

Д. П. ВОЛКОВ, В. Я. КРИКУН

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И СРЕДСТВА МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ

**УЧЕБНИК**

*Рекомендовано  
Федеральным государственным автономным учреждением  
«Федеральный институт развития образования» (ФГАУ ФИРО)  
в качестве учебника для использования в учебном процессе  
образовательных учреждений, реализующих программы  
среднего профессионального образования*

Регистрационный номер рецензии 830  
от 26 декабря 2012 г. ФГАУ «ФИРО»

9-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2014

УДК 621.876.112  
ББК 38.6-44  
В676

Рецензенты:

вице-президент Московского отделения подъемно-транспортных, строительных, дорожных и горных машин Академии проблем качества РФ,  
д-р техн. наук, проф. *Е. П. Павловский*;  
преподаватель Московского колледжа архитектуры и строительных искусств  
*А. В. Калашникова*

**Волков Д. П.**

В676 Строительные машины и средства малой механизации : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. — 9-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 480 с.  
ISBN 978-5-4468-0679-9

Изложены сведения о назначении, области применения, устройстве, рабочих процессах и технологических возможностях строительных машин и средств малой механизации. Рассмотрены приводы и ходовые устройства. Даны основы производственной и технической эксплуатации строительных машин, включающие общие требования охраны труда.

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования и может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.02 «Выполнение технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов» по специальности 270802 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621.876.112  
ББК 38.6-44

*Учебное издание*

**Волков Дмитрий Павлович, Крикун Виктор Яковлевич**  
**Строительные машины и средства малой механизации**

**Учебник**

9-е издание, стереотипное

Редактор *Э. М. Федорова*. Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*.

Компьютерная верстка: *И. М. Чиркин*. Корректоры *Н. В. Шувалова, М. В. Дьяконова*  
Изд. № 109103537. Подписано в печать 08.11.2013. Формат 60 × 90/16. Гарнитура «Таймс».  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 30,0. Тираж 1 200 экз. Заказ №

ООО Издательский центр «Академия». [www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)  
129085, г. Москва, пр-т Мира, д. 101в, стр. 1, а/я 48.

Тел. 8 (495) 648-05-07, факс 8 (495) 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. АЕ51. Н 16476 от 05.04.2013.

Отпечатано с электронных носителей, предоставленных издательством,  
в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат». [www.sarpk.ru](http://www.sarpk.ru)  
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59.

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

© Волков Д. П., Крикун В. Я., 2002

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2007

ISBN 978-5-4468-0679-9

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2007

## Предисловие

Современное строительство — одна из наиболее механизированных сфер человеческой деятельности. Строительные машины участвуют на всех этапах строительного производства: в карьерной добыче строительных материалов (песка, гравия, глины, мела и т. п.); в изготовлении железобетонных, металлических, деревянных и других строительных элементов заводским способом; при погрузке, разгрузке и транспортировании материалов и строительных конструкций; в технологических процессах возведения зданий и сооружений, строительстве дорог, подземных коммуникаций, объектов гидротехнического, энергетического и других видов строительства — от работ освоения строительных площадок и нулевого цикла до завершающих стадий отделочных и других работ. Строительные машины являются также средствами механизации ремонтных и восстановительных работ.

Если в первой половине прошлого столетия внедрением в строительное производство машин решалась задача замены трудоемких ручных строительных процессов машинными, а впоследствии — вытеснения ручного труда широким внедрением средств малой механизации, то в настоящее время в области механизации строительства решаются проблемы более высокого уровня, к которым относятся:

в сфере повышения эффективности машинного строительного производства — создание комплексов машин, обеспечивающих наиболее высокую выработку строительной продукции при минимальных затратах на ее создание;

в социальной сфере — обеспечение комфортных условий персоналу, обслуживающему машины, широкое внедрение автоматических систем управления для облегчения труда человека-оператора и повышения качества строительных работ.

Если прежде строительные машины создавались под уже существующие технологии как средства, облегчающие труд строителей, то в дальнейшем сама возможность механизации определенных строительных процессов в ряде случаев явилась побудителем создания более совершенных строительных технологий. Пример тому — индустриальный метод строительства с использованием элементов сооружений или полуфабрикатов заводского изготовления, который немислим без применения машин.

Из изложенного следует, что весь строительный цикл от создания проекта строительного объекта до его реализации пред-

ставляет собой комплекс взаимно увязанных составных частей, включая механизированную технологию и строительные машины как средства ее обеспечения. Для эффективного решения строительных задач каждый участник строительного процесса должен быть специалистом в своей узкой области, а также быть способным оценивать влияние на нее смежных частей указанного комплекса. Например, специалист-строитель должен ориентироваться в технологических возможностях различных моделей строительных машин определенного назначения для оптимального комплектования ими (по номенклатуре и численному составу) технологических процессов в заданных производственных условиях.

Его познания не должны ограничиваться только производственной составляющей эксплуатации машины. Как всякий другой объект, сопутствующий деятельности человека, машина требует постоянной заботы и ухода. Понимание этой части взаимоотношений строителя и машины нужно не только для того, чтобы учитывать при планировании работ возможные простои машин при их техническом обслуживании, ремонтах, перебазировании и т. п., но и для правильного формирования технической политики строительной организации в отношении обеспечения работоспособности машин.

Предлагаемый учебник написан в соответствии с Примерной программой одноименной учебной дисциплины для учреждений среднего профессионального образования по специальности 2902 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений». В гл. 1—8 освещены общие вопросы механизации строительства и строительных машин, включая их приводы, технические средства автоматизации и ходовое оборудование. В гл. 9—25 описаны машины, сгруппированные по видам работ, включая соответствующие этим назначениям средства малой механизации. Средства малой механизации (ручные машины) рассмотрены в гл. 26.

В учебнике приведено назначение описываемых объектов, их устройство, основные параметры, рабочий процесс, эксплуатационные расчеты, преимущественно — формулы для расчета производительности. Авторы желают студентам, изучающим строительные машины, успешного освоения изложенного в учебнике материала.

Авторы будут признательны всем, кто выскажет свои замечания и пожелания, по совершенствованию содержания учебника.

# Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

## 1.1. Основные виды строительного-монтажных работ, их механизация и основные показатели оценки ее уровня

В строительстве различают подготовительные, земляные, дорожные, транспортные, погрузочно-разгрузочные, бетонные, свайные, отделочные, кровельные, санитарно-технические, электромонтажные и другие виды работ. В настоящее время строительные работы выполняются преимущественно с использованием машин, благодаря их высокой производительности по сравнению с работами, выполняемыми вручную. Это приводит к сокращению сроков строительства и снижению связанных с этим затрат. В то же время в строительстве имеются некоторые технологические процессы или отдельные операции, в которых еще сохранился ручной труд, в основном, из-за нецелесообразности их механизации.

Строительные процессы, в которых заняты машины, называются *механизированными*, а их обеспеченность машинами — *механизацией строительства*, по отношению к которой строительные машины также называются *средствами механизации*. Различают полную и частичную механизацию. В первом случае все технологические операции строительного процесса выполняются машинами, а во втором на отдельных операциях используется также ручной труд.

В настоящее время для выполнения одних и тех же видов строительных работ используются различные типы и модели машин. В строительной практике при планировании организации работ приходится решать задачи оптимального выбора средств механизации для наиболее эффективного выполнения строительных работ. Подобные задачи возникают также при комплектовании парков машин управлений механизации для выполнения строительных работ более долгосрочного периода. В этих случаях ориентируются на показатели механизации, наиболее существенными из которых являются:

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

*стоимость единицы продукции*, равная сумме всех денежных затрат, связанных с ее производством;

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

Эффективность механизации строительства будет тем выше, чем больше первый показатель и ниже два других. Эти показатели также зависят от таких основных параметров машин как их масса, мощность приводного двигателя и др. Так, при выполнении монтажных работ машинами малой мощности производительность труда в 8—13 раз больше того же показателя при использовании ручного труда, а в случае применения машин большой мощности это отношение может возрасти в 50—100 раз. Отношение стоимостей 1 т смонтированных машинами и вручную конструкций составит 0,4...0,6 в случае применения машин малой мощности и в 3—4 раза меньше этого отношения в случае применения машин большой мощности. Из этого сравнения еще не следует однозначный вывод о более высокой эффективности машин большой мощности. Их целесообразно использовать на массовых строительных работах, так как при ограниченных объемах этих работ, рассредоточенных по различным строительным объектам, и большой стоимости их перебазировок можно получить противоположный результат.

Следует также весьма осторожно относиться к такому показателю как доля ручного труда, который в ряде случаев без связи с другими показателями не столько проясняет оценку уровня механизации, сколько усложняет ее. Рассмотрим это на примере механизации отрывки траншей с применением траншейного экскаватора производительностью 500 м<sup>3</sup>/ч. Предположим, что доля ручного труда в этом процессе (очистка вручную траншеи от осыпавшегося грунта) составляет 0,5 %. Следовательно, уровень механизации в этом случае составит 99,5 %. На первый взгляд эта цифра свидетельствует о весьма высоком уровне механизации. Оценим теперь долю ручного труда по отношению числа рабочих, занятых ручным трудом, к общему их числу, предположив, что экскаватор обслуживается одним машинистом. При указанной выше доле ручного труда в 0,5 % ежечасно из траншеи будет вынуто примерно 2,5 м<sup>3</sup> грунта вручную. При средней выработке 0,5 м<sup>3</sup>/ч на одного рабочего-ручника для выполнения этого объема работ потребуется 5 рабочих, что по отношению к общему числу рабочих  $5 + 1 = 6$  составит  $5/6 \cdot 100 \% = 83,3 \%$ . Другими словами, на каждого механизатора при указанном выше уровне механизации потребуется 5 рабочих, занятых ручным трудом. Производительность труда на одного рабочего составит  $(500 + 2,5) / 6 = 83,75$  м<sup>3</sup>/ч. Даже незначительное (на 0,1 %) снижение доли ручного труда при прочих равных условиях приведет к сокращению рабочих-ручников на одного человека и увеличению производительности труда до  $(500 + 2) / 5 = 100,4$  м<sup>3</sup>, что почти на 20 % выше прежнего показателя.

При переходе от ручного труда к машинному эффект достигается благодаря техническому перевооружению занятых в строительном процессе рабочих — замене примитивных ручных инструментов (лопат) машиной (экскаватором), соответствующей современному техническому уровню.

Наиболее полно уровень механизации можно оценить стоимостью единицы продукции, комплексно учитывающей все издержки строительного производства. В случае использования в строительном процессе только одной машины этот показатель преобразуется в *удельные приведенные затраты*:

$$Z_{\text{уд}} = Z / P_3, \quad (1.1)$$

где  $P_3$  — годовая эксплуатационная производительность машины.  
Годовые приведенные затраты

$$Z = C + EK,$$

где  $C$  — текущие затраты, равные себестоимости годового объема продукции машины;  $E$  — коэффициент эффективности капитальных вложений;  $K$  — единовременные капитальные вложения на создание или покупку машины.

Коэффициент  $K$  зависит от срока службы машины и составляет от 0,1...0,15 для крупных машин до 0,4...0,5 для машин малой мощности. Если в строительном процессе занято несколько машин, то при расчете приведенных затрат под  $Z$  понимают их суммарные затраты. Более высокой эффективности применения машин (их высокой производительности, минимальному расходу энергии, эксплуатационных материалов и инструментов при их работе, минимальным затратам времени и других ресурсов на ремонт, техническое обслуживание и перебазирование машин, минимальному числу машинистов и другого обслуживающего персонала) соответствуют меньшие удельные затраты.

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

## 1.2. Комплексная механизация

Все виды строительных работ делятся на технологические процессы, а эти, в свою очередь — на операции, выполняемые последовательно (*циклические процессы*) или одновременно (*непрерывные процессы*). В случае разнообразных операций они выполняются различными машинами, увязанными между собой по производительности, и в совокупности образующими *комплект*. Примером может служить комплект машин, состоящий из экскаватора, разрабатывающего грунт в котловане, и нескольких само-

свалов, занятых вывозкой разработанного грунта. Технологический процесс с использованием указанного комплекта, не утрачивая своей самостоятельности, может быть составной частью более сложного технологического процесса, включающего, например, разрыхление прочного грунта гидромолотом перед его экскаваторной разработкой. В этом случае указанный выше комплект машин вместе с гидромолотом образует *комплекс*. Для выполнения работ на одном месте могут быть использованы *комбайны*, число и разнообразие рабочих органов которых должно соответствовать числу и характеру выполняемых операций. Комбайн может быть представлен также комплектом машин, управляемых автоматически с единого пульта. Примером может служить комплекс машин для строительства автомобильных дорог, состоящий из профилировщика основания для образования дорожного корвута, конвейера-перегрузателя для погрузки вынута из корвута грунта в автосамосвалы, распределителя каменных материалов основания, катков для их уплотнения, бетоноукладчика для укладки на основание слоя бетона, арматурной тележки и погружателя в бетон арматурной сетки, машины для финишной операции, нарезчика и заливщика швов.

