Агрегат С-906 снабжен двухситовым грохотом. Верхний класс просеиваемого материала с размером +70 мм направляется на агрегат вторичного дробления.

Щебень фракции от 40 до 70 мм поступает на склад. Нижний класс материала с размером менее 40 мм направляется на дополнительную сортировку.

Возвращение щебня фракции +70 мм приводит к необходимости увеличить производительность дробилки на величину $0,28 \cdot 36 = 10$ м³/ч.

8. Проектирование второй стадии измельчения. Учитывая размер материала, который будет поступать на вторичное дробление, после агрегата СМ-739, работающего с разгрузочной щелью в 66 мм, для второй стадии дробления проектируют агрегат типа С-905А (см. табл. 10.2).

Дробилка агрегата С-905А при работе по замкнутому циклу должна иметь производительность не менее 10 м³/ч.

Принимаем ширину разгрузочной щели равной $d = 21$ мм.

При работе дробилки с разгрузочной щелью в 21 мм выход щебня по фракциям составит: 35 % для щебня фракции от 20 до 40 мм; 45 % для щебня фракции от 10 до 20 мм; 20 % для щебня фракции менее 10 мм.

В табл. 10.4 приведены расчетные значения выходов отдельных фракций щебня после дробления в две стадии.

9. Проектирование сортировки продуктов измельчения. После прохождения второй стадии дробления возможны различные варианты организации сортировки, которые во всех случаях должны предусматривать отбор материала более 70 мм и сортировку по фракциям щебня от 0 до 40 мм.

Наличие двух сит на сортировочном аппарате позволяет получить рассев на три фракции. Всего в результате сортировки получаем три товарных фракции щебня, отсев и материал размером более +70 мм.

Таблица 10.4

Процентное соотношение выходов отдельных фракций щебня

Фракция щебня, мм	Выход щебня после стадии дробления				Всего	
	I стадия		II стадия			
	м ³	%	м ³	%	м ³	% выхода фракций
От 0 до 5	0,3	1	0,2	2	0,5	1,8
От 5 до 10	2,9	8	1,8	18	4,7	12,7
От 10 до 20	4,0	11	4,5	45	8,5	23,6
От 20 до 40	7,2	20	3,5	35	10,7	29,7
От 40 до 70	11,6	32	–	–	11,6	32,2
+70	10,0	28	–	–	–	–
Всего	36,0	100	10,0	100	36,0	100,0

При проектировании производственной базы была учтена сезонность работы. Для таких условий характерно размещение на базе отдельных агрегатов.

Сортировка материалов после второго дробления.

Вариант № 1. На сортировочном агрегате С-906 отделяется материал сверх +70 мм, песок фр. от 0 до 5 мм и щебень рядовой от 5 до 70 мм. Щебень разделяется по фракциям на других агрегатах.

Вариант № 2. На сортировочном агрегате С-906 отделяется материал сверх +70 мм, щебень фракции от 40 до 70 мм, а щебень от 0 до 40 мм рассеивается на других агрегатах.

10. Проектирование вибрационного грохота С-906. Производительность сортировочного агрегата можно определить по выражению:

$$Q = CqFRl m n \alpha \rho, \quad (10.5)$$

где C – коэффициент, учитывающий рабочую поверхность грохота сита, принять от 0,7 до 1,0;

q – удельная производительность квадратного метра поверхности сита, м³/ч;

F – рабочая площадь грохота, м²;

R, l, m, n, α, ρ – поправочные коэффициенты, принять по табл. формам ниже.

Поправочные коэффициенты

Содержание в щебне зерен размером меньше отверстия сита, %	10	20	30	40	50	60	70	80
Эффективность грохочения E , %	50	60	70	80	90	92	94	96
Коэффициент m	2,1	1,9	1,6	1,3	1,0	0,9	0,8	0,6
Коэффициент R	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
Значение коэффициента l	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,6	2,0
Содержание в щебне зерен крупнее отверстия сита, %	20	25	30	40	50	60	70	80

Для двухситовых грохотов производительность сортировочного агрегата ведут отдельно по верхнему и нижнему ситам.

В табл. формах, представленных ниже, приведены поправочные коэффициенты для сит и их удельные производительности.

Необходимо учитывать наклон. Изменение на 3° приводит к изменению производительности до 25 %.

Коэффициент m выбирают в зависимости от эффективности грохочения E (табл. форма выше).

Эффективность грохочения служит комплексным показателем машины для сортировки и определяется из соотношения:

$$E = 100 \cdot \frac{100(a - z)}{a(100 - a)}, \quad (10.6)$$

где a – процент содержания зерен в материале с размерами меньше, чем размеры сит, поступающих на грохочение, %;

z – допустимая степень засорения верхнего класса грохота нижним классом, %.

Поправочные коэффициенты для сит

Характеристика зерен	Значение коэффициента n	
Зерна округлой формы	1,25	
Дробленный каменный материал	1,00	
Характеристика материала	Значение коэффициента n	
	сита < 25 мм	сита > 25 мм
Сухой	1,0	–
Влажный	0,75–0,85	–
Комкующийся	0,20–0,60	–

Вид грохочения	Значение коэффициента ρ	
	сита < 25 мм	сита > 25 мм
Сухое	1,0	1,0
С орошением	1,25–1,4	1,0

Удельная производительность сита

Размер отверстия сита, мм	2,00	3,15	5,00	8,00	10,0	16,0	20,0	40,0	80,0
Удельная производительность сита, м ³ /ч	5,5	7,0	11,0	17,0	19,0	25,5	28,0	38,0	56,0

Размер отверстий сит, обеспечивающих заданные границы разделения фракций, выбирают по табл. 10.5.

Таблица 10.5

Размеры отверстий просеивающих поверхностей

Размер фракции, мм	Наклонный грохот		
	содержание в исходном материале частиц меньше C , %	щебень	
		$a_{кв}$, мм	$a_{кр}$, мм
5	Любое	5	6
10	Любое	10	12
15	До 60	14	18
20	До 60	18	24
25	До 60	25	30
40	До 60	35	47
70	До 60	70	82

Приняв площадь сита F по технической характеристике выбранного грохота, определяют производительность Q каждого сита.

11. Составление технологической схемы переработки каменных материалов.

Структурная схема разработанной технологической последовательности производства каменных фракционированных материалов представлена на рис. 10.9.

Исходная горная масса поступает в машину первичного дробления типа СМ-739. Полученный в результате дробления материал подается на сортировочный агрегат типа С-906, на котором отделяется щебень размером от 40 до 70 мм.

При этом щебень размером свыше +70 мм направляется на вторую стадию измельчения в дробилку С-905А. Полученный материал снова возвращается на первый сортировочный агрегат С-906.

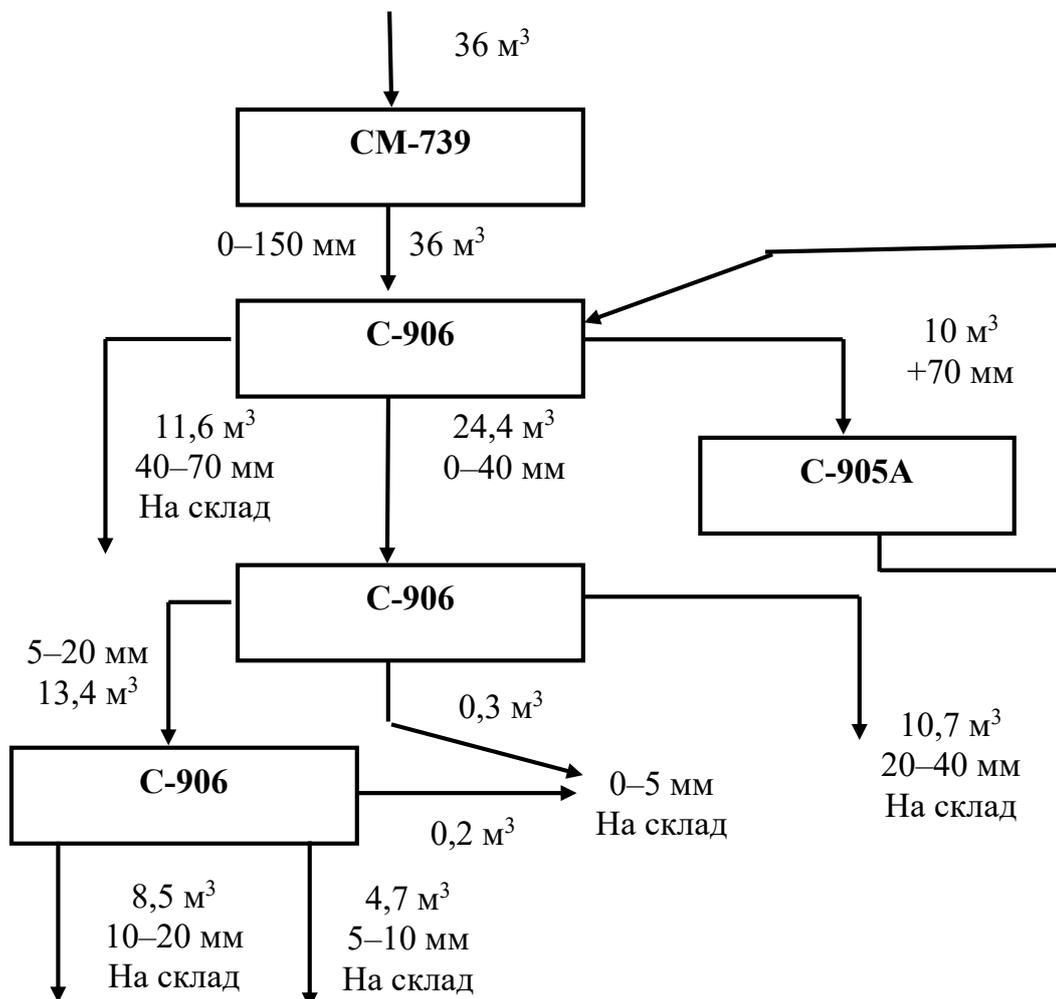


Рис. 10.9. Структурная схема производства каменных фракционированных материалов

При этом щебень размером от 0 до 40 мм поступает на второй агрегат С-906, на котором он разделяется на щебень фракции от 20 до 40 мм, фракции от 5 до 20 мм и фракции от 0 до 5 мм.

Щебень фр. от 5 до 20 мм подается на третий сортировочный агрегат типа С-906, на котором он делится на фракцию от 5 до 10 мм и фр. от 10 до 20 мм. При этом отделяются высевки размером от 0 до 5 мм.

Схема размещения машин на площадке приведена на рис. 10.10.

При проектировании предприятия была использована следующая структурная схема размещения оборудования.

Питатель для подачи каменного сырья размером до 340 мм в дробилку первичного измельчения СМ 739. Ленточный транспортер С-988 для подачи дробленого материала на агрегат первичной сортировки С-905. Транспортеры С-988 для подачи материала сверх +70 мм на агрегат С-905А, щебня фр. от 40 до 70 мм на склад и щебня фр. от 0 до 40 мм на агрегат вторичного дробления.

