

К. К. ШЕСТОПАЛОВ

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УЧЕБНИК

Рекомендовано

*Федеральным государственным автономным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования в учебном процессе
образовательных учреждений, реализующих программы СПО
по специальностям 190629 «Техническая эксплуатация подъемно-транспортных,
строительных, дорожных машин и оборудования», ПМ.02 «Техническая
эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных
машин и оборудования в стационарных мастерских и на месте выполнения
работ»; 270831 «Строительство и эксплуатация автомобильных
дорог и аэродромов», ОП.07 «Эксплуатация дорожных машин, автомобилей
и тракторов»*

*Регистрационный номер рецензии 198
от 10 мая 2012 г. ФГАУ «ФИРО»*

8-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2014

УДК 621.86/.87(075.32)

ББК 39.9я723

Ш522

Рецензенты:

преподаватель Московского автомобильно-дорожного колледжа *В. М. Задвернюк*;
профессор Московского автомобильно-дорожного института
(ГТУ), канд. техн. наук *Л. Н. Новиков*

Шестопалов К. К.

Ш522 Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / К. К. Шестопалов. — 8-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 320 с.

ISBN 978-5-4468-0667-6

На примере наиболее современных моделей рассмотрены назначение, классификация, типоразмерные ряды, принципы действия, особенности конструкции и дизайна; приведены формулы для расчета основных параметров и производительности подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин, а также машин и оборудования, используемых при содержании и ремонте автомобильных дорог и городских территорий. Приведена информация о наиболее известных фирмах-производителях, поставляющих на мировой рынок основное количество техники этого профиля.

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования и может быть использован при освоении профессиональных модулей ПМ.01 «Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования при строительстве, содержании и ремонте дорог», ПМ.02 «Техническое обслуживание и ремонт подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования в стационарных мастерских и на месте выполнения работ» по специальности 190629 «Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования. Может представлять интерес для профессиональных строителей, связанных с эксплуатацией подъемно-транспортной, строительной и дорожной техники.

УДК 621.86/.87(075.32)

ББК 39.9я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Шестопалов К. К., 2002

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2010

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2010

ISBN 978-5-4468-0667-6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Строительство – один из наиболее заметных признаков существования жизни на Земле. Убежища, гнезда, логова для себя и своего потомства строят насекомые, птицы, рыбы, рептилии, млекопитающие. Для человека строительство – одно из естественных проявлений его жизнедеятельности. Местом первых игр для любого малыша становится песочница, а игрушками – формочки, совочки и лопатки. На всем протяжении культурного развития человечества, в бесчисленном множестве цивилизаций, сменявших друг друга на Земле, строительство рассматривалось как наиболее естественный способ заявить о себе, оставить в веках память о своем обществе и о себе лично. И не случайно легендарные чудеса света (пирамида Хеопса, сады Семирамиды, дворец Соломона, колосс Родосский, Парфенон, гробница Мавсолия и др.) являются инженерными сооружениями, созданными руками строителей.

Поэтому справедливо считать историю человечества историей развития строительных технологий и приспособлений, а их совершенство – одним из показателей уровня технического развития человеческой цивилизации. И в древности, и в наши дни строительство велось с помощью технических устройств, иногда просто облегчающих и ускоряющих работу, а иногда делающих ее в принципе возможной. Обычный полиспаст Архимеда можно использовать и для уменьшения числа грузчиков, и для подъема многотонных блоков, с которыми не справятся сотни людей. И, конечно, человек всегда стремился максимально облегчить и ускорить свою работу, перекладывая наиболее тяжелую и неприятную ее часть на «плечи» все более и более совершенствуемых им механизмов.

Современное транспортное строительство включает возведение автомобильных дорог, аэродромов, мостов, путепроводов, тоннелей и других инженерных сооружений, значение которых для жизни цивилизованного общества трудно переоценить. Его концепция предусматривает выполнение обширного перечня операций в качестве обязательных составляющих технологического процесса. Сюда входят очистка территорий от растительности и почвенного слоя, разработка, перемещение и укладка больших объемов скального и скального грунта, добыча, переработка, сортировка, перевозка и укладка строительных материалов природного происхождения, а также изготовление искусственных строительных материалов.

Любая из перечисленных операций из-за грандиозного объема работ не может быть выполнена в короткие сроки без привлечения

соответствующих машин и механизмов. Строительство неизбежно связано с подъемом и перемещением штучных и насыпных грузов, монтажными работами на постоянных и временных инженерных сооружениях, которые не могут производиться без грузоподъемных и подъемно-транспортных механизмов и приспособлений. Специфические требования, которым не всегда или не в полной мере соответствуют дорожно-строительные и подъемно-транспортные машины общего назначения, предъявляют специалисты, отвечающие за благоустройство, содержание и ремонт транспортных сооружений и городских территорий.

Таким образом, существование и совершенствование развитого многофункционального парка подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин, каждая из которых занимает определенное место в сложной технологической цепочке, объективно необходимо. Все вместе эти машины входят в организационно-техническую систему, обеспечивающую развитие, благоустройство и эксплуатацию транспортных, энергетических и коммуникационных сетей, без которых невозможно нормальное функционирование общества.

Четкая и бесперебойная работа этой системы зависит от надежности и эффективности используемой техники, которые обеспечиваются ее качеством, квалификацией операторов и обслуживающего персонала, доступностью расходных материалов и запчастей, соответствием затрат на машину экономически приемлемому уровню. Поэтому весьма важна правильная техническая и экономическая оценка каждого из перечисленных факторов на этапе выбора машины определенного технологического назначения.

Для оценки качества техники используются различные показатели. Это могут быть абсолютные технические характеристики, такие как масса, мощность, размеры, скорость, уровень вибрации, звуковое давление, сила тяги, усилие на рабочем органе, давление в гидросистеме, передаточные отношения и т. п. Не менее популярны удельные технические характеристики, такие как энерговооруженность, энергоемкость, металлоемкость, опорное давление, средняя линейная нагрузка, удельный расход топлива, коэффициент устойчивости и другие, рассчитываемые по известным техническим показателям машин. Более сложны и реже используются на практике технико-экономические показатели, такие как производительность, себестоимость единицы продукции, приведенные и удельные приведенные затраты, прибыль.

Заказчика в конечном итоге всегда интересует скорость и стоимость качественного выполнения работы, причем он заинтересован в повышении скорости и одновременно – в снижении стоимости. Интересы подрядчика (иногда он же – производитель работ или прораб) противоположны и состоят в увеличении прибыли в единицу времени, чего легче добиться, выполнив дорогой

подряд с небольшими затратами (почти всегда это означает «сделать плохо»).

В централизованной экономике регулирование отношений заказчика и подрядчика осуществляют органы государственного надзора, исходящие из так называемых «государственных» интересов. В рыночной экономике обычно предложения услуг (в том числе и строительных) превышает спрос на них, что заставляет подрядчика выполнять требования заказчика, повышая свою прибыль главным образом за счет снижения собственных издержек. Чтобы добиться такого результата, подрядчик должен, во-первых, иметь выбор техники соответствующего назначения, а во-вторых, суметь оценить экономические последствия предполагаемого выбора. И если с наличием широкого выбора машин проблем обычно не возникает, то сам выбор предполагает совместный анализ технических, технико-экономических и стоимостных показателей машин, осложняющийся необходимостью учета экологических факторов, а также стоимости, эффективности и доступности обучения обслуживающего персонала и послепродажной технической поддержки.