Наиболее высокой формой механизации строительных работ является комплексная механизация, при которой все основные и вспомогательные, тяжелые и трудоемкие операции и процессы выполняются комплексно с помощью машин, механизмов и оборудования, отвечающих передовому техническому уровню, взаимоувязанных по производительности, обеспечивающих заданный темп (сроки) всего процесса и наивысшие в данных условиях технико-экономические его показатели — наиболее высокую производительность труда при наименьшей стоимости работ. Комплексная механизация не исключает ручного труда, но только на нетрудоемких операциях при условии, что при этом общий темп работ не будет снижен и что механизация этих операций нецелесообразна как по экономическим соображениям, так и с целью облегчения труда.

В составе комплексов различают ведущие, вспомогательные и резервные машины. Ведущие машины выполняют технологически взаимосвязанные операции строительного процесса, вспомогательные машины способствуют выполнению ведущими машинами основных функций и повышению их производительности, резервные машины предназначены для обеспечения надежности функционирования комплекса. Например, при строительстве дорожных насыпей в комплекс машин обычно входят:

в качестве ведущих машин — одноковшовые экскаваторы, разрабатывающие грунт в карьерах, автомобили-самосвалы для доставки грунта из карьеров в насыпь, бульдозеры, автогрейдеры и самоходные или прицепные катки для разравнивания и уплотнения грунта в насыпи;



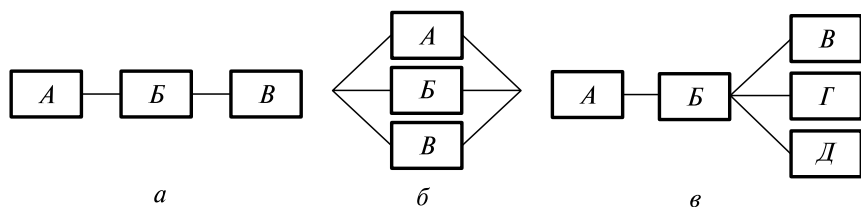


Рис. 1.1. Схема соединения машин в комплексе:

*a* — последовательное; *б* — параллельное; *в* — комбинированное; А—Д — ведущие машины комплекса

вспомогательных — бульдозеры, ковшовые погрузчики и автогрейдеры, занятые на содержании в исправности землевозных дорог, планировщики откосов и рыхлители на тракторах для рыхления прочных и мерзлых грунтов;

резервных — машины по номенклатуре ведущих машин (по одному экземпляру каждого вида).

Ведущие машины в составе комплекса могут быть технологически соединены последовательно, параллельно и комбинированно (рис. 1.1). При последовательном соединении простой одной машины вызывает простой всего комплекса; при параллельном — отдельные машины работают независимо одна от другой, поэтому простой какой-либо машины вызывает только потерю темпа работ, но не простой комплекса. Уровень комплексной механизации данного вида работ оценивают процентным отношением объема работ, выполненных комплексно-механизированным способом, к общему объему работ. Кроме вышеприведенных показателей механизации работ для сравнительной оценки эффективности комплексной механизации используют такие показатели как:

*механовооруженность труда* — стоимость занятых в технологическом процессе машин, отнесенная к одному рабочему;

*энерговооруженность труда* — количество энергии, потребляемой в процессе выполнения строительных работ, приходящееся на один отработанный человекочас или на одного рабочего.

### 1.3. Автоматизация строительных процессов

Автоматизация технологических процессов предполагает оснащение машин устройствами, обеспечивающими выполнение строительных работ с помощью машин без оперативного вмешательства человека. В этом случае говорят об автоматизированной машине или автоматизированном комплексе. За оператором остаются лишь функции наблюдения за работой машины и переключения управления на себя в экстремальных ситуациях. Автоматизация — это одна из наиболее эффективных форм системы управле-

ния, потому что она высвобождает полностью или частично человека от управления машиной. Важным положительным фактором автоматизации является гарантированная возможность более высокого качества строительных работ, в ряде случаев способствующая сокращению времени на их выполнение. Так, если для получения требуемого качества земляной поверхности при ее планировке неавтоматизированным бульдозером требуется совершить пять-шесть проходов по одному следу, то с применением автоматической системы управления такое же качество может быть получено за три-четыре прохода. Автоматические системы управления машинами лишены присущего человеку такого негативного фактора как физическая усталость, вследствие которой к концу рабочей смены у машиниста притупляется четкость в координации управленческих движений, что ведет к снижению производительности.

Применение автоматических систем управления как правило эффективно только при комплексно механизированном технологическом процессе, поскольку автоматизация высвобождает только рабочих-механизаторов, которые при частичной механизации составляют незначительную часть от общего числа рабочих, вследствие чего затраты на создание и обслуживание автоматических систем управления могут оказаться неокупленными. При частично механизированном строительном производстве возможный рост производительности машин за счет автоматизации их работы в ряде случаев не покрывает снижения их производительности из-за простоев по организационным причинам.

Автоматизацию называют *полной* или *комплексной*, если все основные и вспомогательные процессы управления автоматизированы так, что заданная производительность и качество продукции обеспечиваются без вмешательства человека, за которым остается только функция наблюдения за работой специальных устройств. Из сказанного следует, что путь к комплексной автоматизации лежит через комплексную механизацию строительных процессов.

Отметим еще два важных направления использования автоматических систем и устройств в работе машин и в механизированном строительном производстве в целом. В конструкциях строительных машин широко применяют автоматические устройства, предупреждающие запредельные режимы их работы, включая аварийные ситуации. Такие устройства могут выполнять только сигнальные функции — выдавать световую, звуковую и иную информацию управляющему работой машины оператору (машинисту), предвещая экстремальные ситуации, или блокировать отдельные органы управления в том числе при автоматическом управлении.

Область второго важного направления применения автоматических устройств — автоматический учет и контроль за работой

строительных машин и строительных процессов в целом с созданием надежной постоянно действующей связи между отдельными агрегатами и пунктами управления (конторами строительства, диспетчерскими узлами и т. п.). Эта область включает информацию о производительности труда, числе занятых в технологических процессах рабочих, фактическом времени чистой работы машин, состоянии их основных агрегатов и узлов, простоях машин с указанием причин, выработке машин, расходе энергии, горючих и смазочных материалов и т. п. По результатам обработки этой информации представляется возможность эффективно и оперативно руководить ходом строительства и работой парка строительных машин.