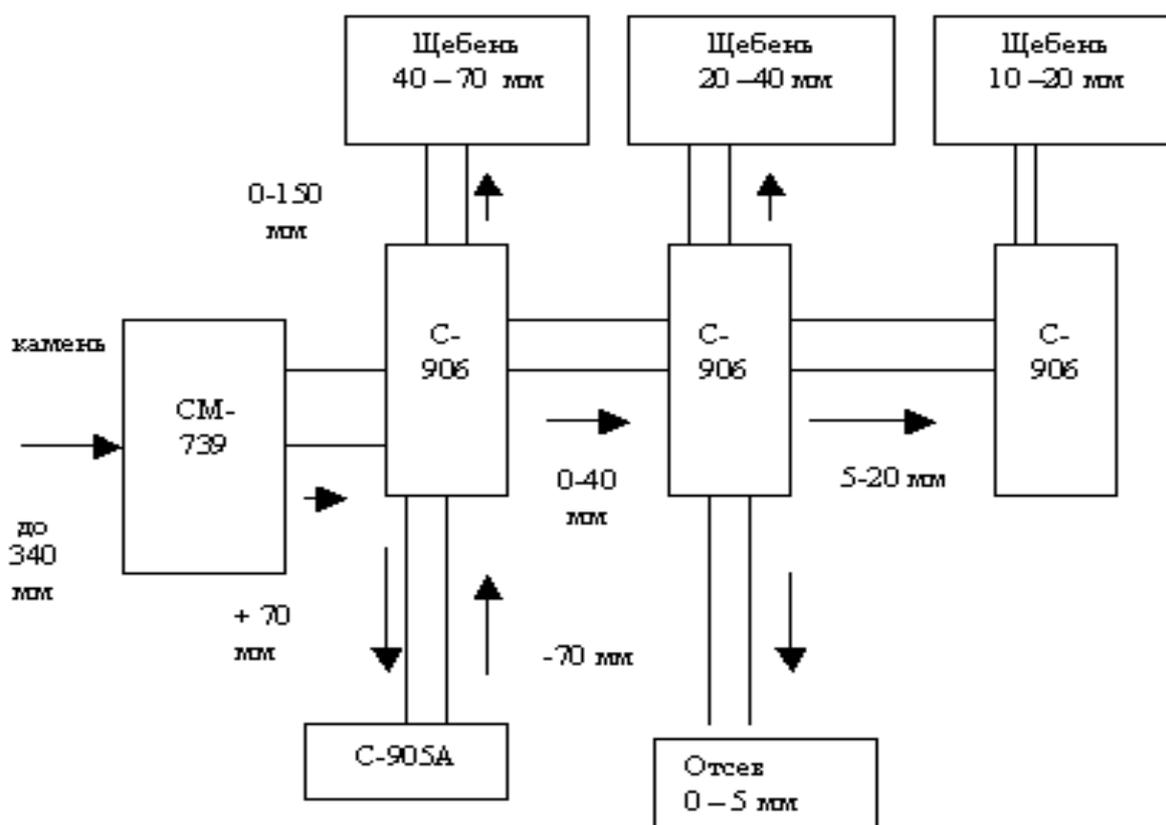


Рис. 10.10. Схема размещения оборудования камнедробильной базы

Агрегат среднего дробления С-905А. Агрегат вторичной сортировки для разделения фр. от 0 до 5 мм, фр. от 20 до 40 мм и фр. от 5 до 20 мм. Ленточные транспортеры для подачи щебня фр. от 20 до 40 мм на склад, фр. от 0 до 5 мм, фр. от 5 до 20 мм на третий сортировочный агрегат. Агрегат сортировочный третий, на котором щебень фр. от 5 до 20 мм разделяется на фр. от 5 до 10 и фр. от 10 до 20 мм. Транспортер для подачи щебня на склад в конусы.

10.7. Производственные базы, расположенные на территориях лесосырьевых баз Свердловской области

Освоение лесных ресурсов Свердловской области напрямую связано с транспортным освоением их лесосырьевых баз. Лесотранспортная инфраструктура способна выступить в виде связующего звена между Евразийской и Азиатской частями прилегающих территорий.

Каменные материалы для дорожного строительства в Свердловской области производятся на стационарных предприятиях, расположенных в непосредственной близости от месторождений.

Примером камнедробильных заводов могут служить предприятия, располагающиеся вблизи Монетного щебеночного завода и предприятий ОАО «Ураласбест».

Монетный щебеночный завод имеет четыре дробильных установки, три грохота, питатели и ленточные конвейеры для перемещения измельчаемого материала в операциях переработки.

Ленточные конвейеры служат для подачи готовой продукции на склады, разработаны на российских предприятиях.

Дробильно-сортировочный цех Монетного щебеночного завода предназначен для переработки горной массы и получения следующей продукции: кубовидные щебни по ГОСТ 8267–93, пески из отсевов дробления и песка фракционированного по ГОСТ 8736–93.

Дробильно-сортировочный комплекс выполнен по технологической схеме четырехстадийного дробления. Имеется агрегат предварительного грохочения перед первичным дроблением и выводом карьерных отсевов. После первичного дробления продукты попадают на промежуточный склад. Комплекс имеет замкнутый цикл на вторичном, третичном, четвертичном стадиях дробления и сортировки дробленого материала.

Первичное дробление исходной горной массы производится в щековой дробилке типа С-125 с разгрузочным выходным отверстием 140 мм.

Вторичное дробление производится в конусной дробилке типа *GP-300S* с разгрузочным выходным отверстием 40 мм. Дробление на третьем цикле производится в конусной дробилке типа *GP-300MF* с разгрузочным выходным отверстием 35 мм.

Для производства щебня кубовидной формы используется дробилка ударного действия типа *Barmac-9100*.

Предварительное сортирование происходит на колосниковой решетке аппарата типа В16-56-2V. Отбор продуктов производится с сит на грохоте типа ТК 16-208.

Сортирование в замкнутом цикле материала вторичного дробления происходит на грохоте типа *CV B2060*. Вся продукция, полученная после третьего и четвертого циклов дробления, отсеивается на грохотах типа *TS-403*.

Технические характеристики оборудования приведены в прил. 1.

Комбинат ООО «Ураласбест». Особенностью дробильно-сортировочного комплекса на комбинате ООО «Ураласбест» является получение щебня фракции от 40 до 80 мм на грохотах типа ГИС-42. А выделение щебня начинается уже после III стадии дробления. На рис. 10.11 представлена схема производства щебня.

Схема включает в себя разделение исходного продукта крупностью до 120 мм на грохоте, дробление его в дробилке типа КСД-2200, грохочение полученного продукта на грохоте ГИС-42 с использованием двух сит и контрольное грохочение.

Средняя расчетная производительность камнедробильного завода составляет 1 574 тыс. т/год. Из них готовой продукции от 500 до 800 тыс. м³/год щебня.

Объем горных работ составляет до 900 тыс. м³/год или 600 тыс. м³/год горной массы в плотном теле.

Исходным сырьем для получения каменных материалов служат гранодиориты Монетного месторождения с прочностью от 189 до 223 МПа.

Щебень фракций от 20 до 40 мм и фр. от 5 до 20 мм производят из промежуточных продуктов крупностью свыше +50 мм.

При этом используются вертикальные молотковые дробилки типа ВМД и двухситовые грохоты типа ГИД-2000.

На втором производстве разработана и внедрена новая технология получения щебня фракций от 25 до 60 мм, от 5 до 20 мм, от 10 до 15 мм, от 3 до 10 мм из скальных пород. Технологическая схема, представленная на рис. 10.12, 10.13, включает в себя свыше двадцати единиц технологического оборудования.

Корпус 3-4 стадий
дробления

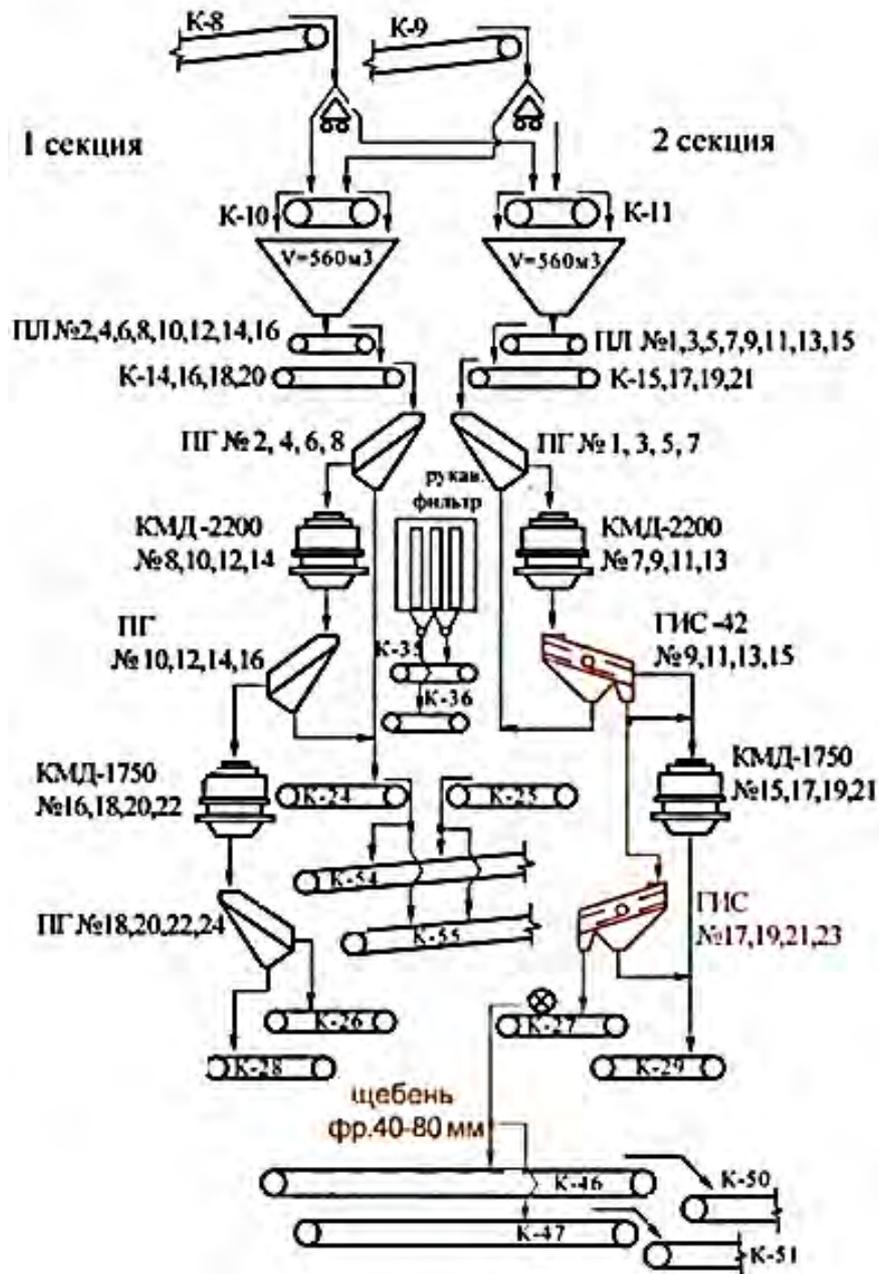


Рис. 10.11. Технологическая схема для получения щебня фракции от 40 до 80 мм⁶⁵

⁶⁵ Производство нерудных строительных материалов // Ураласбест : [сайт]. URL: <https://www.uralasbest.ru/services/proizvodstvo-stroitelnyh-materialov> (дата обращения: 02.02.2025).