Квалифицированный выбор невозможен без информации о наличии машин, доступных для приобретения, их сертификации органами государственного надзора, конструктивных особенностях, специфике применения (в том числе и с учетом климата), надежности, ценах, комплектности, условиях поставки, возможности и стоимости подготовки персонала, доступности и стоимости расходных материалов, условиях и стоимости гарантийного и послегарантийного технического обслуживания. Сбор такой информации предшествует собственно комплектации или обновлению парка машин и формированию сопутствующих ему организационных структур. Источником ее на первых этапах обычно служат специализированные отраслевые и рекламно-коммерческие периодические издания, а затем – информация фирм – производителей техники, как общедоступная, представляемая на выставках, в рекламных проспектах и сайтах Интернета, так и эксклюзивная, получаемая в ходе деловых встреч и переговоров с представителями фирм и торговых компаний.

Не менее важны последующая обработка и сравнительный анализ информации: во-первых, необходимо придать собранной информации сопоставимый вид (сгруппировать сравниваемые машины по назначению и типоразмерам, привести показатели к одним единицам измерения, при необходимости убедиться в общности методики их определения); во-вторых, следует выбрать метод анализа показателей, обеспечивающий наиболее объективный выбор машины. Наиболее простым является прямое сравнение параметров машин. К сожалению, очень часто прямое сравнение не дает удовлетворительного результата, так как лучшие значения одного параметра сопровождаются худшими значениями другого. В этой

ситуации нередко прибегают к так называемому «ранжированию показателей». Сравнимые показатели располагают по мере снижения (или повышения) их важности, и при сравнении большее внимание уделяется наиболее важным из них. При этом оценка важности показателей целиком зависит от опыта и точки зрения человека, проводящего сравнения.

Также популярен метод балльной оценки, при котором каждый из сравниваемых показателей оценивают количеством баллов в соответствии с его важностью, затем значение показателя умножают на его балльную оценку, полученные произведения обрабатывают (суммируют или находят среднее или т.п.) и сравнивают результаты обработки.

Эти и другие аналогичные методы полезны при предварительном анализе собранной информации, но не следует ориентироваться только на их результаты. Во-первых, оценка важности тех или иных параметров всегда субъективна, во-вторых, при большом количестве сопоставляемых, особенно сложных (например, технико-экономических) параметров даже небольшая ошибка в оценке их важности приводит к сильному искажению конечных результатов. Наиболее объективные результаты при сравнительном анализе конструктивно и технологически подобных машин дают методы математического моделирования. Суть математического моделирования технического объекта состоит в том, чтобы описать математическими соотношениями (смоделировать) некоторые его свойства и особенности работы. (Под математическими соотношениями понимаются формулы, уравнения, неравенства, логические условия и т.п.) Абсолютно невозможно смоделировать все свойства и особенности реальных машин, поэтому в число моделируемых включаются те из них, которые принято считать существенными, т.е. наиболее важными. Полученная в итоге система математических соотношений представляет собой математическую модель, анализируя которую на ЭВМ, можно с определенной степенью достоверности оценить эффективность реальной машины в тех или иных условиях эксплуатации.

Сбор и анализ информации для математического моделирования невозможен без знания технологических особенностей транспортного строительства, назначения, устройства и конструктивных особенностей используемых машин и оборудования, особенностей их рабочих процессов, требований к показателям экологической, эргономической и эксплуатационной безопасности, а также цен на региональном рынке техники.

После приобретения машины или комплекта машин необходимо рационально организовать их работу, чтобы добиться наибольшего выхода продукции при минимальных эксплуатационных расходах. Здесь для подрядчика важно выбрать такое соотношение производительности и затрат, которое обеспечит длительную, эф-

фективную и безотказную работу машины. Для этого требуется правильно назначить рабочие нагрузки и режимы эксплуатации, достаточно точно оценить предполагаемую производительность одной машины или их комплекта, предложить верный график планово-предупредительных мероприятий технического обслуживания и обеспечить его точное и квалифицированное выполнение. Не менее важно предусмотреть и организовать своевременную переброску техники с объекта на объект.

Перевозка тяжелой и негабаритной техники связана с заказом транспортных услуг специализированных предприятий, решением проблем погрузки и выгрузки машин, в том числе и с частичной разборкой, и согласованием времени и порядка перевозки с государственными органами, отвечающими за безопасность дорожного движения. Удовлетворительное решение этого комплекса вопросов также невозможно без знания устройства, технических характеристик и особенностей рабочих процессов эксплуатируемых машин.

В книге излагается материал, освещающий назначение, классификацию, устройство, принципы действия, особенности конструкции и дизайна, формулы для расчета производительности подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин и оборудования. Не все излагаемое ниже бесспорно и вечно. С течением времени меняются области применения и конструкция машин, значения их параметров и формулы для расчета, классификации, делящие машины на те или иные группы или типоразмеры. Часто появляются новые, до сих пор не известные механизмы и исчезают старые, привычные для многих поколений строителей. Но сохраняются физические принципы, реализуемые в новых конструкциях машин, не изменяются машины, уже сошедшие с заводских конвейеров, и эффективность работы на стройках тех и других во многом зависит от того, насколько полно соответствуют их характеристики условиям эксплуатации и насколько хорошо знакомы с ними специалисты по эксплуатации и ремонту.

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИНАХ И ОБОРУДОВАНИИ

1.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Подъемно-транспортные машины

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

Грузоподъемные машины предназначены для перемещения штучных грузов по вертикали и/или горизонтали. Перемещение в различных направлениях осуществляется за счет одновременной работы нескольких механизмов, каждый из которых сообщает грузу движение только в одном направлении (вверх/вниз, вправо/влево, вперед/назад). Грузоподъемные машины – это машины циклического действия, у которых режим подъема и/или перемещения груза обязательно чередуется с режимом холостого хода, паузами на загрузку/выгрузку и периодами простоя. К этому типу подъемно-транспортных машин относятся грузовые краны, пассажирские подъемники, кран-балки, лебедки и тали.

Транспортирующие машины предназначены для перемещения больших объемов штучных или насыпных грузов по неизменной траектории. Перемещение груза осуществляется с помощью бесконечных транспортирующих элементов, таких как соединенные в кольцо ленты, цепи, троса, архимедовы винты. Транспортирующие машины – машины непрерывного действия, способные работать без остановки в течение продолжительного времени. Паузы в работе таких машин нужны только для обслуживания и ремонта. К этому типу машин относятся конвейеры, классифицируемые по типу транспортирующего органа на ленточные, скребковые, ковшовые, пластинчатые, винтовые, пневматические.

Погрузочно-разгрузочные машины предназначены для перевалки штучных и насыпных материалов из транспортных средств к местам хранения и использования, и наоборот. Перемещение груза между местами погрузки и выгрузки осуществляется по произвольной траектории, как правило, самоходными механизмами со

специальными грузозахватными органами – ковшами, вилами, траверсами и т. д. Погрузочно-разгрузочные машины – это машины циклического действия, чередующие режимы загрузки, движения с грузом, выгрузки и холостого хода. К этому типу машин относятся самоходные ковшовые и вилочные погрузчики. В силу особенностей рабочего органа ковшовые погрузчики часто используются на земляных работах, поэтому иногда их одновременно относят и к землеройным машинам.