### **Контрольные вопросы**

1. Какими основными факторами предопределено использование машин в строительстве?
2. Какие строительные процессы называют механизированными? Что такое полная и частичная механизация?
3. Перечислите основные показатели для оценки уровня механизации строительных работ, приведите их определение.
4. Что такое удельные приведенные затраты, для чего используется этот показатель? За счет чего достигается его минимум?
5. Что такое малая механизация? Какими техническими средствами она реализуется?
6. Что такое комплект и комплекс машин?
7. Что такое комбайн? В каких технологических процессах его используют?
8. Приведите определение комплексной механизации. Допускает ли комплексная механизация ручной труд?
9. На какие группы машин делится комплекс? Какие функции выполняют эти группы?
10. Перечислите технологические соединения ведущих машин в комплексе и охарактеризуйте их с позиций возможных простоев.
11. Какими показателями оценивают эффективность комплексной механизации? Приведите их определения.
12. Что такое автоматизация строительного процесса? Какими факторами предопределена эффективность ее применения в конструкциях строительных машин?
13. Назовите и обоснуйте необходимое условие для эффективного применения автоматических систем управления.
14. Назовите и охарактеризуйте другие функции использования автоматических систем и устройств.

## Глава 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

### 2.1. Основные понятия и определения

*Строительной машиной* называют устройство, которое посредством механических движений преобразует размеры, форму, свойства или положение в пространстве строительных материалов, изделий и конструкций. Например, станок для нарезки арматурных стержней в производстве железобетонных изделий превращает исходные стальные прутки в арматурные стержни определенной длины без изменения других их размеров; формовочная машина в том же производстве укладывает бетонную смесь в опалубку, придавая будущему бетонному или железобетонному изделию определенную форму; поверхностные или глубинные вибраторы уплотняют уложенную в инженерное сооружение бетонную смесь, преобразуя ее плотность; башенный кран перемещает строительное изделие или груз (железобетонную плиту перекрытия, металлоконструкцию арки, контейнер и т. п.) из одного пространственного положения в другое. Изменяемые факторы (размеры, форма, свойства, положение в пространстве) не обязательно должны быть целевыми, как это имеет место в приведенных примерах. Многие машины преобразуют отдельные из этих факторов попутно при преобразовании других факторов. Например, разрабатывая грунтовую выемку, одноковшовый экскаватор отделяет часть грунта от массива, переносит его в ковше и отсыпает в кузов автосамосвала или в отвал. Для строительного материала — части грунта это, по существу, изменение его положения в пространстве. Однако попутно исходный материал — массив грунта — претерпевает также изменения по форме (измельченные куски грунта в процессе его разработки) и по свойству (изменение объема пор, плотности).

В соответствии с приведенным выше определением машины, изменяющие только положение строительных материалов в пространстве, следует отнести к *транспортным*, а все остальные — к *технологическим*. В инженерной практике первый термин относят только к таким машинам как автомобили, тракторы, тягачи и т. п. Все другие машины этой группы получили название, более конкретно определяющее их назначение, например грузоподъемные машины для перемещения грузов по пространственным траекто-

риям, транспортирующие машины для перемещения грузов по постоянным траекториям и др. Основой рабочих процессов большинства технологических машин являются транспортные операции или их отдельные части — рабочие движения.

Состояние функционирования машины, в процессе которого она вырабатывает продукцию, называют *производственной эксплуатацией*. Она включает выбор типов машин, их расстановку, определение технологических схем комплексной механизации и их реализацию. Выработку (производство) продукции здесь следует понимать в широком смысле, распространяя это понятие также на изменение (преобразование) положения строительных материалов в пространстве. Мероприятия, обеспечивающие поддержание качества машин при их эксплуатации (приемка и сдача машин, их обкатка, монтаж и демонтаж, транспортирование, хранение и консервация, техническое обслуживание и ремонт, снабжение эксплуатационными материалами и запасными частями, обеспечение безопасной эксплуатации и др.), составляют содержание *технической эксплуатации*.

В процессе эксплуатации вследствие деформирования, поломок и износа элементов машины, обрывов и коротких замыканий в электрических цепях, нарушения регулировок, залипания и забивания рабочих органов обрабатываемой средой, засорения гидравлических систем, образования течей в местах соединения шлангов, загрязнения или ослабления контактов электропроводки, ослабления креплений вследствие вибраций, встречи рабочего органа с непреодолимым препятствием и другими причинами машина частично или полностью теряет свою работоспособность и не может выполнять заданные функции с изначально установленными параметрами. Невозможность дальнейшей эксплуатации машины из-за нарушения требований безопасности или выхода заданных параметров за установленные пределы, снижения эффективности эксплуатации ниже допустимой определяет *предельное состояние* машины.

Календарную продолжительность эксплуатации машины от ее начала или возобновления после ремонта до наступления предельного состояния называют *сроком службы*. Подобный показатель, но измеренный либо в часах чистой работы машины, либо в единицах ее продукции до наступления предельного состояния, называют *техническим ресурсом*. Срок службы и технический ресурс — обязательные характеристики, которые должны указываться в технической документации на конкретные виды и модели машин. Если техническим ресурсом определяется временной или наработочный (по суммарному объему продукции, выработанной с начала эксплуатации машины или ее возобновления после ремонта) интервал работоспособности машины, то срок службы в большей мере является оценочным критерием эффективности

использования машины в зависимости от времени, истекшего от начала выпуска машин данной модели, поскольку, кроме прочих факторов, он учитывает так называемый *моральный износ* машины, характеризуемый соответствием конструктивного решения машины современному уровню развития техники, поскольку со временем прежде новые модели машин устаревают и уступают по своим выходным параметрам (производительности, стоимости вырабатываемой продукции, безопасности, комфортным условиям для обслуживающего персонала, экологическим показателям и т.п.) пришедшим на смену им новым моделям.

## **2.2. Параметры машины. Типоразмер и модель.**

### **Индекс машины**

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

*Главными* называют такие параметры, которые в наибольшей мере определяют технологические возможности машины. Для большинства машин к таким параметрам относят: массу машины, мощность силовой установки или суммарную мощность основных двигателей в электроприводе, производительность и др.