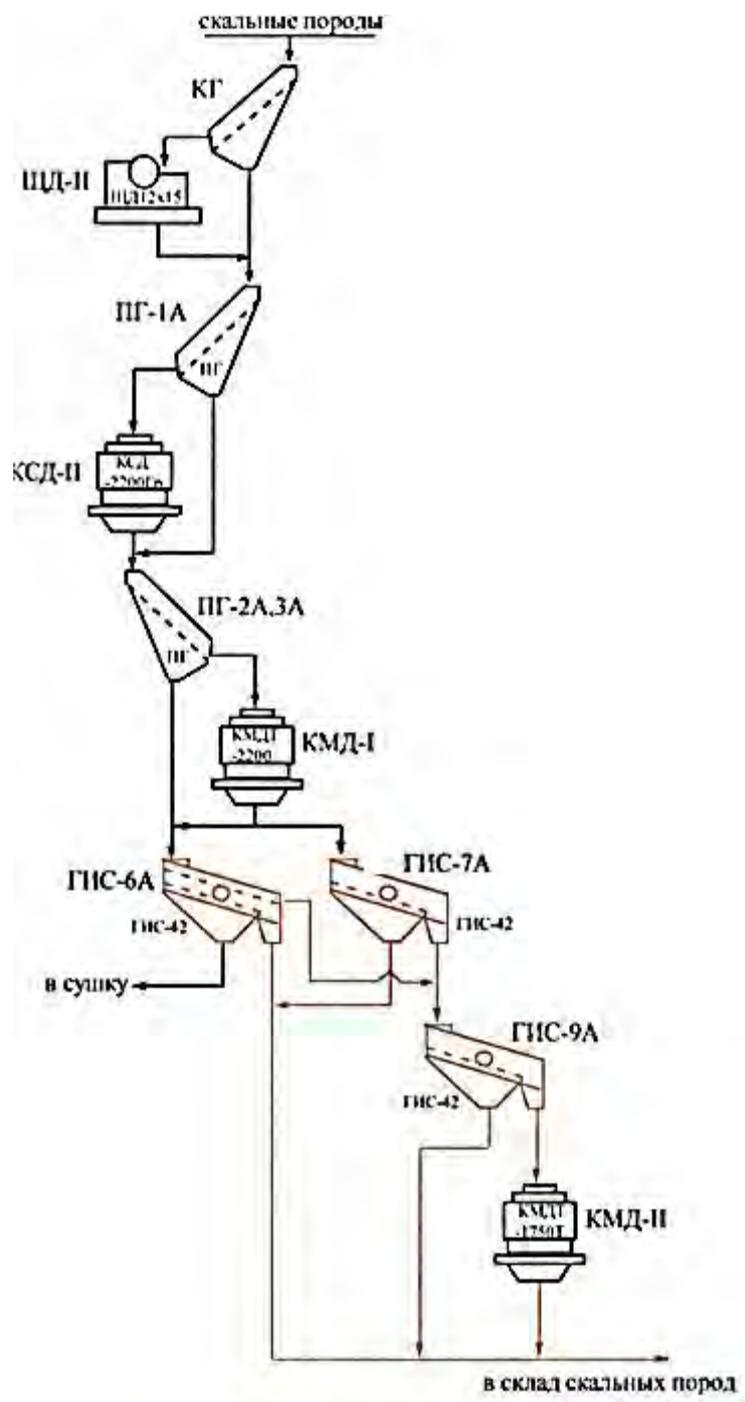


Рис. 10.12. Технологическая схема ДСК-2 для подготовки скальных пород⁶⁶

⁶⁶ Производство нерудных строительных материалов // Ураласбест : [сайт]. URL: <https://www.uralasbest.ru/services/proizvodstvo-stroitelnyh-materialov> (дата обращения: 02.02.2025).

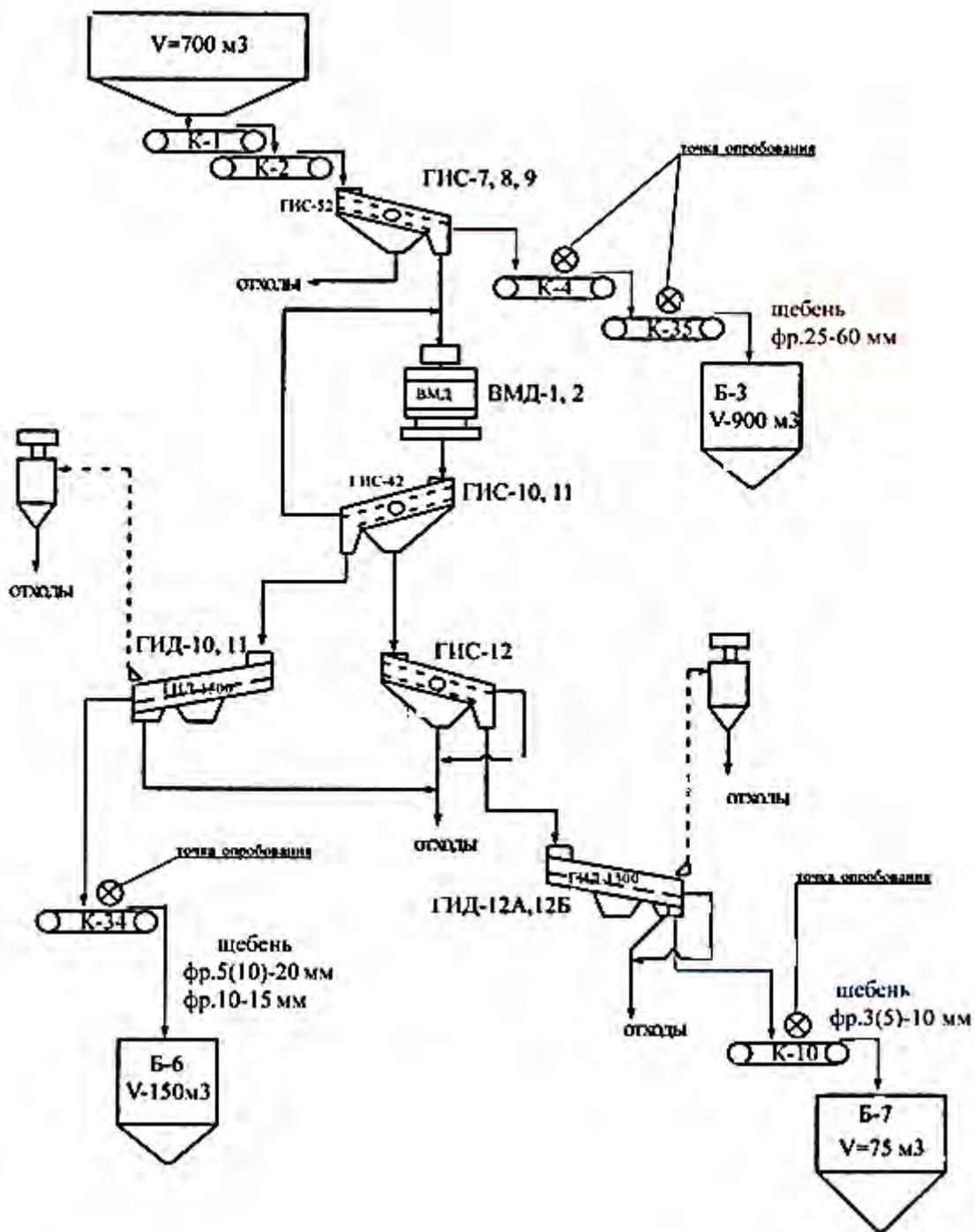


Рис. 10.13. Технологическая схема ЦО-2 для производства щебня фракций от 25 до 60 мм, от 5 до 20 мм, от 10 до 15 мм, от 3 до 10 мм из скальных пород⁶⁷

⁶⁷ Производство нерудных строительных материалов // Ураласбест : [сайт]. URL: <https://www.uralasbest.ru/services/proizvodstvo-stroitelnyh-materialov> (дата обращения: 02.02.2025).

Вертикальная молотковая дробилка ВМД обеспечивает процесс измельчения при сохранении прочностных свойств природного каменного материала. В результате образуются зерна кубовидной формы, при этом содержание зерен пластинчатой формы составляет не более 15 %.

Самостоятельная работа

Ответьте на вопросы и выполните задания для контрольной работы по теме «Производственная база строительства лесотранспортной инфраструктуры» в прил. 2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заленский В. С. Путевые и дорожные машины : учебник для техникумов. М. : Строиздат, 1991. 382 с.
2. Сухопутный транспорт леса : учебник для вузов / В. И. Алябьев [и др.]. М. : Лесная промышленность, 1990. 416 с.
3. Васильев А. А. Дорожные машины. М. : Машиностроение, 1987. 416.
4. Кручинин И. Н., Шомин И. И. Специализированные машины и оборудование для транспортного строительства : учебное пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2011. 184 с.
5. ГОСТ 25646–83. Эксплуатация строительных машин. Общие требования. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/0a5/4294828769.pdf> (дата обращения: 10.03.2025).
6. Дорожно-строительные машины и комплексы : учебник для вузов / В. И. Баловнев, А. Б. Ермилов, А. Н. Новиков [и др.] ; под. общ. ред. В. И. Баловнева. М. : Машиностроение, 1988. 384 с.
7. Доценко А. И. Строительные машины и основы автоматизации : учебник для вузов. М. : Высшая школа, 1995. 400 с.
8. Максименко А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин : учебное пособие. СПб. : БХВ – Петербург, 2006. 400 с.
9. Дорожные машины / Н. Я. Хархута [и др.]. М. : Машиностроение, 1976. 567 с.
10. Гоберман Л. А., Степанян К. В. Строительные и дорожные машины. Атлас конструкций : учебное пособие. М. : Машиностроение, 1985. 96 с.
11. ГОСТ 10055–75. Скреперы самоходные. Правила приемки и методы испытаний. URL: <https://normacs.net/Doclist/doc/39S1.html> (дата обращения: 02.10.2025). Режим доступа: ограниченный.
12. Технология и организация строительства автомобильных дорог / Н. В. Горелышев [и др.] ; под ред. Н. В. Горелышева. М. : Транспорт, 1992. 551 с.
13. Шестопалов К. К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование : учебное пособие. 2-е изд., испр. М. : Издательский центр «Академия», 2005. 320 с.
14. ГОСТ 21994–82. Катки дорожные. Термины и определения. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/c7b/4294850047.pdf> (дата обращения: 10.03.2025).

15. Каток вибрационный самоходный АМКОДОР 6712В : руководство по эксплуатации 6712В.00.00.000 РЭ. Минск. 90 с. URL: <https://www.amkodor-nn.ru/wp-content/pdf/6712v-rukovodstvo.pdf?ysclid=mbys8y37tk516358485> (дата обращения: 10.03.2025).
16. ГОСТ 21915–93. Асфальтоукладчики. Общие технические условия. Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 18 с. URL: <https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/gost-21915-93.pdf> (дата обращения: 10.03.2025).
17. Костельков М. П., Пахаренко Д. В. Инновации для высокого качества дорожных работ и объектов ЗАО «ВАД» // Дорожная Техника. 2009. С. 36–52. URL: <https://zaovad.ru/upload/file/2017/01/25/16-dorozhnaya-tehnika-2009-1-s36-52.pdf> (дата обращения: 10.02.2025).
18. Wirtgen холодный ресайклинг: руководство по применению. 2-е изд. Windhagen Deutschland, 2006. 268 с.
19. Дороги и транспорт лесной промышленности / И. И. Леонович [и др.]. Минск : Вышш. шк., 1979. 416 с.
20. Ремонт и содержание автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / А. П. Васильев, В. И. Баловнев, М. Б. Корсунский [и др.] ; под ред. А. П. Васильева. М. : Транспорт, 1989. 287 с.
21. Классификация работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования. М. : Государственная служба дорожного хозяйства (Росавтодор), 2002. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294846/4294846733.pdf> (дата обращения: 10.03.2025).
22. Карабан Г. Л., Баловнев В. И., Засов И. А. Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов. Конструкция и основы расчета. М. : Машиностроение, 1975. 368 с.
23. Карабан Г. Л. Снегоуборочные машины. М. : Изд-во М-ва коммунал. хоз-ва РСФСР, 1962. 124 с.
24. Краткий автомобильный справочник : в 5 т. Т. 4. Специальные и специализированные автотранспортные средства / М. Грифф, И. Венгров, В. Олитский [и др.]. М. : Изд. Компания «Автополис-Плюс», 2005. 472 с.
25. Миротин Л. Б., Силкин В. В., Бубес В. Я. Производственные предприятия дорожного строительства. М. : Транспорт, 1986. 190 с.