Машины для земляных работ

По физическим объемам и стоимости земляные работы занимают в транспортном строительстве лидирующее положение. Основным объектом разработки являются песчаные, глинистые, крупнообломочные и полускальные грунты, покрывающие большую часть земной поверхности (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Классификация нескальных грунтов по размеру частиц

Грунт	Описание структуры и связности	Преобладающий размер частиц, мм
Крупнообломочный	Несвязные обломки скальных пород Сыпучие в сухом состоянии, не обладающие пластичностью Связные, пластичные, во влажном состоянии – липкие	Более 2
Песчаный		Менее 2
Глинистый		Менее 0,005

Они различаются рядом существенных признаков, из которых наиболее важным для подбора и эксплуатации машин является прочность грунта, определяющая трудность его разработки. В отечественной практике для оценки трудности разработки грунтов используется один из следующих показателей: сопротивление образцов грунта сжатию; удельное сопротивление грунта копанию; удельная работа внедрения в грунт плоского штампа (табл. 1.2).

При планировании земляных работ чаще всего прибегают к понятию «категории грунта». Для земляных сооружений используют грунты 1–4 категорий, отличающиеся друг от друга сопротивлением сжатию. Строительные нормы и правила содержат подробные рекомендации, какими машинами следует разрабатывать грунты каждой из категорий.

Показатели сопротивления грунта копанию и работы внедрения в грунт плоского штампа, как правило, применяют для расче-

Классификация грунтов по трудности разработки

Название грунта	Категория	Объемная масса, т/м ³	Сопротивление сжатию, МПа	Сопротивление копанию, МПа	Работа, число ударов
Грунт растительного слоя	1	1,20	58,9	0,07	1...4
Песок	1	1,60	58,9	0,07	1...4
Супесь	1	1,65	58,9	0,07	1...4
Суглинок:					
легкий	2	1,70	78,5	0,10	5...8
тяжелый	3	1,75	98,1	0,15	9...15
Глина:					
мягкая	3	1,80	98,1	0,15	9...15
тяжелая ломовая	4	2,05	147,2	0,17	16...35

та рабочих сопротивлений при проектировании машин. Сопротивление копанию зависит от прочности грунта и типа рабочего органа. Так, его значение для отвала и ковша может отличаться на 10...20%. Поэтому сопротивление копанию должно определяться опытным путем для каждого типа машин и корректироваться при конструктивных изменениях рабочих органов машин.

Более универсален показатель работы, не зависящий от типа землеройного органа и других особенностей машин для земляных работ. В качестве единицы измерения прочности грунта принимается энергия удара груза массой 2,5 кг, падающего с высоты 0,4 м, которая равна 9,81 Дж. Экспериментально доказано, что работа, затраченная на погружение круглого стержня сечением 1 см² в грунт на глубину 10 см, пропорциональна прочности последнего. Для экспресс-оценки прочности грунта этим методом применяется плотномер ДорНИИ (рис. 1.1), названный по имени института, в котором был разработан.

Машины для подготовительных земляных работ. Технология выполнения земляных работ предусматривает проведение подготовительных и основных операций. Подготовительные операции имеют целью подготовку грунта и/или территории к разработке или сооружению объекта транспортного строительства и вклю-

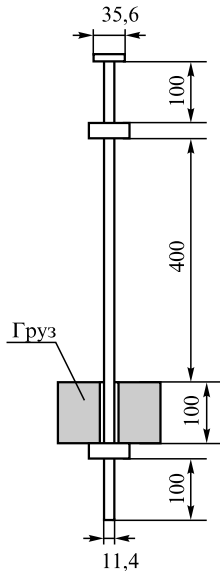


Рис. 1.1. Плотномер ДорНИИ для экспресс-оценки прочности грунта

чают в себя, как правило, расчистку полосы отвода от деревьев, кустарника, дернового покрова, гумусного слоя, пней, камней. В их состав также может входить осушение переувлажненных и заболоченных территорий и рыхление прочных грунтов перед разработкой. Для выполнения этих работ применяют специальные машины: *кусторезы* – срезают деревья, кустарник и подлесок, а также дерн, укладывая срезанный материал в валки по бокам своего пути; *корчеватели и корчеватели-собиратели* – выкорчевывают пни, корни и камни и сдвигают их вместе с материалом, собранным кусторезами, на границы участка; *рыхлители* – разрушают прочные грунты перед разработкой; *экскаваторы* – отрывают мелиоративные каналы при необходимости осушения (входят в группу машин для основных работ).

Машины для основных земляных работ. Основные земляные работы составляют подавляющую долю общего объема земляных работ и заключаются в разработке, перемещении, укладке и уплотнении грунта в основания инженерных сооружений, а также их продольном и поперечном профилировании. *Бульдозеры* разрабатывают и перемещают грунты и сыпучие строительные материалы на расстояние до 100 м, разравнивают материал перед уплотнением, осуществляют предварительное профилирование грунтовых сооружений, используются как толкачи при загрузке скреперов. *Скреперы* разрабатывают грунты самостоятельно или с помощью бульдозеров, перевозят грунт в ковше на расстояние до 5 км и отсыпают его слоями. *Автогрейдеры* сооружают невысокие насыпи из грунта боковых резервов, разравнивают рыхлый привозной грунт перед уплотнением, планируют грунтовые поверхности после уплотнения и стабилизации, доводят до проектных отметок продольные и поперечные профили грунтовых сооружений. *Грейдер-элеваторы* отсыпают грунтовые насыпи из боковых резервов либо загружают разрабатываемый грунт в транспортные средства. *Одноковшовые экскаваторы* строительных размеров разрабатывают нескальные грунты любой прочности и грузят их в транспортные средства. *Многоковшовые экскаваторы* продольного и поперечного копания отрывают траншеи для мелиоративных систем, трубопроводов и коммуникационных сетей, разрабатывают грунты в карьерах и профилируют откосы высоких насыпей. *Грунтовые катки* уплотняют грунт и дорожно-строительные материалы, уложенные в насыпи транспортных сооружений, повышая прочность и водонепроницаемость последних.

Машины для добычи каменных материалов и их переработки

Каменные материалы, применяемые в транспортном строительстве, получаются в результате измельчения и сортировки кусков

камня, добываемых при разработке гравийно-песчаных залежей или разрушения монолитных скальных образований. Залежи разрабатываются карьерными одно- и многоковшовыми экскаваторами, иногда в сочетании с мощными бульдозерами и рыхлителями. Для получения щебня из менее прочных каменных пород (например, известняка) в последние годы стали применять мощные самоходные фрезы, исключая необходимость дополнительного дробления. Однако в большинстве случаев разрушение скальных пород, особенно прочных, производится взрывом, для чего в породе необходимо предварительно пробурить отверстия под взрывчатку (шпур). В зависимости от размеров шпуров, их количества и прочности разбуhrиваемой породы используются различные бурильные механизмы.

Ручные и стационарные (колонковые) перфораторы применяются для горизонтального бурения и бурения сверху вниз шпуров и скважин диаметром до 100 мм и глубиной до 25 м в любых породах, кроме очень прочных. *Телескопные перфораторы* используют при бурении снизу вверх. *Станки ударно-канатного, вращательно-го и огневого бурения* применяются для получения более глубоких и больших по диаметру скважин, которые при добыче каменных материалов применяются редко.

Фактором, определяющим выбор способа разрушения скальной породы, является ее прочность. Наиболее часто прочность скальных грунтов оценивается величиной временного сопротивления одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии.