К *основным* параметрам, включающим также главные, относят такие, которые необходимы для выбора машин в определенных условиях их эксплуатации. Кроме перечисленных, к этим параметрам относятся характеристики проходимости (удельное давление на грунт в рабочих и транспортных режимах и др.), маневренность машины (радиусы разворотов) и другие ходовые свойства (скорость передвижения, предельные углы подъема и др.), усилия на рабочих органах, размеры рабочей зоны, габаритные размеры машины и др.

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

В пределах каждой функциональной группы машины объединяются по типоразмерам, характеризуемым единым главным параметром. Одному типоразмеру могут соответствовать несколько моделей, каждая из которых объединяет машины, имеющие идентичные параметры, конструктивные решения и изготовленные по единой рабочей документации. Так, например, типоразмером моделей роторных траншеекопателей ЭТР250, характеризуемым главным параметром — максимальной глубиной траншеи в 2,5 м, объединяются модели ЭТР253 и ЭТР254, отличающиеся как назначением, так и конструктивными решениями. Первая модель — ЭТР253 — предназначена для работы в районах с сезонным промерзанием грунтов. Вторая модель — ЭТР254 — способна разра-

батывать грунты с промерзанием на всю глубину траншеи, включая вечномерзлые.

В технической документации каждую модель машины обозначают *индексом*, в котором в кодированной форме заключено полное название машины с ее главными параметрами. Например, в соответствии с индексацией кранов, выпускаемых заводами Минстройдормаша, индекс КС-8362ХЛ обозначает: кран стреловой самоходный (КС) грузоподъемностью 100 т (8 — восьмая размерная группа), пневмоколесный (3 — шифр ходового устройства) с гибкой (канатной) подвеской (6 — шифр гибкой подвески стрелового оборудования), второй модели (2), в северном исполнении (ХЛ). Существуют также другие системы индексации, как, например, приведенные выше для экскаваторов траншейных роторных (ЭТР).

### **2.3. Общая классификация строительных машин**

Наиболее общим признаком классификации строительных машин является их назначение или виды выполняемых работ. По этому признаку классификация машин представляется иерархической схемой, на первом уровне которой все машины разбиты на следующие основные классы: транспортные, транспортирующие, погрузочно-разгрузочные, грузоподъемные, для земляных работ, для свайных работ, для дробления, сортировки и мойки каменных материалов, для приготовления, транспортирования бетонных смесей и растворов и уплотнения бетонной смеси, для отделочных работ, ручной механизированный инструмент и другие средства малой механизации. Каждый класс делится на группы (второй уровень), например строительные краны из класса грузоподъемных машин. Группы, в свою очередь, делятся на подгруппы или типы в зависимости от порядка иерархической схемы (третьей уровень), например стреловые самоходные краны из группы строительных кранов и т. д. На предпоследнем уровне машины определенного типа делятся на типоразмеры, а на последнем — на модели (см., например расшифровку приведенного выше индекса стрелового самоходного крана КС-8362ХЛ).

Чем глубже иерархия машин, тем уже их специализация. Для сравнения по этому признаку вводят понятия *универсальных* и *специальных* машин. Так, траншейный роторный или цепной экскаватор, не способный выполнять другие земляные работы, кроме отрывки траншей, можно считать специальным по сравнению с одноковшовым экскаватором с рабочим оборудованием обратная лопата, способным отрывать любые выемки, включая траншеи. Специальные машины более производительны по сравнению с универсальными. Однако их применение эффективно только в случае выполнения больших объемов работ, поскольку в противном

случае неизбежны простои, снижающие их годовую производительность.

В практике механизации строительного производства иногда возникает необходимость на базе уже существующей модели создать модификацию, более приспособленную к конкретным производственным условиям либо для выполнения работ по профилю базовой машины, но с измененными параметрами, например башенный кран с удлиненной башней или стрелой. В первом случае увеличивается высота подъема груза, а во втором — его вылет. Для таких модифицированных машин сохраняют наименование базовой машины с добавлением характеристики модифицированного исполнения.

Строительные машины классифицируют также по режиму рабочего процесса, по роду используемой энергии, а также по способности передвигаться и типу ходовых устройств.

По **режиму рабочего процесса** различают машины *циклического и непрерывного* действия. Технологические операции машины циклического действия выполняются последовательно, образуя в совокупности ее рабочий цикл, по завершении которого выдается одна порция продукции. Например, одноковшовый экскаватор отделяет грунт от массива, загружая его в ковш (операция копания грунта), переносит грунт в ковше к месту выгрузки (транспортная операция), выгружает в отвал или транспортное средство (операция выгрузки) и возвращает рабочее оборудование на позицию начала следующего рабочего цикла (заключительная операция рабочего цикла). За каждый рабочий цикл экскаватор выдает порцию продукции в объеме вместимости ковша.

Операции машин непрерывного действия совмещены во времени, а в пределах каждой операции строительный материал находится на разных этапах преобразования. Эти машины выдают продукцию непрерывно. Например, рабочий орган траншейного роторного экскаватора выполнен в виде вращающегося колеса с расположенными с одинаковым шагом по его периферии ковшами. В процессе вращения ротора и его поступательного движения вместе с тягачом ковши поочередно заполняются отделяемым от массива грунтом (сравните с работой ковша одноковшового экскаватора), выносят его над уровнем траншеи и разгружают на ленточный конвейер, установленный поперек ротора, которым грунт непрерывно отбрасывается в сторону от траншеи. В процессе выполнения технологических операций копания и перемещения грунта к месту выгрузки в каждый момент времени ковши занимают различные положения в пространстве, а материал — загруженный в ковши грунт — находится на разных этапах его перемещения (преобразования). Машины непрерывного действия имеют более высокую производительность по сравнению с циклическими машинами, обусловленную совмещением технологических опе-



раций во времени, но являются обычно узко специализированными в то время как машины циклического действия являются более универсальными.

Некоторые машины, в зависимости от вида выполняемых работ, могут работать как в циклическом, так и в непрерывном режимах. Например, бульдозер, оборудованный неповоротным в плане отвалом для послойной разработки грунта, работает в циклическом режиме, выдавая за каждый рабочий цикл продукцию в объеме накопленной перед отвалом призмы грунта. Тот же бульдозер, оборудованный поворотным в плане отвалом, на расчистке земляных или дорожных поверхностей от мусора, снега работает в непрерывном режиме.