Приложения

**1. Основные технические характеристики
дорожно-строительных машин**

Таблица П1.1

Технические характеристики асфальтоукладчиков
фирмы «Фогеле»

Параметры	Модель машины					
	Супер-1500	Супер-1502	Супер-1600	Супер-1700	Супер-1704	Супер-2000
Ширина укладки, м: стандарт	2,5–6	2,5–6	2,5–6	2,5–8	2,5–8	3–12,5
с выдвижным брусом 475;	2,5–6	2,5–6	2,5–6	2,5–6,5	2,5–6,5	–
с выдвижным брусом 575;	–	–	–	3–8,5	3–7,5	3–8,5
с стандартным брусом высокого уплотнения;	–	–	2,5–6	2,5–7,5	2,5–7,5	3–9
с выдвижным брусом высокого уплотнения	–	–	2,5–6	2,5–6,5	2,5–6,5	3–7
Толщина укладываемого слоя, см, до	25	25	30	30	30	30
Мощность двигателя, кВт	51	51	78	94	94	160
при числе оборотов в мин	2 500	2 500	2 500	2 150	2 150	1 800
Скорость передвижения: при укладке бесступенчато, м/мин, до	14,1	18,3	18	18	18	18
при транспорти- ровке бесступенчато, км/ч, до	4,4	20	3,6	5	20	3,6

Таблица П1.2

Технические характеристики асфальтоукладчиков, выпускаемых предприятиями Российской Федерации

Параметры	ДС-48, Д-699	ДС-94	ДС-126А	ДС-113	ДС-114	СД-404М	ДС-143	ДС-155
Производительность, т/ч	150–200	100–150	До 150	200–250	300–400	200	До 170	До 250
Ширина укладываемой полосы, м	3,03–3,78	3,0–4,5	3,0–3,75	3,0–7,5	До 12,0	3,0–7,5	До 4,5	3,0–7,0
Толщина укладываемого слоя, мм	30–150	20–150	До 200	До 150	До 150	200–300	До 200	До 200
Вместимость бункера, т	10	8	7	10	10	10	10	12
Скорость передвижения: при укладке бесступенчато, м/мин, до	1,9–17,1	1,48–13,7	1,6–12,8	1,2–18,07	1,2–1,07	0,92–9,7	1,588, 57	1,7–21,64
при транспортировке бесступенчато, км/ч, до	9,5	5,2	20	До 15	До 15	13,3	4,64	10,33
Ходовая часть	Колесная	Гусеничная		Колесная		Колесная	Гусеничная	
Мощность двигателя, кВт	66	37	37	66	95	97	44	44

Таблица П1.3

Технические характеристики асфальтоукладчиков типа «Супер»

Марка машины	Ширина укладываемой полосы, м	Производительность, кВт, т/ч, до	Мощность двигателя, кВт/об/мин
Супер-Бой	1,10–2,6	50	28/1800
Супер-1400 гусеничный	2,0	300	46/2500
Супер-1500 гусеничный	2,6–6,5	350	70/2150
Супер-1502 колесный	2,5–6,0	350	70/2150

Окончание табл. П1.3

Марка машины	Ширина укладываемой полосы, м	Производительность, кВт, т/ч, до	Мощность двигателя, кВт/об/мин
Супер-1600 гусеничный	2,5–8,0	400	79/2150
Супер-1800 гусеничный	2,5–10,0	600	121/2150
Супер-1804 колесный	2,5–8,0	600	121/2150
Супер-1800 SF гусеничный	2,5–6,5	500	133/2500
Супер-2000 гусеничный	3,0–12,5	800	160/1800

Таблица П1.4

Технические характеристики перегружателей асфальтобетонной смеси

Технические характеристики	ВОМАГ ВМФ 2500	БЦМ-261
Вес, кг	24 500	9 000
Транспортная длина, мм	13 500	5 400
Транспортная ширина, мм	2 550	2 800
Транспортная высота, мм	3 100	3 000
Угол погрузки, град.	10	35
Скорость хода, км/ч	4,0	4,5
Рабочая скорость, м/мин	0–25	0–25
Емкость бункера, м ³	7	4
Мощность, кВт	170	120
Погрузочная высота (в середине), мм	523	1 900
Производительность т/ч	4 000	720
Общая длина	3 900 мм	2 800
Ширина	320 мм	320

Условия использования машин для очистки
от снега лесных дорожных покрытий

Снегоочиститель	Плотность снега, г/см ³	Высота снежного покрова, м	Работы, на которых предпочтительно использование снегоочистителей
Одноотвальные плужные снегоочистители	0,3	До 0,3	Патрульная снегоочистка, расчистка снежных заносов небольшой мощности, уширение полосы расчистки
Двухотвальные плужные снегоочистители	0,4	От 0,5 до 0,6	Патрульная снегоочистка, удаление снежных заносов небольшой мощности
Тракторные двухотвальные плужные снегоочистители	0,6	До 1,0	Расчистка снежных заносов средней мощности, уширение полосы расчистки, разравнивание снежных валов, прокладка снежных траншей
Шнекороторные и фрезерно-роторные снегоочистители	0,7	от 1,2 до 1,5	Расчистка снежных заносов или отложений большой высоты. Удаление снежных валов. Расчистка лавинных завалов
Автогрейдеры	0,6	До 0,5	Расчистка снежных отложений средней толщины. Разравнивание снежных валов или их удаление совместно с роторными снегоочистителями. Удаление уплотненного слоя снега
Бульдозеры	0,7	До 1,0	Расчистка снежных отложений большой толщины. При толщине снега более 1 м – послойными проходами. Удаление уплотненного слоя снега

Таблица П1.6

Технические характеристики ресайклеров

Технические характеристики	<i>Wirtgen WR 4200</i>	<i>Bomag MPH 122-2</i>
Эксплуатационная масса	74 500 кг	20 950 кг
Эксплуатационная мощность	433 кВт	360
Ширина полосы	2800–4200 мм	2 330 мм
Рабочая глубина	200 мм	500 мм
Расстояние между разцами (фрезерный барабан)	20 мм	17
Количество резцов (фрезерный барабан)	150	192
Транспортная скорость	3,6 км/ч	12 км/ч
Дорожный просвет	700 мм	600
Длина	12 650 мм	9 050 мм
Ширина	3 000 мм	2 810 мм
Высота	3 000 мм	3 420 мм
Топливный бак	2 070 л	750 л

Таблица П1.7

Технические характеристики плужных двухотвальных снегоочистителей

Показатели	ДЭ-214С	ДЭ-215
Базовая машина	Трактор К-700А	Трактор Т-171
Ширина очищаемой полосы, м	3,5	3,5
Высота снега, м	1	1,2
Дальность отбрасывания снега, м	2–3	1–2
Скорость:		
транспортная, км/ч	25	10
рабочая, км/ч	10–12	3–5
Производительность, т/ч	4–6	6–10
Масса, т	13,9	15,2

Таблица П1.8

Технические характеристики битумощебнераспределителей

Технические характеристики	Кургандормаш ДС-180	МашКомДорсервис МК 4.0
Эксплуатационная масса, кг	18 550	15 400
Эксплуатационная мощность, кВт	235	235
Ширина распределения, м	3,5	0,1–4,0
Производительность, м ² /ч	3 000	2 500
Вместимость цистерны, л	6 000	3 700
Удельная норма розлива, л/м ²	0,3–2,5	0,1–4,0
Вместимость бункера, кг	14 000	6 000
Удельный расход щебня, кг/м ²	9–21	5–20
Длина, мм	8 800	8 700
Ширина, мм	2 500	2 500
Высота, мм	3 300	3 400
Масса полная битумощебнераспределителя, кг	34 260	26 800
Расход топлива горелкой, л/ч	9	8
Транспортная скорость, км/ч	60	60

Таблица П1.9

Технические характеристики поливомоечных машин

Технические характеристики	МашКомДорсервис МКДС-07	КО-713Н-10
Базовый автомобиль	МАЗ-5337/МАЗ-5340	ЗИЛ-497442
Масса оборудования, кг	2 750	11 000
Габаритные размеры с оборудованием:		
Длина, мм	7300/8200	6400–9380
Ширина, мм	3 000	2500–3050
Высота, мм	3250/3300	3 000

Окончание табл. П1.9

Технические характеристики	МашКомДорсервис МКДС-07	КО-713Н-10
Максимальная ширина рабочей зоны: при мойке, м при поливке, м	8,5 15	8.5 20
Удельный расход воды: при мойке, м ³ /м ² при поливке, м ³ /м ²	0,7 0,2	0,7 0,2
Объем емкости для воды, м ³	7	4,9
Транспортная скорость, км/ч	60	60

Таблица П1.10

Технические характеристики плужно-щеточных
снегоочистителей

Наименование показателей	Марка машины				
	КДМ-130В	ДМК-40	ЭД-243	МДК-53213	ЗМ-14
Базовая машина	ЗИЛ-433362	КамАЗ-53213	МАЗ-63039	КамАЗ-53213	Урал-5557
Вместимость кузова, м ³	3,25	7,6	6	6	5
Ширина очищаемой полосы, м: – при подметании щеткой; – при снегоочистке плугом; – при распределении противогололедных реагентов	2,34 2,7–3,0 4–10	2,5 2,95 4–9	2,3 3,4–5,25 2–12	2,3 2,6–2,9 4–9	2,5 2,6–3,0 4–10
Плотность распределения реагентов, г/м ²	5–500	10–500	5–500	5–500	5–500
Производительность, м ² /ч: – при подметании; – при уборке снега	80 000 8 000	95 000 10 000	90 000 10 000	90 000 10 000	90 000 10 000

Окончание табл. П1.10

Наименование показателей	Марка машины				
	КДМ-130В	ДМК-40	КДМ-130В	МДК-53213	КДМ-130В
Масса полная, кг	12 490	24 000	16 200	19 000	11 600
Высота слоя снега, м	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5
Дальность отбрасывания снега, м	–	7	–	8–10	15
Рабочая скорость, км/ч: при уборке снега отвалом;	20	40	20	20	40
скоростным отвалом;	–	60	–	50	40
при распределении	20	20	20	20	20

Таблица П1.11

Техническая характеристика дробилки щековой С125

№	Показатель	Характеристика
1	Марка	С125
2	Производительность при номинальной ширине выходной щели, т/ч	От 300 до 500
3	Размеры загрузочного отверстия, мм	1 200 на 950
4	Максимальный размер загружаемых кусков, мм	До 800
5	Ширина загрузочной щели, мм	От 100 до 250
6	Скорость вращения главного вала, об/мин	1 500
7	Двигатель: мощность, кВт частота вращения, об/мин	160 980
8	Габаритные размеры: длина, мм ширина, мм высота, мм	3 370 2 690 2 900
9	Масса, кг	36 700

Таблица П1.12

Техническая характеристика конусных дробилок ОР-300МР

Показатель	Характеристики	
	ОР-3008С	ОР-300МР
Марка	ОР-3008С	ОР-300МР
Производительность, м ³ /ч	230	145
Ширина приемной щели, мм	До 280	До 85
Максимальный размер загружаемых кусков, мм	Не более 240	Не более 70
Ширина разгрузочной щели, мм	40	22
Скорость вращения главного вала, мин ⁻¹	1 500	1 500
Главный двигатель: мощность, кВт	200	250
Регулирование разгрузочной щели	Автоматизи- рованное	Автоматизи- рованное
Габаритные размеры (без привода):		
длина, мм	2 217	2 217
ширина, мм	1 820	1 820
высота, мм	2 546	2 546
Масса (без электрооборудования), кг	16 000	16 000

Таблица П1.13

Технические характеристики грохотов

Показатель	Характеристики		
	ТК 16-208	Т8403	CVB20601V
Марка	1632×1800	2445×6100	2000×6000
Максимальный размер загружаемых кусков, мм	1	3	4
Количество сит, шт.	3	14,9	12
Площадь сита, м ²	5,6	30	30
Двигатель: частота вращения, мин ⁻¹	1 500	1 500	1 500

2. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В основном, это типовые контрольные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Контрольные вопросы по теме «Общие сведения о машинах для строительства и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры лесосырьевых баз»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Какая из перечисленных производительностей наибольшая:

- 1) эксплуатационная;
- 2) конструктивная;
- 3) фактическая;
- 4) техническая.