Величина временного сопротивления скальных грунтов, МПа

Прочность скальных грунтов:

Полускальный	Менее 5
Мало прочный	5 ... 15
Средней прочности	15 ... 50
Прочный	50 ... 120
Очень прочный	Более 120

Машины для переработки скальных материалов. Щебень, пригодный для транспортного строительства, является результатом дробления каменных материалов и последующей их сортировки на фракции (по размеру кусков) и сорта (по прочности и форме кусков). Размер кусков готового продукта зависит от того, сколько раз исходный материал подвергается дроблению. Наиболее крупные фракции щебня получают в результате первичного дробления, для которого используют, как правило, *щековые дробилки*. *Конусные, молотковые и роторные дробилки* применяют при необходимости дальнейшего измельчения. Самые мелкие фракции щебня получают при использовании *валковых дробилок*. Минеральный по-

рошок, добавляемый в асфальтобетонные смеси, изготавливается размолотом доломитов и известняков с помощью *мельниц*.

Оборудование для хранения и транспортировки цемента

Цемент – искусственный строительный материал, применяемый при изготовлении цементобетонных смесей, без которых невозможно сооружение сколь-нибудь значительных объектов. Он относится к минеральным вяжущим материалам и получается при тонком (до 0,08 мм) помоле обожженных известняковых пород. При смешивании в определенных пропорциях с водой цементный порошок через некоторое время затвердевает, превращаясь в очень прочный камень кристаллической структуры, что и определяет его ценность для строительства.

Расход цемента при строительных работах достаточно велик, поэтому оборудование для его перемещения и хранения занимает заметное место в номенклатуре машин транспортного строительства. Цемент боится влажности, легко распыляется ветром и быстро слеживается, превращаясь в прочный монолит. Эти его свойства в сочетании с повышенной абразивностью и способностью проникать в мельчайшие зазоры предъявляют особые требования к оборудованию для его перевозки и складирования. Для перевозки цемента по железным и автомобильным дорогам используются герметичные *цистерны-цементовозы*, оборудованные системами аэрации (при пропускании через цемент воздуха он становится текучим, как жидкость). Перед использованием цемент хранится в *силосах* с коническим дном, откуда, благодаря аэрации самотеком или с помощью *конвейера* (пневматического или винтового), подается к месту отгрузки или приготовления смеси.

Наиболее важной с позиций выбора механизмов является плотность различных сортов цемента (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Характеристика сортов цемента

Сорт цемента	Плотность, т/м ³	Объемная масса, т/м ³	
		Рыхлый	Слежавшийся
Романцемент	2,6 ... 3,0	0,8 ... 1,0	1,0 ... 1,3
Пуццолановый портландцемент	2,7 ... 2,9	0,8 ... 1,0	1,2 ... 1,6
Шлакопортландцемент	2,8 ... 3,0	—	—
Портландцемент	3,0 ... 3,2	0,9 ... 1,3	1,5 ... 2,0
Глиноземистый цемент	2,1 ... 3,3	1,0 ... 1,3	1,6 ... 2,0

Оборудование для приготовления и перевозки цементобетонной смеси

Цементобетонная смесь – один из основных материалов, используемых в транспортном строительстве для сооружения дорожных одежд, мостов, эстакад, тоннелей и других конструкций, рассчитанных на большие нагрузки и многолетнюю работу. Цементобетонной называется смесь цемента, воды, песка и щебня в пропорциях, диктуемых назначением получаемого цементобетона. Современные строительные технологии также предусматривают использование специальных добавок в цементобетон, улучшающих его свойства (например, морозостойкость) и ускоряющих созревание.

Объемы потребления цементобетонной смеси в транспортном строительстве диктуют использование для ее приготовления и транспортировки самого современного оборудования.

Технология приготовления цемента-бетонной смеси остается неизменной на протяжении уже многих лет. Ее реализуют *растворные узлы, цементобетонные заводы, заводы железобетонных изделий*, производительность и близость которых к месту потребления смеси диктуются экономическими условиями конкретного региона. В состав комплекта специального оборудования входят склады и бункеры для каменных материалов, цистерны для воды, силосные хранилища для цемента и добавок, объемные дозаторы для точной дозировки компонентов смеси, бетоносмесители для перемешивания компонентов до состояния однородной смеси, бункеры-накопители для хранения и отгрузки готовой смеси.

Машины для сооружения цементобетонного покрытия

Автомобильные дороги и взлетно-посадочные полосы аэродромов, рассчитанные на высокую интенсивность движения и большие ударные нагрузки, обязательно имеют в своей конструкции слой цементобетона, а чаще – железобетона. Цементобетон обеспечивает необходимые прочность и надежность сооружения, а иногда служит и как верхний, износоустойчивый слой покрытия. Его прочность зависит, в основном, от плотности, обусловленной правильным подбором состава, качеством приготовления и соблюдением технологии укладки. Прочность цементобетона характеризуется пределом прочности при сжатии и пределом прочности на растяжение при изгибе, измеренных спустя 28 сут. после его изготовления.

Укладка, разравнивание, уплотнение цементобетона и выравнивание его поверхности в современном транспортном строительстве

производятся комплексами машин, включающими *бетонораспределитель, бетоноукладчик и финишер*, и обеспечивающими высокую (до 1 км/ч и более) скорость устройства покрытия. Это достигается высокой степенью автоматизации и надежностью машин при условии четкой организации основных и вспомогательных работ. Цементобетонное полотно, уложенное машинами бетоноукладочного комплекса, покрывается защитной пленкой или эмульсией. Это обеспечивает оптимальные условия для созревания цементобетона, в котором после отверждения нарезаются компенсационные швы, предохраняющие полотно от растрескивания при деформациях. Швы защищаются битумной мастикой, полимерной лентой, другими заполнителями, предотвращающими попадание воды и скол верхних кромок бетонных плит под действием ударных нагрузок от колес автотранспорта. Для выполнения перечисленных операций используются *распределители пленкообразующих материалов, нарезчики швов и гудронаторы*.

Оборудование для хранения и перекачки битума

Битум относится к органическим вяжущим материалам и получается в результате физико-химической переработки нефти, угля, смол и битумных пород. В транспортном строительстве он применяется, в основном, благодаря хорошей адгезии, вязкости и водонепроницаемости. При перемешивании с сыпучими дорожно-строительными материалами (щебнем, гравием, песком, грунтами) битум склеивает их частицы в стабильные конгломераты, устойчивые к действию разрушающих нагрузок, влаги и температурных деформаций. При нагревании до температуры 150...180°С вязкость битума дорожных марок снижается и он становится текучим, что облегчает его перекачку и дозирование.

Для перевозки битума используется железнодорожный и автомобильный транспорт. Как правило, битум перевозится в *закрытых цистернах* с хорошей теплоизоляцией и системой подогрева. При перевозках по железной дороге также используются *самосвальные бункеры*, оснащенные паровыми подогревательными рубашками. На короткие расстояния, в частности, между технологическими установками, образующими единый производственный цикл, битум перекачивается по *теплоизолированным и подогреваемым трубопроводам*.

Основными потребителями битума в транспортном строительстве являются асфальтобетонные заводы, особенности производства которых требуют наличия запаса битума в объеме 50 % его годового расхода. Запас битума хранится в подземных, полуподземных или наземных *битумохранилищах*. Последние могут быть временными или стационарными.