По **роду используемой энергии** различают машины, *работающие от собственного двигателя* внутреннего сгорания (дизеля или карбюраторного двигателя), и *от внешних источников* с питанием от внешней сети (электрической, пневматической, реже гидравлической). Первые обладают автономностью, что предопределило их преимущественное использование при частых межобъектных передвижках, вторые — высокой готовностью к работе, но с ограниченной областью применения. Они используются в пределах объектов с большими объемами работ, рассчитанными на длительное время. Например, карьерные одноковшовые экскаваторы, применяемые на добыче песка, глины, гравия и других строительных материалов, питаются электрической энергией от внешнего источника.

От пневмосети питаются, в основном, ручные машины. Если сжатый воздух вырабатывается компрессором, спаренным с приводимой им в движение машиной, то последнюю вместе с компрессором называют *агрегатом*. В составе агрегата может быть несколько технологических машин.

По **способности передвигаться** различают машины *стационарные* и *передвижные*. Первые работают на одном постоянном месте. Это, прежде всего, машины предприятий стройиндустрии (дробильные, сортировочные, моечные, смесительные и другие машины и оборудование). Большинство строительных машин являются передвижными, оборудованными ходовыми устройствами, обеспечивающими им передвижение либо от собственной силовой установки (*самоходные машины*), либо буксируемые за другим транспортным средством (трактором, автомобилем, тягачом).

По **типу ходовых устройств** различают *гусеничные, пневмоколенные, рельсоколенные* и *специальные машины*. Гусеничные машины обладают высокой проходимостью, благодаря чему их используют преимущественно на объектах нулевого цикла и в условиях низкой несущей способности грунта как поверхности передвижения. Пневмоколенные машины имеют сравнительно высокие скорости передвижения, что предопределило область их применения на

объектах с рассредоточенными объемами работ при частых и длительных межобъектных передвижках. Рельсоколесные машины работают длительное время на объектах с весьма ограниченной рабочей зоной, что связано с высокими затратами на устройство рельсового пути.

К специальным ходовым устройствам относятся шагающие, применяемые в конструкциях машин большой массы, например, в шагающих драглайнах, когда другие виды (гусеничные, пневмоколесные) не обеспечивают допустимых нормативных давлений на грунт или оказываются весьма громоздкими. Для работы в особых условиях (при передвижениях по снегу, болотам и т.п.) машины оборудуют специальными вездеходными устройствами различных конструкций. Реже в качестве опорных (и ходовых) устройств применяют салазки для передвижения машины буксированием.

Более детальные классификации приведены в разделах, посвященных отдельным классам машин по виду выполняемых работ.

## 2.4. Структура строительной машины

Обязательными составными частями любой технологической, транспортирующей и грузоподъемной машины являются: *привод*, состоящий из силовой установки, передаточных устройств (*трансмиссии*) и *системы управления*; один или несколько *рабочих органов* и рама (*несущие конструкции*). У передвижных машин имеется, кроме того, ходовое устройство, соединенное с рамой машины, называемой в ряде случаев *шасси*.

Преобразование строительных материалов названными машинами происходит в результате движения их рабочих органов, которое сообщается им от силовой установки через трансмиссию. Иногда конечное звено трансмиссии входит в состав сборочной единицы машины вместе с ее рабочим органом. Например, рабочим органом ленточного конвейера служит конвейерная лента, которая приводится в движение от приводного барабана, по существу являющегося конечным звеном трансмиссии, но входящего в состав собственно конвейера (без привода). В подобных случаях конечное звено трансмиссии называют *исполнительным механизмом*.

Движения рабочего органа могут быть *простыми*, как, например, вращение лопастного вала растворосмесителя при перемешивании компонентов приготавливаемого строительного раствора, и *сложными*, как, например, движения ковша гидравлического одноковшового экскаватора на разных операциях экскавационного рабочего цикла (поворот ковша относительно неподвижной рукояти, поворот рукояти с фиксированным на ней ковшом, одновременный поворот ковша и рукояти и т.д.). Слож-

ное движение рабочего органа есть результат сложения *относительного* (поворот ковша относительно рукояти) и *переносного* (поворот рукояти, стрелы, поворотной платформы) движений. Механизмы, обеспечивающие переносные движения, кинематически связаны с рабочим органом и по существу относятся к трансмиссии, но по указанной выше причине их принадлежности к одной с рабочим органом сборочной единице (в данном случае — группе сборочных единиц) они являются исполнительными механизмами. Таким образом, движение рабочему органу может передаваться непосредственно от силовой установки через трансмиссию или через исполнительные механизмы в форме переносных движений.

Примером машины с несколькими рабочими органами может служить траншейный роторный экскаватор, у которого землеройный рабочий орган — ротор приводится в движение от силовой установки через трансмиссию непосредственно, а конвейерная лента транспортирующего рабочего органа — отвалообразователя, кроме того, через исполнительный механизм — приводной барабан.

Для включения в действие машины и ее отдельных механизмов, включая силовую установку, а также для их остановки служит *система управления*. Структурные схемы машин приведены на рис. 2.1.

Транспортные машины, как правило, не имеют рабочих органов. Взаимодействующие с транспортируемым материалом кузова и платформы этих машин пассивны, а груз перемещается только за счет движения ходовых устройств (рис. 2.2).

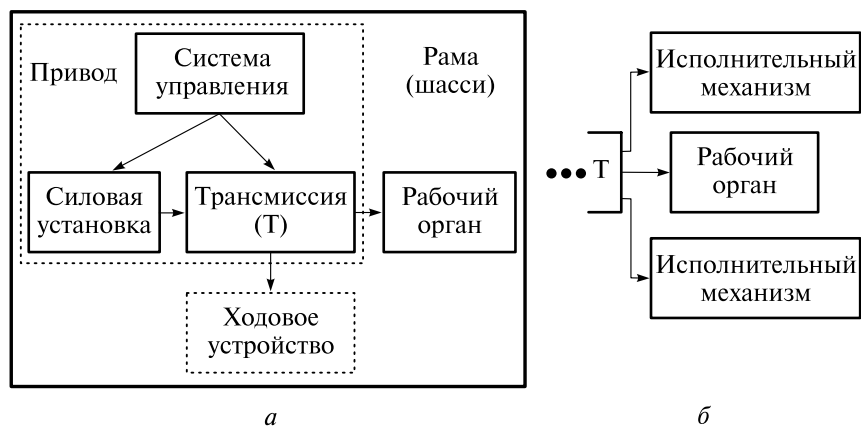


Рис. 2.1. Структурная схема технологической, транспортирующей и грузоподъемной машин при передаче движения рабочему органу через трансмиссию непосредственно (а) и с помощью исполнительных механизмов (б)