2. Базовым показателем дорожных машин и основанием для формирования других показателей является:

- 1) производительность;
- 2) мощность;
- 3) тяговое усилие;
- 4) производительность и мощность.

3. Какое утверждение верно?

- 1) землеройно-транспортные машины – индексация ДУ;
- 2) дробильно-сортировочное оборудование – индексация СМД;
- 3) машины для уплотнения грунтов и дорожных покрытий – индексация ЭД;
- 4) машины для эксплуатации, содержания и ремонта автомобильных дорог – индексация ДЗ.

4. Какие системы управления дорожными машинами являются наиболее распространенными?

- 1) механические;
- 2) пневматические;

- 3) гидравлические;
- 4) комбинированные.

5. Техническая производительность дорожной машины – это:

- 1) максимально возможная производительность в данных условиях эксплуатации с учетом потерь и изменения структуры материала;
- 2) наиболее близкая к фактической производительности;
- 3) максимально возможная, без учета потерь энергии и времени;
- 4) минимально возможная производительность в данных условиях эксплуатации с учетом потерь и изменения структуры материала

6. Какое утверждение верно?

- 1) экскаваторы одноковшовые – индексация ЭТР;
- 2) машины для подготовительных работ – индексация ДЭ;
- 3) машины для уплотнения грунтов и дорожных покрытий – индексация ДУ;
- 4) машины для эксплуатации, содержания и ремонта автомобильных дорог – индексация ДЗ.

Контрольные вопросы по теме «Машины для земляных работ»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Козырек у бульдозерного отвала предназначен для:

- 1) уменьшения сопротивления резанию грунтов;
- 2) увеличения объема призмы волочения и уменьшения потерь грунта при его перемещении;
- 3) увеличения потерь грунта при его перемещении;
- 4) уменьшения объема призмы волочения и уменьшения потерь грунта при его перемещении.

2. На каких грунтах наиболее эффективно применять клиновое резание?

- 1) на твердых и пересохших;
- 2) на переувлажненных суглинках;
- 3) на легких;
- 4) на твердых и переувлажненных суглинках.

3. Что представляет собой следующее выражение, взятое из тягового баланса бульдозера: $W = gG_{пр}f_1f_2 \cos \varphi$?

- 1) сопротивление резанию грунта;
- 2) сопротивление от преодоления силы трения при перемещении грунта вдоль по отвалу;

3) сопротивление от перемещения призмы волочения перед отвалом;

4) сопротивление движению базовой машины.

4. Что представляет собой следующее выражение, взятое из тягового баланса бульдозера: $W = k_p Bh \sin \varphi$?

1) сопротивление резанию грунта;

2) сопротивление от преодоления силы трения при перемещении грунта вдоль по отвалу;

3) сопротивление от перемещения призмы волочения перед отвалом;

4) сопротивление движению базовой машины.

5. Что представляет собой следующее выражение, взятое из тягового баланса бульдозера: $W = gG_{\text{тр}}(f_1 \pm i) \sin \varphi$?

1) сопротивление резанию грунта;

2) сопротивление от преодоления силы трения при перемещении грунта вдоль по отвалу;

3) сопротивление от перемещения призмы волочения перед отвалом;

4) сопротивление движению базовой машины.

6. Какой отвал бульдозера увеличивает объем призмы перемещаемого грунта?

1) секционный отвал;

2) отвал с боковыми зубьями;

3) толкающий отвал;

4) прямой отвал.

7. Для каких целей служит заслонка у скрепера?

1) увеличение геометрического объема ковша и предотвращение высыпания грунта при транспортировке;

2) регулирование толщины отсыпаемого слоя;

3) уменьшение геометрического объема ковша и предотвращение высыпания грунта при транспортировке;

4) увеличение мощности скрепера.

8. При каком расстоянии транспортировки грунта рационально использовать прицепные скреперы?

1) до 5 000 м;

2) до 3 000 м;

3) до 1 500 м;

4) до 500 м.

9. Какая осевая формула из перечисленных принадлежит автогрейдеру, который не выпускается из-за сложности изготовления?

- 1) $1 \times 1 \times 2$;
- 2) $3 \times 3 \times 3$;
- 3) $1 \times 2 \times 3$;
- 4) $1 \times 3 \times 3$.

10. Какое утверждение верно?

- 1) разработка грунтов выше уровня экскаватора производится обратной лопатой;
- 2) разработка грунтов ниже уровня экскаватора производится прямой лопатой;
- 3) рытье глубоких колодцев с вертикальными стенками, перегрузка сыпучих материалов проводится грейферным оборудованием;
- 4) перегрузка сыпучих материалов производится крановым оборудованием.

11. Рабочим органом рыхлителя является:

- 1) зуб;
- 2) ковш;
- 3) нож;
- 4) отвал.

12. Для продления срока службы рыхлителя требуется:

- 1) зубья устанавливать на рыхлитель симметрично;
- 2) не производить корчевки пней и корней;
- 3) выглублять зубья рыхлителя на поворотах;
- 4) зубья устанавливать на рыхлитель в шахматном порядке.

13. При каком расстоянии транспортировки грунта рационально использовать самоходные скреперы?

- 1) до 5 000 м;
- 2) до 9 500 м;
- 3) до 12 000 м;
- 4) до 15

14. Что представляет собой следующее выражение, взятое из тягового баланса скрепера: $W = gk_{\text{он}}BH^2\gamma f_2$

- 1) сопротивление резанию грунта;
- 2) сопротивление от преодоления силы трения при перемещении грунта вдоль по отвалу;
- 3) сопротивление перемещению призмы волочения;
- 4) сопротивление движению базовой машины.

15. Рыхлители предназначены для:

- 1) возведения насыпей;
- 2) рыхления грунтов I категории;
- 3) предварительного профилирования земляного полотна;
- 4) взламывания различных покрытий и разработки мерзлых грунтов.

16. Применяют ли автогрейдер при возведении земляного полотна?

- 1) при высоте насыпи земляного полотна до 7 м;
- 2) не применяют;
- 3) только на легких грунтах с высотой насыпи не более 3 м;
- 4) только на грунтах IV категории с высотой насыпи не более 1,5 м.

17. Перечислите рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора:

- 1) драглайн, грейфер, прямая лопата, поворотный отвал;
- 2) обратная лопата, гидромолот, грейфер, поворотный отвал, драглайн;
- 3) драглайн, обратная лопата; прямая лопата; трамбовка;
- 4) прямая лопата, обратная лопата, грейфер.

18. Для увеличения производительности землеройно-транспортных машин при разработке грунтов применяют:

- 1) кусторезы;
- 2) дорожные фрезы;
- 3) корчеватели;
- 4) рыхлители.

19. Для сокращения времени набора грунта в ковш скрепера используют:

- 1) тракторы-толкачи;
- 2) экскаваторы;
- 3) автогрейдеры;
- 4) дорожные фрезы.

20. Прямой неповоротный отвал бульдозера применяют:

- 1) для разработки легких грунтов;
- 2) для засыпки траншей;
- 3) для работы с кусковыми и сыпучими материалами;
- 4) для разработки крепких грунтов.

21. Схему движения скрепера по спирали применяют для:

- 1) возведения широких насыпей из грунтов двухсторонних резервов;

- 2) планировочных и вскрышных работ;
- 3) возведения насыпей из грунтов боковых резервов при длине участка до 200 м.

4) планировочных работ.

22. В колесной формуле автогрейдера А×Б×В буква Б обозначает:

- 1) число осей с ведущими колесами;
- 2) число осей с управляемыми колесами;
- 3) общее число осей;
- 4) общее число колес.

23. В индексе экскаватора ЭО-5123ХЛ цифра 5 обозначает:

- 1) экскаватор на гусеничном ходовом устройстве;
- 2) жесткую подвеску рабочего оборудования;
- 3) порядковый номер модернизации;
- 4) номер размерной группы.

24. Какие из перечисленных марок относятся к автогрейдеру:

- 1) ДЗ-122; ДЗ-98; А-120;
- 2) ДЗ-27; ДЗ-35; ДЗ-122;
- 3) ДЗ-111; А-120; ДЗ-180;
- 4) ДЗ-98; ДЗ-35; ДЗ-180.

25. Какие из перечисленных марок относятся к бульдозеру:

- 1) ДЗ-162; ДЗ-98; ДЗ-180;
- 2) ДЗ-27; ДЗ-35; ДЗ-162;
- 3) ДЗ-111; А-120; ДЗ-27;
- 4) ДЗ-98; ДЗ-35; ДЗ-171.4.

26. В индексе бульдозера ДЗ-162.3ХЛ буквы ХЛ обозначают:

- 1) западное исполнение;
- 2) юго-восточное исполнение;
- 3) тропическое исполнение;
- 4) северное исполнение.

27. Самоходные колесные машины для профилирования земляных сооружений, планировки земляного полотна, откосов, выемок и насыпей называются:

- 1) бульдозеры;
- 2) скреперы;
- 3) экскаваторы;
- 4) автогрейдеры.

28. Корчеватели предназначены для:

- 1) корчевки пней диаметром до 1,6 м;
- 2) расчистки участков от корней и мелких камней;

3) корчевки пней диаметром до 50 см, расчистки участков от корней и крупных камней;

4) корчевки пней диаметром до 20 см, расчистки участков от корней и крупных камней.

29. При каком режиме работы эксплуатируются бульдозеры?

- 1) при легком;
- 2) при среднем;
- 3) при тяжелом;
- 4) при легком и среднем.

30. При каком режиме работы эксплуатируются прицепные скреперы?

- 1) при легком;
- 2) при среднем;
- 3) при тяжелом;
- 4) при среднем и тяжелом.

31. Совокупность процессов, включающих резание грунта, перемещение срезанного грунта по рабочему органу и впереди его в виде призмы волочения, а у некоторых машин и перемещение грунта внутри рабочего органа, называется:

- 1) резанием;
- 2) копанием;
- 3) профилированием;
- 4) рыхлением.

32. Применение толкача при совместной работе со скрепером позволяет:

- 1) увеличить путь набора грунта ковшом и больше использовать объем ковша;
- 2) уменьшить путь набора грунта ковшом и больше использовать объем ковша;
- 3) уменьшить путь набора грунта ковшом;
- 4) больше использовать объем ковша.

33. Для каких целей используют бульдозер, снабженный совковым отвалом?

- 1) для разработки мягких грунтов;
- 2) для работы с кусковыми и сыпучими материалами;
- 3) для планировочных работ;
- 4) для перемещения сыпучих и малопрочных материалов.

34. Длина пути набора грунта бульдозером при прямослойной схеме резания составляет:

- 1) 1–5 м;
- 2) 6–10 м;

3) 10–20 м;

4) 20–50 м.

35. Для каких целей используют бульдозер, снабженный сферическим отвалом?

1) для разработки каменистых грунтов;

2) для работы с кусковыми и сыпучими материалами;

3) для планировочных работ;

4) для разработки крепких грунтов.

36. Поворотный отвал у бульдозеров устанавливают:

1) на гусеничных тракторах;

2) на колесных и гусеничных тракторах;

3) на колесных тракторах;

4) только на специальном ходовом устройстве.

37. В индексе экскаватора ЭО-3123 цифра 1 обозначает:

1) порядковый номер модернизации;

2) жесткую подвеску рабочего оборудования;

3) номер размерной группы;

4) тип ходового устройства.