Оборудование для изготовления и перевозки асфальтобетонной смеси

Асфальтобетонные смеси применяются, главным образом, в транспортном строительстве и получают при тщательном перемешивании нагретых щебня, песка и минерального порошка с горячим битумом. В зависимости от марки битума и температуры смеси при укладке они подразделяются на горячие, теплые и холодные, температура укладки не ниже соответственно 120, 60, 10°С. Асфальтобетонные смеси классифицируют по крупности зерен (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Классификация асфальтобетонных смесей по крупности зерен

Тип смеси	Классификация	Наибольший размер зерен, мм, не более
Горячие и теплые	Крупнозернистые	40
	Среднезернистые	20
Горячие, теплые и холодные	Мелкозернистые	15
	Песчаные	5

Асфальтобетонные смеси изготавливаются на стационарных или передвижных *асфальтобетонных заводах*.

Стационарные асфальтобетонные заводы предпочтительны в местах, где потребление асфальтобетонной смеси стабильно в течение длительных промежутков времени (это характерно для крупных городов или промышленных районов).

Передвижные асфальтобетонные заводы, не требующие привлечения специальных подъемно-транспортных средств для монтажа/демонтажа и перевозки, более удобны при строительстве протяженных капитальных дорог, когда место укладки больших количеств асфальтобетонной смеси быстро перемещается.

Существуют и сборно-разборные асфальтобетонные заводы (в отечественной практике за ними закрепился термин «инвентарные»), которые также могут перевозиться с места на место. От передвижных они отличаются отсутствием в комплекте оборудования завода грузоподъемных механизмов для монтажа/демонтажа технологических установок и самоходных шасси для их перевозки.

Готовая асфальтобетонная смесь либо сразу отгружается в транспортные средства, либо предварительно накапливается в бункерах-термосах, из которых затем производится ее отгрузка.

Доставка готовой асфальтобетонной смеси от завода до места ее укладки осуществляется автотранспортом. При перевозках на небольшие расстояния, когда смесь не успевает остыть ниже температуры укладки, могут использоваться обычные автосамосвалы, кузова которых смачиваются битумной эмульсией, предотвращающей прилипание смеси к металлу. При более длинных расстояниях горячую асфальтобетонную смесь целесообразно перевозить в *автосамосвалах с кузовами-термосами*, оборудованными системами подогрева, перемешивания и принудительной разгрузки смеси.

Машины для сооружения асфальтобетонных покрытий, содержания дорог и ремонта покрытий

Машины для сооружения асфальтобетонных покрытий. Более половины мировой сети автомобильных дорог имеют асфальтобетонное покрытие. К его преимуществам относятся хорошие сцепные качества, износо- и морозоустойчивость, малошумность, беспыльность, удобство содержания и ремонта.

Прочность асфальтобетонного покрытия, уложенного с соблюдением технологических норм и правил, вполне обеспечивает его длительную эксплуатацию при нагрузках, создаваемых современными транспортными потоками. Для устройства асфальтобетонного покрытия используют: *асфальтоукладчики* – самоходные машины, равномерно распределяющие и уплотняющие смесь по всей ширине укладки; *асфальтовые катки* – уплотняющие асфальтобетон для придания ему необходимой прочности и долговечности.

Машины для содержания дорог. Технология ухода за дорожным покрытием в летнее время предусматривает регулярную очистку проезжей части, лотков и обочин от пыли, наносов, грязи и посторонних предметов, увлажнение покрытия для пылеподавления и снижения температуры покрытия в жаркие дни, и мойку покрытия для очистки от пыли и грязи, снижающих его сцепные свойства. Для выполнения этих работ в крупных городах используются *поливомоечные и подметальные машины*.

В зимнее время года на большей части Российской Федерации необходимо регулярное удаление с дорог и тротуаров значительных масс свежего и слежавшегося снега и ледяных образований. Для этого используются *снегоуборочные и снегопогрузочные машины* с отвалами, роторными, фрезерными и лаповыми питателями, снегопогрузочным и подметальным оборудованием, а также *разбрасыватели и распределители* твердых и жидких антигололедных материалов. Последние либо снижают скользкость обледеневшего или заснеженного покрытия (например, песок и гранитная крош-

ка), либо растворяют ледяную корку и снежный накат, превращая их в жидкость.

Для экстренной очистки покрытий (как правило, на аэродромах) применяются *газоструйные агрегаты*, очищающие и высушивающие покрытие раскаленными выхлопными газами снятых с самолетов реактивных двигателей.

Машины и оборудование для ремонта дорожных покрытий. Асфальтобетонные и цементобетонные покрытия подвергаются в ходе эксплуатации различным видам износа. К их числу относятся истирание покрытия под абразивным действием пневмоколес, растрескивание при сезонных колебаниях температуры с последующим разрушением краев трещин, выкрашивание слабых или поврежденных участков и т.д.

Асфальтобетонные покрытия могут деформироваться при высокой окружающей температуре или под действием вертикальных и горизонтальных нагрузок, образуя на проезжей части колеи и волны (продольные и поперечные неровности).

Цементобетонные покрытия, наоборот, более чувствительны к отрицательным температурам, при которых ускоренно разрушается их поверхностный слой.

Технология ремонта твердых дорожных покрытий предусматривает в зависимости от вида и степени износа срезку верхнего изношенного слоя покрытия, разделку трещин, вырубку выкрошенных участков покрытия вместе с подстилающим слоем. Для этого могут использоваться большие и малые *дорожные фрезы, нарезчики швов и отбойные молотки*. Восстановление покрытия за счет добавления свежей смеси осуществляется обычными бетоно- и асфальтоукладчиками.

В последние годы при ямочном ремонте асфальтобетонных покрытий все чаще применяются жидкие асфальтобетонные смеси, приготовленные на основе специальных битумов. Благодаря повышенной пластичности они хорошо заполняют все пустоты, не требуют выравнивания и уплотнения и затвердевают уже через несколько часов после укладки.

Для применения таких смесей используют *дорожные ремонтеры*, оборудование которых устанавливается на шасси грузового автомобиля и состоит из теплоизолированной обогреваемой емкости для хранения смеси, встроенной в емкость мешалки, предотвращающей расслаивание смеси при перевозке, и распределительного устройства, обеспечивающего подачу и укладку смеси.

Для восстановления асфальтобетонного покрытия на протяженных участках применяют машины типа *«ресайклер»*, суть работы которых состоит в разогреве, удалении и измельчении изношенного слоя покрытия, смешивании его со свежим асфальтобетоном и укладке полученного материала на ремонтируемую поверхность с последующим уплотнением.

Тенденции развития подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования

Независимо от назначения и размера машин, используемых в транспортном строительстве, а также при эксплуатации и ремонте транспортных сооружений, можно отметить общие тенденции их технического совершенствования, в основе которых лежит стремление повысить эффективность работы за счет сокращения продолжительности рабочего цикла и снижения утомляемости оператора. К таким тенденциям можно отнести:

- повышение комфортности и безопасности кабин, автоматизация систем контроля и управления, более удобное расположение органов управления и снижение усилий на рукоятках, увеличение обзорности, принудительная вентиляция и кондиционирование кабин, улучшение звуко- и виброизоляции, защита кабины конструкциями FOPS – при падении тяжелых предметов, и ROPS – при опрокидывании машины;

- повышение надежности машин, улучшение качества очистки и увеличение срока службы рабочих жидкостей, расширенный контроль технического состояния машин, автоматическая диагностика их агрегатов и систем, снижение трудоемкости и увеличение периодичности технических обслуживаний;

- увеличение числа сменных рабочих органов, использование быстросодействующих захватов для их перестановки;

- увеличение мощности силовых установок, рабочих и транспортных скоростей, маневренности, заправочных емкостей, тяговых усилий, давлений в гидросистемах;

- снижение токсичности выхлопа двигателей внутреннего сгорания, изоляция интенсивных источников шума, применение щадящих опорную поверхность движителей (пневмоколыс пониженного давления, резиновых гусениц и т.п.), использование биологически нейтральных или разлагающихся на открытом воздухе рабочих жидкостей, исключение утечек рабочих жидкостей благодаря надежным быстроразъемным соединениям.