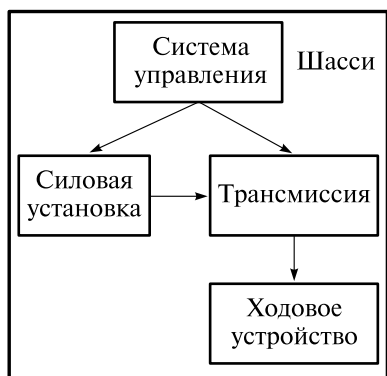


Рис. 2.2. Структурная схема транс-  
портной машины

Кроме перечисленных обяза-  
тельных составных частей на ма-  
шинах могут быть установлены  
дополнительные (вспомогатель-  
ные) устройства, например, вы-  
носные опоры в конструкциях  
пневмоколесных кранов, экскава-  
торов и т. п.

Приводы строительных машин,  
включающие силовую установку,  
передаточные устройства и систе-  
му управления, а также ходовые  
устройства обладают конструктив-  
ной и функциональной общно-  
стью, что позволяет изучать их не-  
зависимо от видов машин. Вопро-  
сы общего устройства и принципа действия этих составных частей

машин рассмотрены в гл. 3—7.

## 2.5. Производительность строительной машины

Производительность является важнейшей выходной характе-  
ристикой строительной машины. Ее определяют количеством про-  
дукции, произведенной машиной в единицу времени. Различают  
расчетную (она же теоретическая или конструктивная), техниче-  
скую и эксплуатационную производительность.

Под *расчетной (теоретической, конструктивной) производитель-  
ностью*  $P_p$  понимают производительность за 1 ч непрерывной ра-  
боты при расчетных скоростях рабочих движений, расчетных на-  
грузках на рабочем органе и расчетных условиях работы. Для ма-  
шин цикличного действия с порционной выдачей продукции

$$P_p = 3600 Q / t_{ц}, \quad (2.1)$$

где  $P_p$  — расчетная производительность, м/ч, м<sup>2</sup>/ч, м<sup>3</sup>/ч, т/ч, шт./ч  
и т. п.;  $Q$  — расчетное количество продукции в одной порции, м,  
м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>, т, шт. и т. п.;  $t_{ц}$  — расчетная продолжительность рабочего  
цикла, с.

Для машин непрерывного действия

$$P_p = 3600 F v,$$

где  $F$  — расчетное количество продукции на 1 м длины ее потока,  
м/м, м<sup>2</sup>/м, м<sup>3</sup>/м, т/м, шт./м и т. п.;  $v$  — расчетная скорость пото-  
ка, м/с.

Расчетные скорости должны соответствовать максимальной  
мощности установленного на машине двигателя, расчетные на-  
грузки — нормальному режиму работы машины, а расчетные ус-

ловия отражать наиболее характерные для данной машины условия работы. Теоретическую производительность рассчитывают на стадии разработки конструкторской документации на машину, используя для этого нормативные значения расчетных параметров и расчетных условий.

Для определения производительности машины в конкретных производственных условиях вводят две новые категории этого показателя — техническую и эксплуатационную производительность.

Под *технической производительностью*  $\Pi_T$  понимают максимально возможную в данных производственных условиях производительность при непрерывной работе машины. Эту категорию производительности применяют, в основном, для оценки максимальных технологических возможностей машин при комплектовании комплектов и комплексов. В случае отсутствия данных, отражающих условия работы на конкретном объекте используют выработанные практикой и зафиксированные в нормативных документах коэффициенты, устанавливающие зависимость между расчетной и технической производительностью для различных производственных условий:  $k_T = \Pi_T / \Pi_p$ .

Наконец, под *эксплуатационной производительностью*  $\Pi_э$  понимают фактическую производительность машины в данных производственных условиях с учетом ее простоев и неполного использования ее технологических возможностей. Эту категорию производительности определяют как частное от деления фактического объема произведенной продукции  $Q_\Sigma$  на продолжительность нахождения машины на рабочей площадке (чистого времени работы машины, сложенного с временем всех простоев)  $T_{\text{общ}}$  (ч), в течение которого эта продукция производилась:

$$\Pi_э = Q_\Sigma / T_{\text{общ}}$$

Эксплуатационную производительность обычно используют для взаиморасчетов заказчика с подрядчиками. Для анализа эффективности работы машины в конкретных производственных условиях пользуются коэффициентами использования машины во времени  $k_B$  и использования технологической возможности (или технической производительности) машины  $k_{\Pi}$ :

$$k_B = T_M / T_{\text{общ}}; k_{\Pi} = \Pi_э / \Pi_T k_B = k_T k_B,$$

где  $T_M$  — продолжительность чистой работы машины (за вычетом простоев), ч.

В качестве примера определим все перечисленные выше категории производительности и коэффициенты  $k_T$ ,  $k_B$  и  $k_{\Pi}$  за смену для башенного крана грузоподъемностью 12 т при расчетной продолжительности рабочего цикла 60 с, если в течение смены (8 ч) он поднял грузы суммарной массой 800 т. Средняя продолжитель-

ность рабочего цикла в конкретных условиях составила 90 с, а суммарная продолжительность всех простоев — 3,5 ч.

Башенный кран является машиной циклического действия, поэтому его расчетную производительность определим по формуле (2.1):

$$P_p = 3600 \cdot 12 / 60 = 720 \text{ т/ч.}$$

Техническая и эксплуатационная производительность соответственно:

$$P_T = 3600 \cdot 12 / 90 = 480 \text{ т/ч; } P_э = 800 / 8 = 100 \text{ т/ч.}$$

Коэффициенты можно определить следующим образом:

$$k_T = 480 / 720 = 0,67; k_B = (8 - 3,5) / 8 = 0,56; k_{п} = 100 / (480 \cdot 0,56) = 0,37.$$

## **2.6. Общие требования к машинам, машинным комплектам и структуре парков машин**

Общие требования к машинам, машинным комплектам и структуре парков машин вытекают из необходимости обеспечения высокой эффективности их использования в строительстве, т.е. получения наибольшей производительности при наименьших затратах. До начала 1990-х гг., когда парки строительных машин управлений механизации комплектовались преимущественно на основе государственного распределения строительной техники, основным критерием для оценки указанной эффективности служили удельные приведенные затраты (1.1). В последнее время отечественный рынок строительных машин пополнился машинами зарубежных производителей, вместе с которыми к нам импортировались новые тенденции во взаимоотношения поставщиков с потребителями. Рыночная конкуренция заставила зарубежных поставщиков строительной техники вместе с машинами продавать серию услуг, включая предпродажную подготовку, снабжение запасными частями и гарантийное техническое обслуживание. В этих условиях прежний показатель — удельные приведенные затраты оказался недостаточным для оценки эффективности использования машин в строительном производстве. Методы оценки предлагаемых товаров и услуг относятся к компетенции менеджмента.