38. Экскаватор с оборудованием прямой лопаты предназначен для:

1) рытья траншей и небольших котлованов, расположенных ниже уровня стоянки машины;

2) разработки грунта в забое, расположенном выше уровня стоянки машины;

3) погрузки и выгрузки сыпучих, мелкокусовых материалов и очистки траншей и котлованов от обрушившегося грунта и снега;

4) рытья траншей и небольших котлованов, расположенных выше уровня стоянки машины.

39. Масса навешиваемого на базовую машину двух и более агрегатов определяется зависимостью:

1) $G_o = (0,18...0,23)G_T$;

2) $G_o = (0,23...0,35)G_T$;

3) $G_o = (0,35...0,45)G_T$;

4) $G_o = (0,45...0,53)G_T$.

40. Эксплуатационная производительность рыхлителя (м³/ч) определяется по формуле:

$$1) \quad \Pi = \frac{3600BVk_B}{\left(\frac{l}{V} + 2t_n\right)n};$$

$$2) \quad \Pi = \frac{3600K_B L (B \sin \varphi - a_{\Pi})}{\left(\frac{L}{v_{px}} + t_{\Pi}\right)m};$$

$$3) \quad \Pi = \frac{3600K_B Q_{np} K_H K_{\Pi}}{t_{ц} K_{pa}};$$

$$4) \quad \Pi = \frac{3600k_B LBh}{\left(\frac{L}{V} + t_n\right)m}.$$

41. Высоту задней стенки скрепера обычно выбирают в пределах:

$$1) \quad H_3 = (0,2 \dots 0,3)H_K;$$

$$2) \quad H_3 = (0,3 \dots 0,4)H_K;$$

$$3) \quad H_3 = (0,4 \dots 0,5)H_K;$$

$$4) \quad H_3 = (0,5 \dots 0,6)H_K.$$

42. Производительность скрепера определяется по формуле:

$$1) \quad \Pi = \frac{3600K_{\epsilon} Q_{np} K_H K_n}{t_{ц} K_{pa}};$$

$$2) \quad \Pi = \frac{3600K_{\epsilon} VK_H}{t_{ц} K_{pa}};$$

$$3) \quad \Pi = \frac{3600k_{\epsilon} LBh}{\left(\frac{L}{V} + t_n\right)m};$$

$$4) \quad \Pi = \frac{3600BVk_{\epsilon}}{\left(\frac{l}{V} + 2t_n\right)n}.$$

43. Какие из перечисленных марок относятся к скреперу?

- 1) ДЗ-27; ДЗ-35; ДЗ-122;
- 2) ДЗ-111; ДЗ-98; ДЗ-180;

- 3) ДЗ-98; ДЗ-35; ДЗ-180;
- 4) ДЗ-111; ДЗ-172; ДЗ-87.

44. Землеройно-транспортную машину для послойной разработки грунта, транспортировки и укладки заданным слоем называют:

- 1) бульдозером;
- 2) автогрейдером;
- 3) скрепером;
- 4) экскаватором

45. Для каких целей служит заслонка у ковша скрепера:

- 1) увеличивает геометрическую емкость ковша и закрывает ковш в транспортном положении;
- 2) увеличивает геометрическую емкость ковша, обеспечивает необходимый для наполнения ковша напор грунта, закрывает ковш в транспортном положении;
- 3) уменьшает геометрическую емкость ковша, обеспечивает необходимый для наполнения ковша напор грунта;
- 4) уменьшает геометрическую емкость ковша, обеспечивает необходимый для наполнения ковша напор грунта, закрывает ковш в транспортном положении.

Контрольные вопросы по теме «Машины для погрузки и разгрузки дорожно-строительных материалов»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Одноковшовые погрузчики предназначены для:

- 1) рытья траншей и небольших котлованов, расположенных ниже уровня стоянки машины;
- 2) разработки грунта в забое, расположенном выше уровня стоянки машины;
- 3) для погрузки и разгрузки сыпучих материалов, погрузки штучных грузов и для перемещения материалов по технологической площадке;
- 4) рытья траншей и небольших котлованов, расположенных выше уровня стоянки машины.

2. Главным параметром одноковшовых погрузчиков является:

- 1) производительность;
- 2) номинальная грузоподъемность;

- 3) мощность;
- 4) масса ковша.

3. Рабочим органом одноковшовых погрузчиков служит:

- 1) обратная лопата;
- 2) прямая лопата;
- 3) отвал;
- 4) ковш.

4. Производительность погрузчика определяется по выражению:

$$1) \Pi = \frac{3600K_B Q_{\text{пр}} K_H K_{\Pi}}{t_{\Pi} K_{\text{ра}}};$$

$$2) \Pi = \frac{3600K_B V K_H}{t_{\Pi}};$$

$$3) \Pi = \frac{3600k_B LBh}{\left(\frac{L}{V} + t_{\Pi}\right)m};$$

$$4) \Pi = \frac{3600BVk_B}{\left(\frac{l}{V} + 2t_{\Pi}\right)n}.$$

Контрольные вопросы по теме «Машины для уплотнения земляного полотна, материалов дорожных одежд и покрытий лесных дорог»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Какие катки можно отнести к машинам для уплотнения статического действия?

- 1) виброкатки и кулачковые;
- 2) комбинированные и кулачковые;
- 3) катки на пневмошинах и виброкатки;
- 4) гладковальцовые катки и плита.

2. Катки на пневмошинах позволяют:

- 1) увеличить глубину активной зоны уплотнения;
- 2) уплотнять сухие комковатые грунты;
- 3) уменьшить сопротивление движению катка;
- 4) уменьшить глубину активной зоны уплотнения.

3. При уплотнении кулачковыми катками рекомендуется:

- 1) снижать скорость перемещения при последних проходах катка;
- 2) уплотнение проводить на несвязных грунтах за один проход;
- 3) уплотнение проводить на повышенных скоростях;
- 4) уплотнение проводить на пониженных скоростях.

4. Комбинированные катки позволяют:

- 1) увеличить количество уплотняющих машин на предприятии;
- 2) уплотнять связные грунты;
- 3) уплотнять щебенистые основания асфальтобетонных покрытий;
- 4) уменьшить количество уплотняющих машин на предприятии.

5. Виброкатки позволяют:

- 1) уменьшить сопротивление движению катка;
- 2) увеличить глубину активной зоны уплотнения материалов;
- 3) уменьшить дробящее воздействие на каменные материалы;
- 4) уменьшить глубину активной зоны уплотнения материалов

6. Как определяют плотность грунтов?

- 1) по статистическим данным;
- 2) по числу ударов динамического плотномера;
- 3) по динамическим свойствам грунтов;
- 4) по эталонным образцам грунта.

7. Какие приспособления у катков применяются для очистки рабочей поверхности вальца от налипшего уплотняемого материала:

- 1) скребки в виде резиновых пластин;
- 2) скребки в виде металлических пластин;
- 3) смачивающее устройство и металлические щетки;
- 4) смачивающее устройство и скребки в виде резиновых или металлических пластин.

8. Влажность, которой при одинаковой затрате механической работы на уплотнение соответствует максимальная плотность называется:

- 1) действительная;
- 2) реальная;
- 3) теоретическая;
- 4) оптимальная.

Контрольные вопросы по теме «Машины для строительства и ремонта дорожных покрытий лесных дорог»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Основными частями автогудронатора являются:

- 1) цистерна для битумного материала, отопительная система, циркуляционно-распределительная система;
- 2) цистерна для битумного материала, отопительная система;
- 3) двустенный бункер с системой подогрева;
- 4) отопительная система и емкость для битумного материала.

2. При какой температуре воздуха в осенний период можно укладывать горячие асфальтобетонные смеси по обычной технологии:

- 1) не ниже 0 °С;
- 2) не ниже +5 °С;
- 3) не ниже +10 °С.

3. Укажите норму расхода битума при подгрунтовке основания перед укладкой асфальтобетонной смеси:

- 1) 0,5–0,8 л/м²;
- 2) 1,2–1,5 л/м²;
- 3) 0,8–1,2 л/м².

4. За сколько часов до укладки асфальтобетонной смеси основание должно быть подгрунтовано битумом:

- 1) время не регламентируется;
- 2) за сутки (24 ч);
- 3) за смену (8 ч);
- 4) за 1–6 ч.

5. Укажите температуру горячих асфальтобетонных смесей при их укладке в покрытие:

- 1) не ниже +90 °С;
- 2) не ниже +120 °С;
- 3) не ниже +150 °С.

6. Какой должна быть периодичность контроля температуры горячих асфальтобетонных смесей, доставляемых к месту укладки:

- 1) в каждом автосамосвале;
- 2) через каждый час работы;
- 3) два раза в смену.

7. Как необходимо уплотнять литые асфальтобетонные смеси:

- 1) уплотнять следует сначала легкими, затем тяжелыми гладко-вальцовыми катками;
- 2) уплотнять следует только катками на пневмоходу;
- 3) уплотнение не требуется.

8. На сколько процентов толщина укладываемой асфальтобетонной смеси должна быть больше проектной при укладке асфальтоукладчиком?

- 1) на 10–15 %;
- 2) на 5–8 %;
- 3) на 20 %;

9. Допускается ли укладка асфальтобетонной смеси автогрейдером?

- 1) допускается в исключительных случаях в нижний слой и в основание;
- 2) не допускается;
- 3) допускается при использовании тяжелых катков.

Контрольные вопросы по теме «Машины для регенерации старых дорожных покрытий лесных дорог»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Дорожная фреза предназначена для:

- 1) разрыхления, измельчения и смешивания грунта с вяжущим за один проход;
- 2) разрыхления, измельчения и смешивания грунта с вяжущим за несколько проходов;
- 3) розлива битума и предварительного уплотнения укрепленных грунтов;
- 4) разрыхления грунта и розлива битума.

2. Рабочим органом дорожной фрезы является:

- 1) барабан;
- 2) лопасти;
- 3) шнек;
- 4) ротор.

3. Технологический процесс устройства на дорожных покрытиях тонких слоев с целью обеспечить шероховатость, водонепроницаемость, износостойкость и плотность покрытий называется:

- 1) стабилизацией;
- 2) поверхностной обработкой;
- 3) обкаткой;
- 4) уплотнением.

4. Дорожно-строительная машина, предназначенная для фрезерования старого, изношенного дорожного покрытия, его перемешивания с новым вяжущим материалом и укладки готовой смеси на только что обработанную поверхность, называется:

- 1) ресайклер;
- 2) фреза;
- 3) перегрузчик смеси;
- 4) автогудронатор.

5. Дорожная машина для улучшения физико-механических характеристик грунтов называется:

- 1) ресайклер;
- 2) фреза;
- 3) стабилизер;
- 4) асфальтоукладчик.

6. Асфальтовый гранулят это:

- 1) дискретный материал, полученный в результате фрезерования старого асфальтобетонного покрытия;
- 2) стабилизированный грунт, полученный в результате обработки земляного полотна;
- 3) асфальтобетонная смесь, охлажденная до температуры окружающей среды.

7. Допускается ли добавление различных фракций каменного материала в асфальтовый гранулят?

- 1) допускается в исключительных случаях в основание дорожных одежд лесных дорог;
- 2) не допускается;
- 3) допускается при коррекции зернового состава асфальтобетонной смеси.

Контрольные вопросы по теме «Машины для восстановления дорожных покрытий магистральных лесных дорог»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Слой износа на дорожном покрытии это:

- 1) материал, полученный в результате фрезерования старого асфальтобетонного покрытия;
- 2) слой на дорожном покрытии для обеспечения требуемого коэффициента сцепления и износоустойчивости;
- 3) асфальтобетонная смесь, уложенная в нижний слой покрытия.