Для машин, которые предполагается эксплуатировать в районах с очень холодным климатом, необходимы:

- утепленные обогреваемые кабины с двойным или тройным остеклением;

- рабочие жидкости, смазки и топлива со специальными присадками;

- резинотехнические изделия с высоким содержанием натурального каучука, не теряющие эксплуатационных свойств при низких температурах.

Металлические конструкции этих машин, особенно подверженные ударным нагрузкам, должны изготавливаться из никелевых сталей, менее подверженных явлению хладноломкости.

1.2. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ И ПРИНЦИПЫ КОМПОНОВКИ

Несмотря на многообразие областей применения, типов и типоразмеров подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин, их конструктивные схемы и компоновочные принципы не столь разнообразны. Любая из них является набором ограниченного числа типовых узлов и агрегатов, способы конструктивного соединения и функционального взаимодействия которых между собой диктуются назначением машины и, в свою очередь, определяют ее характеристики. К их числу относятся: рама, силовая установка, ходовое оборудование (для самоходных, полуприцепных и прицепных машин), ходовая трансмиссия (для самоходных машин), рабочее оборудование, его силовой привод, системы управления рабочими процессами и движением машин, операторские кабины, корпусные и облицовочные детали.

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

Силовая установка. Источником механической энергии, необходимой для работы машины, служит силовая установка. Современные подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины оборудуются либо двигателями внутреннего сгорания (большей частью, дизельными), либо электродвигателями с автономным питанием от аккумуляторов или стационарных электросетей. Основным преимуществом двигателя внутреннего сгорания является полная автономность машины в течение длительного времени. К числу принципиальных недостатков такой силовой установки относятся сравнительно невысокий КПД (20 ... 35 %), шум, вибрацию, токсичность выхлопа, тепловое загрязнение окружающей среды. Действие некоторых негативных факторов может быть в значительной степени ослаблено за счет направленных конструктивных мероприятий (электронное управление процессом сгорания, звуко- и виброизоляция, каталитическая очистка выхлопа и др.), реализация которых ведет к усложнению и удорожанию двигателя, увеличению затрат на его эксплуатацию. Удельная (на единицу массы) мощность автотракторных и транспортных дизельных двигателей внутреннего сгорания составляет от 0,75 до 1,0 кВт/кг.

К преимуществам электродвигателей относятся высокий КПД (до 98%), постоянная готовность к работе независимо от температуры окружающего воздуха, высокая надежность, простота сопряжения с другими агрегатами, а также легкий пуск, управление, реверсирование и остановка. Удельная (на единицу массы) мощность электродвигателей на порядок ниже, чем у двигателей внутреннего сгорания, и колеблется в пределах 0,027...0,095 кВт/кг.

Ходовая трансмиссия. Для передачи энергии от двигателя на ходовые устройства, обеспечения самостоятельных перемещений машины в ходе рабочих и транспортных операций служит ходовая трансмиссия. Типы и принципы ее работы аналогичны таковым для силовых трансмиссий вообще.

Движитель. Передвигаться относительно опорной поверхности машине позволяет движитель. Большинство самоходных подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин оснащены пневмоколесным, рельсоколесным или гусеничным движителями. Гораздо реже и только у строго ограниченной номенклатуры машин встречаются жесткие колеса, облицованные резиной, и металлические вальцы с гладкой или неровной поверхностью.

В последние годы все чаще появляются движители, в которых конструкторы пытаются соединить преимущества движителей различных типов. Среди них можно назвать полностью резиновые гусеницы, гусеницы с обрешиненными траками, жесткие колеса с ободом, собранным из съемных резиновых подушек. Достоинства и недостатки перечисленных ходовых устройств определяют оптимальную область применения каждого из них.

К преимуществам *пневмоколесного движителя* относятся: хорошие амортизирующие качества, высокая эластичность, малые внутренние потери, износостойкость, совместимость с любыми скоростными режимами, минимальные требования к регулярному обслуживанию, низкая стоимость и трудоемкость ремонта. Его недостатки: высокие удельные давления на грунт, сравнительно невысокая сопротивляемость механическим повреждениям, высокая вероятность аварийной ситуации при внезапной разгерметизации колеса. Считается, что пневмоколесный движитель наиболее подходит для машин, эксплуатация которых сопряжена с движением в широком диапазоне скоростей по произвольной траектории и по достаточно прочной опорной поверхности (твердое покрытие, плотный грунт и т.п.).

Рельсоколесный движитель отличается высокой механической прочностью, малым сопротивлением перекатыванию, отсутствием бокового увода и незначительностью внутренних потерь. Вместе с тем он требует укладки рельсового пути с тщательной подготовкой основания, ежедневного обслуживания и чувствителен к уклонам местности. Рельсоколесный движитель допускает перемещение машины только по определенной траектории и гарантирует ее

от потери устойчивости вследствие эластичности ходового устройства или случайного проседания опорной поверхности.

Гусеничный движитель характерен низким удельным давлением на опорную поверхность, малой эластичностью по вертикали, прекрасной маневренностью и хорошими тягово-сцепными свойствами. Вместе с тем он сравнительно тяжел, шумен, не приспособлен к движению с высокими скоростями (танковые ходовые устройства в этом смысле являются дорогим исключением), легко повреждает дорожные покрытия и почвенный слой, требует систематического обслуживания и регулировок, более других трудоемок при ремонте. Не все из указанных недостатков являются принципиальными. Ряд из них может быть скорректирован за счет конструктивных мероприятий и применения других материалов. Например, использование резиновых гусеничных лент и обрешиненных траков и катков позволяет снизить шум, вибрации и ударные нагрузки на элементы гусеничного хода, а также сократить число регулировок; применение герметизированных межтраковых шарниров с долговечной смазкой в несколько раз уменьшает периодичность и трудоемкость обслуживания. Ряд преимуществ имеют гусеничные ленты, огибающие звездочки и катки по треугольному контуру. При этом участок гусеницы, лежащий на грунте, ограничен двумя ведомыми катками (передним и задним), а ведущая звездочка поднята высоко над опорной поверхностью. Благодаря этому бортовые передачи защищены от нагрузок, возникающих при поперечных смещениях рам гусеничных тележек и на неровностях грунта. Также снижается вероятность попадания пыли и влаги в механизм привода.

Жесткие колеса с обрешиненным ободом позволяют машине перемещаться по произвольной траектории, обладают сравнительно небольшим сопротивлением перекатыванию, не шумны, практически не эластичны в вертикальном направлении, не подвержены механическим повреждениям, не требуют регулярного обслуживания. Вместе с тем они весьма требовательны к ровности и прочности опорной поверхности и не отличаются хорошими тягово-сцепными и амортизирующими свойствами. Эти особенности ограничивают область их применения штабелерами, электрокарами и колесными асфальтоукладчиками, перемещающимися с невысокой скоростью по ровным и твердым поверхностям с небольшими уклонами.