2. Эксплуатационный слой на дорожном покрытии применяют для:

- 1) увеличения прочности цементобетонных покрытий;
- 2) повышения технической категории автомобильных дорог;
- 3) создания слоя износа.

3. При какой температуре воздуха разрешается вести работы по строительству поверхностной обработки покрытий с использованием битумов:

- 1) не ниже 0 °С;
- 2) не ниже +5 °С;
- 3) не ниже +10 °С;
- 4) не ниже +15 °С.

4. При какой температуре воздуха разрешается вести работы по строительству поверхностной обработки покрытий с использованием катионных эмульсий:

- 1) не ниже 0 °С;
- 2) не ниже +5 °С;
- 3) не ниже +10 °С;
- 4) не ниже +15 °С.

5. В течение какого времени эксплуатации поверхностной обработки, построенной с применением фракционированного щебня, необходимо ограничивать скорость движения автомобилей до 40 км/ч и регулировать его по ширине проезжей части:

- 1) в течение первого дня;
- 2) в течение 2–3 суток;
- 3) в течение первой недели;
- 4) в течение первого месяца.

6. Асфальтобетонные заводы – это:

- 1) предприятие для выпуска горячих и холодных смесей;
- 2) предприятие для выпуска горячих, холодных, литых смесей, черного щебня и переработки старого асфальтобетона;
- 3) предприятие для выпуска горячих асфальтобетонных смесей;
- 4) предприятие для выпуска горячих, холодных смесей, черного щебня и переработки старого асфальтобетона.

7. Как изменяются свойства битума при наличии в нем воды:

- 1) увеличивается эластичность масел;
- 2) снижается хрупкость асфальтенов;
- 3) ухудшается клеящая способность смол;
- 4) улучшается клеящая способность смол.

8. Срок хранения вязких битумов со дня изготовления составляет:

- 1) полгода;
- 2) один год;
- 3) полтора года;
- 4) два года.

Контрольные вопросы по теме «Машины для летнего содержания лесотранспортной инфраструктуры»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Поливо-моечные машины служат для:

- 1) летнего содержания лесотранспортной инфраструктуры;
- 2) зимнего содержания лесотранспортной инфраструктуры;
- 3) строительства слоев износа.

2. Подметально-уборочные машины служат для:

- 1) удаления загрязнений с твердых дорожных покрытий;
- 2) зимнего содержания лесотранспортной инфраструктуры;
- 3) строительства асфальтобетонных слоев.

3. Эксплуатационная производительность подметально-уборочной машины определяется по формуле:

$$1) \Pi = \frac{3600 V_6 \rho_c K_3 K_{и}}{Tq_n};$$

$$2) \Pi = \frac{3600 K_B L (B \sin \varphi - a_{\Pi})}{\left(\frac{L}{v_{\text{px}}} + t_{\Pi} \right) m};$$

$$3) \Pi = \frac{3600 K_B Q_{\text{пр}} K_H K_{\Pi}}{t_{\Pi} K_{\text{ра}}};$$

$$4) \Pi = \frac{3600 k_B L B h}{\left(\frac{L}{V} + t_{\Pi} \right) m}.$$

4. Перечислите основное оборудование поливо-моечных машин:

- 1) водяная рампа, моечные насадки, водяное сопло;
- 2) водяная рампа, моечные насадки, водяное сопло, насосная станция, цистерна;
- 3) водяное сопло, водяная рампа, поливочные насадки.

Контрольные вопросы по теме «Машины для зимнего содержания лесотранспортной инфраструктуры»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Какое утверждение верно?

- 1) при патрульной очистке лесную дорогу очищают пока продолжается снегопад;
- 2) патрульная очистка от снега производят в осенний период;
- 3) при патрульной очистке используют только роторные снегоочистители.

2. Плужные снегоочистители – это:

- 1) машины, снабженные скоростным отвалом;
- 2) машины, снабженные роторным снегоотбрасывающим устройством;
- 3) машины, снабженные отвалом сдвигающего действия.

3. Для увеличения производительности плужных снегоочистителей применяют:

- 1) уширители или боковые открьлки;
- 2) щетки цилиндрические;
- 3) щетки конические.

4. Роторные снегоочистители – это:

- 1) машины, снабженные скоростным отвалом;
- 2) машины отбрасывающего действия, снабженные роторным устройством;
- 3) машины, снабженные отвалом сдвигающего действия.

5. Какое утверждение верно?

- 1) для борьбы с зимней скользкостью применяются специальные распределители технологических материалов;
- 2) материалы для обработки дорожных покрытий лесных дорог приготавливаются непосредственно на дорожном покрытии;
- 3) жидкие реагенты для борьбы с зимней скользкостью на лесных дорогах не применяются.

6. Какое содержание песка в песчано-соляной смеси марки 70/30:

- 1) содержание песка до 70 %;
- 2) содержание песка до 30 %;
- 3) содержание песка до 100 %.

Контрольные вопросы по теме «Производственная база строительства лесотранспортной инфраструктуры»

Для проверки полноты усвоения дисциплины рекомендуется ответить на предложенные вопросы и выбрать один правильный ответ.

1. Какое утверждение верно?

- 1) в щековых дробилках измельчают мягкие горные породы;
- 2) валковые дробилки предназначены для измельчения твердых горных пород;
- 3) молотковые дробилки служат для измельчения известняков и хрупких пород;
- 4) молотковые дробилки предназначены для измельчения твердых горных пород.

2. Щековые дробилки служат для:

- 1) измельчения мягких горных пород;
- 2) измельчения пород средней и большой твердости;
- 3) измельчения известняков и хрупких пород;
- 4) измельчения известняков и мягких горных пород.

3. Степень дробления каменного материала – это:

- 1) отношение наибольшего диаметра куска до дробления к диаметру после дробления;
- 2) отношение наибольшего к наименьшему диаметру куска после дробления;
- 3) наименьший диаметр куска после дробления;
- 4) отношение наименьшего диаметра куска до дробления к диаметру после дробления.

4. Для измельчения каменных материалов средней и большой твердости применяют:

- 1) конусные дробилки;
- 2) щековые дробилки;
- 3) валковые дробилки;
- 4) барабанные мельницы.

5. Для измельчения каменных материалов крупного и мелкого дробления применяют:

- 1) конусные дробилки;
- 2) щековые дробилки;
- 3) молотковые дробилки;
- 4) валковые дробилки.

6. Эффективность грохочения – это:

- 1) отношение количества материала, прошедшего сквозь сита, к количеству исходного материала;
- 2) отношение количества материала, прошедшего сквозь сита, к количеству материала данной крупности, содержащегося в исходном материале;
- 3) относительное содержание зерен меньшего размера, оставшихся после сортировки в зернах большего размера;
- 4) количество материала, прошедшего сквозь сита данной крупности, содержащегося в исходном материале.

7. Для измельчения каменных материалов мягких горных пород применяют:

- 1) молотковые дробилки;
- 2) барабанные мельницы;
- 3) конусные дробилки;
- 4) валковые дробилки.

Таблица П2.1

**Исходные данные для выполнения контрольной работы № 1.
Бульдозеры, тягово-эксплуатационные расчеты**

Наименование данных	В а р и а н т ы				
	1	2	3	4	5
Марка бульдозера	ДЗ-162	Т-4АП2	ДЗ-171.4	ДЗ-27	ДЗ-35
Базовый трактор:	ДТ-75Т	Т-4АП2	Т-170.01	Т-170.01	Т-130.1Г1
– общая масса, т;	7,16	8,85	16,05	14,66	14,03
– мощность двигателя, кВт;	70,0	95,2	103	125	118
– тяговое усилие, кН;	52	131,2	98	142	98
– скорость движения, м/с	2,08–3,19	0,61–2,58	1,36–2,48	1,44–2,89	2,44–2,92
Размеры отвала:					
– длина, м;	2,52	2,84	3,2	3,9	3,9
– высота, м;	1,0	1,05	1,3	1,3	1,0
– угол захвата, град.;	90	90	90	63	63
– угол естественного откоса, град.;	35	45	40	48	38
– угол резания, град.	45	45	60	50	55
– коэффициент сопротивления движению трактора;	0,20	0,25	0,15	0,30	0,28
– коэффициент трения грунта о грунт;	0,70	0,80	1,0	1,0	1,0
– коэффициент трения грунта о сталь;	0,60	0,80	0,85	0,85	0,85
– объемная масса разрыхленного грунта, кг/м ³ ;	1 250	1 400	1 500	1 600	1 450
– удельное сопротивление грунта резанию, кН/м ² ;	120	130	150	155	160
– глубина копания, м;	0,35	0,30	0,30	0,35	0,35
– скорость при резании, м/с;	0,86	0,65	0,85	0,85	0,89
– расстояние перемещения грунта, м;	35	25	35	50	40
– длина планируемого участка, м;	100	150	150	150	100
– коэффициент разрыхления	1,20	1,15	1,30	1,40	1,25
Уклон, %	+2	+5	–4	–6	–8

Таблица П2.2

Исходные данные для выполнения контрольной работы № 2.
Автогрейдер, тягово-эксплуатационные расчеты

Наименование данных	В а р и а н т ы				
	1	2	3	4	5
Модель	ДЗ-80	ДЗ-122	ДЗ-180	ДЗ-200	ДЗ-98
Ширина земляного полотна, м	3,0	8,0	4,0	5,5	10
Поперечная площадь насыпи, м ²	2,5	6,0	3,5	3,0	5,4
Длина захватки (длина рабочего хода), м	140	200	250	300	350
Средняя скорость при резании, V_p , м/с	1	1,5	1,5	1,5	2
Средняя скорость при планировке, V_n , м/с	2	2	2,2	2,2	2,5
Средняя скорость при отделочных работах, V_p , м/с	1,5	1,5	1,8	1,8	2,0
Угол естественного откоса, град.	38	40	45	50	55
Коэффициент трения грунта о грунт	0,60	0,65	0,70	0,80	1,00
Коэффициент трения грунта о сталь	0,45	0,40	0,50	0,60	0,55
Угол захвата, град.	80	75	70	60	65
Удельное сопротивление грунта резанию, Н/м ²	$3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$	$20 \cdot 10^4$
Объемная масса грунта, кг/м ³	1 300	1 400	1 800	1 600	1 700
Отвлеченная величина уклона	+0,04	-0,01	+0,06	-0,02	+0,08
Коэффициент сопротивления движению автогрейдера	0,06	0,08	0,09	0,12	0,15
Мощность двигателя, кВт	57	99	99	125	198
Масса автогрейдера, т	8,0	14,6	13,5	15,0	19,5
Длина отвала, м	3,04	3,74	3,74	3,86	4,27
Высота отвала, м	0,50	0,63	0,62	0,63	0,74

Таблица П2.3

Исходные данные для выполнения контрольной работы № 3.
Скрепер ДЗ-111, тягово-эксплуатационные расчеты

Наименование данных	В а р и а н т ы				
	1	2	3	4	5
Марка трактора Т-4АП:					
– мощность двигателя, кВт;	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
– рабочая скорость, км/ч;	5,20	6,32	6,52	6,34	7,04
– масса трактора, кг;	7 960	7 960	7 960	7 960	7 960
– масса скрепера, кг	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Коэффициент сопротивления движению трактора	0,15	0,10	0,20	0,18	0,16
Коэффициент сопротивления движению скрепера	0,060	0,080	0,065	0,070	0,050
Отвлеченная величина уклона	+0,04	–0,06	+0,08	+0,05	–0,02
Объемная масса грунта, кг/м ³	1 200	1 300	1 400	1 500	1 700
Коэффициент наполнения ковша	1,2	1,1	0,80	0,90	1,0
Удельное сопротивление грунта резанию Н/м ²	5·10 ⁴	5·10 ⁴	6·10 ⁴	6,5·10 ⁴	8·10 ⁴
Ширина ковша, м	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Глубина резания, м	0,10	0,15	0,18	0,20	0,17
Коэффициент трения грунта о грунт	0,80	0,70	0,85	0,90	0,90
Удельное сопротивление наполнению ковша, Н/м ³	6 500	6 800	7 500	7 000	7 200
Коэффициент разрыхления	1,20	1,25	1,40	1,30	1,35
Расстояние возки грунта, м	200	300	250	400	500
Эксплуатационная скорость, м/с	0,80	0,85	0,83	0,90	1,00