Колесо с жестким диском и наборным ободом из полых резиновых подушек тяжелее обычного пневмоколеса, обладает меньшей эластичностью, но более устойчиво к механическим повреждениям и легче ремонтируется. Ремонт производится без демонтажа колеса и состоит в замене поврежденной подушки целой.

Любое колесо, перекатываясь по поверхности, одновременно уплотняет ее. Эта особенность колесного движителя использована при создании самоходных уплотняющих машин, жесткие вальцы которых (как правило, металлические) можно по принципу действия отнести к

колесу. Движителем такого рода оборудуются самоходные асфальтовые и грунтовые катки и уплотнители отходов, работающие на мусорных свалках. Жесткие вальцы с гладкой или неровной поверхностью сконструированы таким образом, чтобы повысить их уплотняющую способность, сохранив при этом функции движителя. Они перекатываются по опорной поверхности, одновременно уплотняя ее.

Рабочее оборудование. Это оборудование состоит из рабочего органа, а также деталей и узлов, обеспечивающих его ориентацию в пространстве, и входит в состав обязательного оснащения подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. Оно создается с учетом своего функционального назначения и конструктивных особенностей базового шасси и включает в себя агрегаты, узлы и механизмы, наилучшим образом обеспечивающие эффективную работу машины. Рабочий орган взаимодействует со средой, для обработки которой создана машина, а соединительные и крепежные элементы обеспечивают его конструктивную связь с шасси. Как правило, рабочее оборудование оснащается силовой трансмиссией, снабжающей рабочий орган энергией и позволяющей управлять его положением в пространстве.

Несмотря на чрезвычайно широкую номенклатуру рабочих органов подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин и оборудования, обусловленную разнообразным перечнем выполняемых ими работ, по результату взаимодействия с обрабатываемым материалом их можно разделить на пять групп (рис. 1.2). Каждый из

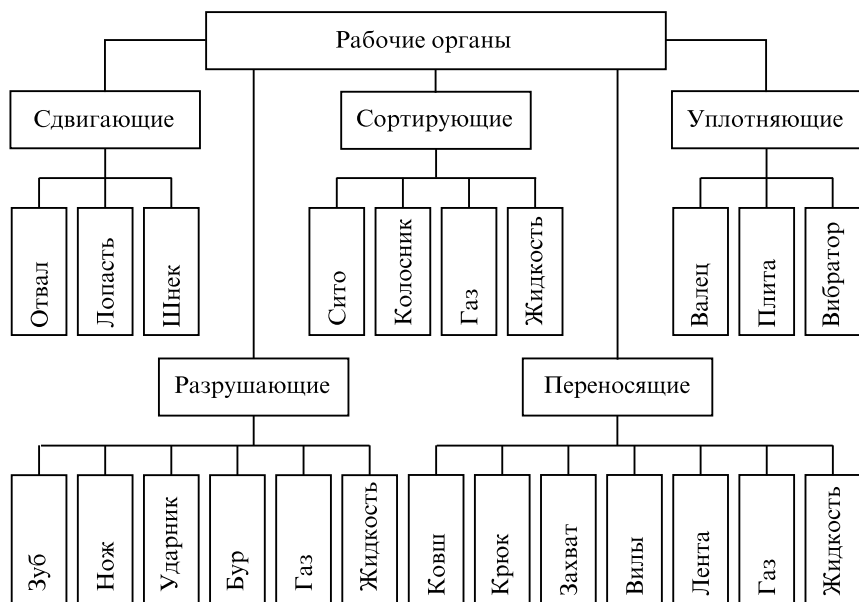


Рис. 1.2. Классификация рабочих органов по результату взаимодействия со средой

рабочих органов, входящих в эти группы, отличается механизмом взаимодействия с обрабатываемым материалом или грузом (табл. 1.5).

Системы управления. Контроль машины человеком невозможен без систем управления, обеспечивающих информационную связь между агрегатами машины и машинистом (или оператором). В науке об управлении различают прямую и обратную связь источника и объекта управления. В системе «человек–машина» устройства прямой связи обеспечивают машиниста информацией о состоянии машины и ее агрегатов, параметрах их работы, результатах выполнения рабочих процессов. К числу таких устройств относятся всевозможные датчики, световые и звуковые индикаторы и приборы.

Устройства обратной связи дают машинисту возможность изменять характеристики машины, агрегатов или рабочих процессов непосредственно в ходе работы в соответствии с характером информации об их величине. К числу таких устройств относятся системы различного принципа действия, передающие команды машиниста к исполнительным механизмам. Все системы управления, устанавливаемые на подъемно-транспортных, строительных и дорожных машинах и оборудовании, можно объединить в системы управления движением машины (тормозные, рулевые, подачей топлива, переменной передач, распределением крутящего момента) и системы управления рабочими органами (ориентацией в пространстве, величиной рабочего усилия). В простейших системах управления сигналы о состоянии агрегатов машины поступают в виде механических, электрических, гидравлических или пневматических импульсов на пульт управления, где приборы преобразуют их в вид, понятный машинисту (например, изменяют положение стрелки на циферблате, включают аварийный индикатор и т. д.). Машинист может принять полученную информацию к сведению или отреагировать на нее изменением параметров рабочего процесса. Последнее происходит с помощью органов управления, вырабатывающих механические, электрические, гидравлические или пневматические импульсы, передаваемые системами управления к исполнительным механизмам (например, тормозные системы, рулевые системы и т. п.).

Специфика управления подъемно-транспортными, строительными и дорожными машинами и оборудованием заключается в большом числе параметров, контроль за которыми нужен для эффективного управления рабочим процессом. Например, перечень факторов, которыми должен руководствоваться машинист асфальтоукладчика, включает: количество смеси в бункере и шнековых камерах; направление и скорость движения машины; ширину, толщину, ровность и качество поверхности укладываемого слоя; температуру выглаживающей плиты; частоты и амплитуды колебаний трамбующего бруса и выглаживающей плиты; безопасность обслуживающего персонала. Такие и более многочисленные перечни контролируемых параметров являются не исключением, а скорее правилом.

Автоматизированная система управления может выполнять за машиниста функции, которые не сопряжены с принятием решения. (Например, при перегреве двигатель должен быть остановлен, следовательно, эту функцию можно поручить автоматическому устройству.) В случаях, когда сложившаяся ситуация допускает несколько вариантов управляющих воздействий, используется автоматизированная система управления, реализующая вариант, выбранный машинистом.