Таблица П2.4

Исходные данные для выполнения контрольной работы № 4.
Каток гладковальцовый, тягово-эксплуатационные расчеты

Варианты	1	2	3	4	5
Наименование показателей	Марка машины				
	ДУ-47А1	ДУ-49Д	ДУ-93	ДУ-63-1	ДУ-48Б
Масса катка, т	8	18	10	8,5	12
Линейное давление, кН/м	42	35	43	25	74
Тип грунта	супесь	суглинок	суглинок	супесь	глинистые
Влажность грунта W_o , %	8	18	14	12	21
Влажность грунта W_ϕ , %	16	21	12	22	19
Ширина уплотняемой полосы, мм	1 200	4 500	1 400	1 700	1 850
Время разгона, с	3	5	4	4	5
Коэффициент сопротивления движению	0,20	0,25	0,20	0,15	0,20
Максимальный уклон, ‰	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06
Число проходов по одному следу	6	8	8	6	8
Коэффициент сцепления	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Таблица П2.5

Удельное сопротивление грунта резанию, K_p , кН/м²

Наименование грунта	Дорожная машина		
	бульдозер	грейдер	скрепер
Песчаный	50–70	60–80	50–70
Супесчаный (связный)	70–100	80–120*	70–90
Суглинистый	100–150*	120–160*	90–110
Тяжелый суглинок	150–180*	160–200*	110–120*
Глинистый (несвязный)	180–220*	200–260*	120–150*

Примечание: при значении K_p свыше 120 кН/м² рекомендуется предварительное разрыхление грунтов.

Таблица П2.6

Технические характеристики автосамосвалов

Марка	Грузоподъемность П (тн.)	Емкость кузова, м ³
МАЗ-551605-271	20	12,5
КАМАЗ 65115-1033-15	12	8,5
ISUZU CYZ51K	19	11
DONGFENG C300	20	16
УРАЛ-55571-40	10	7
FOTON BJ3251DLPJB-1	12,5	18
КрАЗ-65055-040	16	10,5

Таблица П2.7

Показатели разрыхления грунта

Грунты	Первоначальное увеличение объема грунта после разработки, %	Остаточное разрыхление грунта, %
Глина ломовая и сланцевая	28...32	6...9
Мягкая, жирная, лесотвердевший и тяжелый суглинок	24...30	4...7
Грунт:		
гравийно-галечный	16...20	5...8
растительный	20...25	3...4
разборно-скальный	30...45	15...20
скальный	45...50	20...30
Лесс:		
мягкий	18...24	3...6
отвердевший	24...30	4...7
Мергель, опока	33...37	11...15
Песок	10...15	2...5
Солончак и солонец:		
мягкий	20...26	3...6
отвердевший	28...32	5...9
Суглинок:		
легкий и лессовидный	18...24	3...6
тяжелый	24...30	5...8
Супесок	12...17	3...5
Чернозем и каштановый грунт	22...28	5...7

Таблица П2.8

Исходные данные для выполнения контрольной работы № 5.
Скоростные снегоочистители, тягово-эксплуатационные расчеты

Варианты	1	2	3	4	5
Наименование показателей	Марка машины				
	ЭД 405	ЗМ 14	МДК48 461	ЭД 243	КО 823
Ширина рабочей зоны, м, B	2,6	2,8	2,6	2,9	2,7
Рабочая скорость, V_p , км/ч	50	45	55	63	61
Плотность снега, $\rho_{сн}$, кг/м ³	10/210	20/250	30/190	18/160	45/180
Соппротивление резанию, K , кН/м ²	4,8	2,15	4,3	2,2	3,0
Средний радиус кривизны отвала, м, $R_{ср}$	0,93	0,91	0,95	0,97	0,98
Угол захвата, α , град.	20	25	30	35	40
Угол резания, α_p , град.	35	36	37	38	39
Угол внешнего трения снега, δ , град.	15	10	13	15	11
Угол к направлению движения машины, β , град.	70	65	60	55	50
Толщина снежного покрова, h , см	10	12	15	8	9
Полная масса, т	12	11,6	10	12	10

Таблица П2.9

Исходные данные для выполнения контрольной работы № 6.

Разработка технологии переработки горной породы.

Исходные данные: переработке подлежит гранитная горная порода прочностью 250 МПа с наибольшим размером кусков до 340 мм

Наименование данных	В а р и а н т ы				
	1	2	3	4	5
Годовая потребность в каменных материалах, тыс. м ³	100	140	150	160	90
Щебень фракции 5...10, %	10	10	15	20	15
Щебень фракции 10...20, %	25	30	15	15	15
Щебень фракции 20...40, %	25	30	35	30	35
Щебень фракции 40...70, %	40	30	35	35	35

ГЛОССАРИЙ

Активная зона уплотнения – глубина, на которую распространяется уплотняющее воздействие от катка. Глубина активной зоны зависит от состояния материала и типа рабочего органа катка.

Асфальтобетонная смесь – рационально рассчитанная и перемешанная смесь щебня, песка, минерального порошка битума и добавок.

Асфальтовый гранулят – дискретный материал, полученный в результате фрезерования старого асфальтобетонного покрытия.

Вибрационный брус – вибрационный уплотняющий рабочий орган с узкой опорной плитой в виде бруса с несколькими вибраторами, размещенными в один ряд; применяется как подвесное оборудование в уплотняющих машинах.

Вибрация – сложный колебательный процесс с широким диапазоном частот, измеряемый в децибелах (дБ).

Виброуплотнение – динамическое уплотнение в результате одновременного воздействия колебаний массы уплотняющей машины (например, виброкатка) и статического давления.

Грохот – одно или несколько вибрационных сит для разделения сыпучих материалов по размерам кусков или частиц (фракций).

Дорожное строительство – комплекс всех видов работ, выполняемых при строительстве дорог, мостовых и других инженерных сооружений и элементов обустройства.

Дробилка – оборудование для дробления, т. е. механического воздействия на твердые материалы с целью их разрушения.

Зарезание грунта – технологический процесс при земляных работах. Различают клиновое, прямослойное и гребенчатое зарезание.

Земляные работы – это строительный процесс, включающий разработку (выемку) грунта, перемещение его и укладку в определенное место, в ряде случаев он сопровождается также разравниванием и уплотнением грунта.

Зимнее содержание автомобильных дорог – комплекс мероприятий по обеспечению безопасного и бесперебойного движения на автомобильных дорогах в зимний период года, включающий защиту автомобильных дорог от снежных заносов, очистку от снега, предупреждение и устранение зимней скользкости.

Зимняя лесная дорога (зимник) – лесная дорога, предназначенная для проезда в зимний период.

Истирание асфальтобетонного покрытия – процесс уменьшения его толщины под воздействием колес движущихся транспортных средств в комплексе с влиянием неблагоприятных климатических условий.

Классификация грунтов по трудности разработки – распределение грунтов по группам в зависимости от трудности их разработки землеройными машинами. Различают I–IV группы при разработке грунтов землеройными машинами.

Колейность – искажение поперечного профиля покрытия.

Коэффициент уплотнения – величина соответствия плотности материала после прохода уплотняющей машины к плотности материала, полученной в лаборатории при уплотнении стандартным способом.

Лесная дорога – объект лесной инфраструктуры, создаваемый в целях использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов.

Лесопромышленный склад – лесопогрузочный пункт, оборудованный техническими средствами для первичной обработки древесного сырья, хранения, погрузки или пуска в сплав хлыстов и сортиментов, а также для переработки древесных отходов.

Лесосырьевая база – часть территории лесного фонда, закрепленная на установленный срок за лесозаготовительным предприятием.

Лесотранспортная инфраструктура – разновидность инфраструктуры, совокупность лесопромышленного комплекса и предприятий лесотранспорта как выполняющих перевозки, так и обеспечивающих их выполнение и обслуживание.

Лыжа – устройство, которое крепится на асфальтоукладчик для обеспечения ровности покрытия при строительстве, может быть короткой (около 30 см) и длинной (около 9 м).

Органические вяжущие материалы – битумы, эмульсии, получаемые в результате переработки различных видов нефти, смол, битумной породы.

Отвал – рабочий орган бульдозера, грейдера, автогрейдера, может быть плоским, сферическим, толкающим, с выступающими боковыми зубьями.

Призма волочения – валик из грунта или дискретного дорожно-строительного материала, перемещаемого отвалом.

Производительность машины – количество продукции, выраженное в соответствующих единицах измерения (объем, масса, площадь, длина и др.), которое машина производит в единицу времени.

Производственная база – комплекс постоянных и временных сооружений и предприятий дорожной организации, предназначенных для оперативного обеспечения строительства материально-техническими ресурсами и изготовления собственными силами материалов, полуфабрикатов и изделий, используемых в процессе дорожного строительства.

Производственные предприятия – это комплекс сооружений, машин и оборудования, которые обеспечивают добычу необходимых для дорожного строительства материалов, изготовление полуфабрикатов и изделий.

Ресайклинг – смешение измельченного старого асфальтобетона с органическими и неорганическими вяжущими материалами.

Сегрегация – нарушение однородности дискретных материалов. Различают гранулометрическую и температурную сегрегацию, которая образуется в процессе их выгрузки, хранения в бункерах-накопителях, транспортировки к месту укладки и выгрузки в приемный бункер асфальтоукладчика.

Снежный покров – слой снега на поверхности земли, образовавшийся в результате снегопадов и метелей.

Специализированная дорожно-строительная машина – машина, состоящая из одной или комплекта машин, обеспечивающих все процессы строительства, ремонта и эксплуатации транспортных сооружений.

Стабилизация грунтов – вся совокупность мероприятий (подготовка грунта, внесение вяжущих и добавок, перемешивание, уплотнение и обеспечение условий формирования структурно-механических свойств укрепленного грунта), обеспечивающих в конечном итоге коренное изменение свойств исходных материалов с приданием им требуемой соответствующими стандартами прочности, водо- и морозостойкости.

Схемы движения землеройно-транспортных машин – технологические приемы работы. Различают эллиптическую, спиральную, «восьмеркой», по зигзагу, челночно-поперечную и челночно-продольную схемы.

Сцепная масса – масса машины, приходящаяся на тяговое ходовое устройство.

Цементобетонные смеси – рационально подобранные смеси минеральных материалов (щебня или гравия и песка) с цементом и водой,

при определенном водоцементном отношении и консистенции обеспечивающие получение цементобетона требуемой прочности и долговечности.

Щебень – неорганический неокатанный сыпучий материал с зернами диаметром от 1 до 10 см.

Эффективность грохочения – содержание нижнего класса соответственно в исходной горной массе и в надрешетном продукте, %.

Учебное издание

Кручинин Игорь Николаевич
Бурмистрова Ольга Николаевна
Ахтямов Эльдар Рашидович

**ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БАЗ**

ISBN 978-5-94984-952-1



Редактор Н. Ф. Тофан
Оператор компьютерной верстки Т. В. Упова

Подписано в печать 25.08.2025. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Цифровая печать.
Уч.-изд. л. 9,26. Усл. печ. л. 12,09.
Тираж 300 экз. (1-й завод 26 экз.).
Заказ № 1245.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.
Редакционно-издательский отдел.
Тел. 8 (343) 221–21–44.

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ».
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, пер. Лобачевского, 1, оф. 15.
Тел. 8 (343) 362–91–16.