Таблица 1.5

Нагрузки и материалы, характерные для рабочих органов

Элемент	Нагрузка	Материал
<i>Разрушающие рабочие органы</i>		
Зуб	Величина постоянная, направление постоянное	Скальные и мерзлые грунты, слежавшиеся грунтовые и снежно-ледяные конгломераты, цемент- и асфальтобетоны
Нож	То же	Нескальные грунты, снежные наносы, горячий асфальтобетон
Ударник	Величина пульсирующая, направление постоянное	Скальные, слежавшиеся, мерзлые грунты, снежно-ледяные конгломераты, асфальто- и цементобетоны
Бур	Величина постоянная, направление постоянное	Скальные и мерзлые грунты, цемент- и асфальтобетоны
Газ	То же	Снежно-ледяные конгломераты
Жидкость	»	Нескальные сухие и обводненные грунты, слежавшиеся грунты
<i>Переносящие рабочие органы</i>		
Ковш	Величина постоянная, направление постоянное	Любой материал с нарушенными внутренними связями
Крюк	То же	Штучные и пакетированные грузы с проушинами под крюк
Захват	»	Штучные грузы в жесткой упаковке произвольной формы
Вилы	»	Штучные и пакетированные грузы, размещенные на поддонах
Лента	»	Насыпные и штучные грузы
Газ	»	Сыпучий материал с размерами частиц менее 1 мм
Жидкость	»	Сыпучий материал с размерами частиц до 5 мм

Элемент	Нагрузка	Материал
Сдвигающие рабочие органы		
Отвал	Величина постоянная,	Любой материал с нарушенными внутренними связями Сухие и увлажненные измельченные материалы То же
Лопасть	направление постоянное То же	
Шнек	»	
Уплотняющие рабочие органы		
Валец	Величина постоянная,	Грунт, щебень, асфальтобетон Грунт, щебень, асфальтобетон, цементобетон То же
Плита	направление постоянное Величина пульсирующая,	
Вибратор	направление постоянное Величина пульсирующая, направление знако-переменное	
Сортирующие рабочие органы		
Сито	Величина пульсирующая,	Сыпучий сухой мелкокусовой материал Крупнокусовой материал с нарушенными внутренними связями Сыпучий мелкокусовой материал То же
Колосник	направление знако-переменное Без подвода энергии	
Газ	Величина постоянная,	
Жидкость	направление постоянное То же	

Любая автоматизированная система управления состоит из датчиков, блока управления и преобразователя сигналов. Датчики регистрируют текущее состояние регулируемого объекта. Блок управления сравнивает параметры текущего состояния с заданными, оценивает имеющиеся отклонения и формирует сигнал, содержащий информацию о величине корректирующего воздействия. Преобразователь трансформирует сигнал в импульсы, вызывающие срабатывание исполнительного механизма, управляющего регулируемым объектом.

При нормальной работе автоматизированной системы управления значение контролируемого параметра колеблется относительно заданного, отклоняясь от него не более чем на погрешность датчиков, которая не должна превышать технологических допусков на контролируемый параметр. (Например, если поперечный уклон дорожного покрытия должен составлять $(10 \pm 1,5)^\circ$, то чувствительность датчиков поперечного уклона не должна превышать $\pm 1,5^\circ$.)

Совершенство системы управления определяется степенью ее автоматизации, чувствительностью датчиков, а также скоростью и погрешностью срабатывания исполнительных механизмов. *Степень автоматизации* может оцениваться относительным (к общему) количеством функций управления, которые система выполняет без вмешательства оператора. *Скорость срабатывания* – это время реакции исполнительного механизма на управляющий импульс. *Погрешность срабатывания* – это разница между фактическим и заданным значениями контролируемого параметра после срабатывания исполнительного механизма.

Экономическую эффективность системы автоматизированного управления современной машины можно оценить, сравнивая суммарную стоимость единицы продукции, произведенной с ее применением и без нее. Возможны ситуации, при которых применение систем автоматического управления оправдывается не экономическими соображениями, а, например, безопасностью людей и сооружений, экологическими факторами или иными категориями.

Кабина, облицовочные панели и кожухи. Работоспособность машины или механизма не зависит от наличия или отсутствия кожухов, облицовочных панелей и, тем более, кабины оператора. Тем не менее, большинство подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин оборудованы этими элементами. Кабины, первоначально созданные для защиты оператора от непогоды, постепенно превратились в изолированный от внешней среды центр управления всеми функциями машины, полностью адаптированный к физическим потребностям и особенностям человеческого организма. Комфорт машиниста обеспечивается креслом анатомического профиля, удобным размещением органов управления и совмещением их функций (за счет многофункциональных рычагов – джойстиков и автоматики), звуко- и виброизоляцией салона, увеличением прочности кабины, использованием климатических установок, улучшением обзорности, сокращением числа операций, требующих выхода машиниста из кабины.

Назначение облицовочных панелей и кожухов – предохранить узлы и агрегаты машин от влаги, пыли, грязи и несанкционированного доступа, экранировать шум и вибрации, порождаемые их работой, и, что немаловажно, придать машине модный и привлекательный внешний вид.

1.3. ТИПЫ ТРАНСМИССИЙ

Силовой трансмиссией называется механизм, передающий энергию двигателя к удаленному от него устройству-потребителю. В зависимости от способа передачи энергии, различают механические, гидравлические, пневматические, электрические и комби-

нированные силовые трансмиссии. Классификация силовых трансмиссий, наиболее часто используемых в подъемно-транспортных, строительных и дорожных машинах и оборудовании, приведена на рис. 1.3.

Механические силовые трансмиссии. Энергию в виде крутящего момента от двигателя к исполнительным механизмам передают механические силовые трансмиссии. Они могут состоять из обычных и карданных валов, а также зубчатых, цепных, ременных (или канатных), фрикционных, кулачковых и рычажно-шарнирных передач. Основное преимущество механических трансмиссий – высокий КПД, так как в них нет потерь энергии, связанных с ее преобразованиями. Общий КПД трансмиссии оценивается отношением мощности, развиваемой выходным элементом трансмиссии, к мощности, подаваемой на ее входной элемент (табл. 1.6).

Таблица 1.6

КПД элементов механической трансмиссии

Элемент	КПД при подшипниках	
	скольжения	качения
Направляющий блок	0,97	0,99
Барaban при наматывании каната	0,95	0,97
Передаточный вал со шлицами	0,95	0,97
Зубчатая передача:		
одноступенчатая	0,95	0,97
двухступенчатая	0,90	0,96
трехступенчатая	0,85	0,94
Цепная передача:		
в масляной ванне	0,94	0,96
открытая	0,93	0,95

В общем случае для КПД справедливо соотношение:

$$\eta = N_{\text{вых}} / N_{\text{вх}}, \quad (1.1)$$

где η – КПД; $N_{\text{вых}}$ – мощность на выходном элементе трансмиссии; $N_{\text{вх}}$ – мощность, подаваемая на входной элемент трансмиссии.

Общий КПД механической трансмиссии зависит от числа ступеней, в каждой из которых крутящий момент передается от одного элемента трансмиссии к другому:

$$\eta_{\text{общ}} = \prod_{i=1}^m \eta_i, \quad (1.2)$$

где $\eta_{\text{общ}}$ – общий КПД; η_i – КПД i -й ступени; m – общее число ступеней.



Рис. 1.3. Классификация силовых трансмиссий по принципу действия

Значение КПД червячной или винтовой зубчатой передачи зависит от угла профиля зуба и материала зубчатой пары:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho)}, \quad (1.3)$$

где α – угол профиля зуба; ρ – угол трения в зубчатом зацеплении (при хорошей смазке и небольших скоростях скольжения (до 1 м/с) для пары чугун–сталь угол равен $5 \dots 6^\circ$, для пары бронза–сталь – $3 \dots 4^\circ$).

К недостаткам механических трансмиссий относят их большую удельную массу (на единицу передаваемой мощности) и габариты, возрастающие при передаче крутящего момента на большие расстояния и изменении его направления. По этим причинам чисто механические трансмиссии в современных самоходных подъемно-транспортных, строительных и дорожных машинах используются не всегда. Вместе с тем оборудование для добычи, изготовления и переработки строительных материалов, в котором проблемы компоновки и массы имеют второстепенное значение, оснащается, в основном, механическими трансмиссиями, обеспечивающими минимальные потери мощности на пути от двигателя к исполнительному механизму.