Требования, предъявляемые к подбору комплектов машин вытекают из определения понятия комплексной механизации. Решение этого вопроса непосредственно связано со структурой парка машин. Чем шире номенклатура типоразмеров основных видов машин, из которых могут создаваться комплекты, тем эффективнее могут решаться задачи комплексной механизации. В то же время расширение типоразмерных рядов этих машин ведет к уменьшению серийности их производства и соответственно к увеличе-

нию их стоимости. Рациональный набор типоразмеров выпускаемых машин определяют методами оптимизации.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к строительным машинам, являются требования обеспечения благоприятных условий работы машинистов и обслуживающего персонала. Эти требования определяют содержание социальной приспособленности машин, основой которой являются их эксплуатационные, эргономические, эстетические и экологические свойства.

К **эксплуатационным свойствам**, способствующим предотвращению аварийных ситуаций, относят: динамические и тормозные качества; устойчивость против опрокидывания и заносов; обзорность; обеспеченность сигнализацией и приборами для предупреждения возможных критических ситуаций, а также для взаимодействия с другими участниками сооружения объекта; надежность элементов, разрушение которых может привести к аварии; обеспеченность автоматическими устройствами безопасности и блокировки.

**Эргономические свойства** машины заключаются в соответствии ее конструкции гигиеническим условиям жизнедеятельности и работоспособности человека, его антропометрическим, физиологическим и психофизическим требованиям, нормированным действующими стандартами.

**Антропометрические** требования предполагают положение тела машиниста в кабине, близком к состоянию функционального покоя при равномерном распределении его веса по площади опорных поверхностей. При этом повышается точность и скорость его моторных действий, обеспечивается возможность длительной непрерывной работы без значительного утомления.

**Физиологические** требования сводятся к обеспечению оптимальных условий на рабочем месте машиниста (температуры, влажности, скорости обдува воздухом и его химического состава, уровня шума и вибрации). Этими требованиями обеспечивается необходимый уровень работоспособности и внимания машиниста, поддержание высокого уровня производительности машины. Согласно действующим стандартам температура в кабине машиниста должна находиться в пределах 16...25 °С, влажность — 40...60 %, скорость воздуха — 0,2...0,5 м/с, содержание СО не более 20 мг/м<sup>3</sup>, а SiO<sub>2</sub> — не более 10 мг/м<sup>3</sup>, предельный уровень шума на месте машиниста не должен превышать 85 дБА.

## 2.7. Техническая эксплуатация

*Техническая эксплуатация* строительных машин — это комплекс мероприятий, обеспечивающих поддержание машин в работоспособном состоянии, включающих их приемку и ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт, хранение и учет по эксплуатации.

Приемке подлежат машины новые, после ремонта или монтажа, а также машины, передаваемые одной организацией другой. При приемке проверяют наличие установленной документации — паспорта, технического описания и инструкции по эксплуатации, а для машин, находящихся под контролем органов Госгортехнадзора, кроме того, также документации, устанавливаемой этими органами; комплектность машины, инструмента и запасных частей; техническое состояние машины путем осмотра и испытаний на холостом ходу и под нагрузкой. Машины, на которые распространяются требования Госгортехнадзора, при приемке и сдаче в эксплуатацию подвергаются *полному техническому освидетельствованию*, включающему *статические* и *динамические испытания* (см. подразд. 12.7).

Новые и капитально отремонтированные машины перед сдачей в эксплуатацию подвергаются эксплуатационной обкатке в режимах, устанавливаемых предприятием-изготовителем. По завершении обкатки выполняют все крепежные и контрольно-регулирующие работы, устраняют замеченные неисправности, заменяют смазку и эксплуатационные жидкости.

Для обеспечения работоспособного и исправного состояния строительных машин в течение всего их срока службы в плановом порядке проводят комплекс организационно-технических мероприятий, составляющих систему *планово-предупредительного технического обслуживания и ремонтов* (ППР). Система называется плановой потому, что все ее мероприятия выполняются по разработанному плану, а предупредительной потому, что входящие в нее мероприятия носят профилактический характер, т. е. направлены на предупреждение износа оборудования и внезапных выходов его из строя. Основными документами системы ППР являются: техническая документация предприятий-изготовителей, обобщающие их рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту и разработанные на их базе годовые план и месячные планы-графики технического обслуживания и ремонта машин. В составе мероприятий ППР различают *техническое обслуживание*, текущий ремонт и *капитальный ремонт*. Время работы от начала эксплуатации машины до первого капитального ремонта, измеренное в часах работы машины, называют *межремонтным циклом*, а число часов работы машины между одноименными техническими обслуживаниями или ремонтами — *периодичностью технических обслуживаний и ремонтов*. Периодичность проведения технических обслуживаний и ремонтов определяется *наработкой* машины, измеряемой в часах.

Рекомендациями по организации технического обслуживания и ремонта строительных машин установлены нормы периодичности и число технических обслуживаний и ремонтов, их средняя трудоемкость и продолжительность. Так, для одноковшовых экс-



каваторов 4-й размерной группы продолжительность межремонтного цикла составляет 12000 ч. За это время экскаваторы проходят 72 технических обслуживания и семь текущих ремонтов с определенной для каждого из них периодичностью. Наиболее эффективно техническое обслуживание (кроме ежесменного) и ремонты проводить силами специализированных служб или предприятий. Специализированные службы (ремонтно-эксплуатационные базы) имеют участки диагностирования и специализированные посты и участки для ремонта гидропневмоаппаратуры и наиболее ответственных узлов машин — двигателей, коробок передач, редукторов, мостов и т.п. Техническое обслуживание на рабочем месте машины проводят с помощью мобильных средств — передвижных станций технического обслуживания, оснащенных необходимым, в том числе диагностическим, оборудованием и специализированным по типам машин.

**Техническое обслуживание (ТО)**, проводимое в процессе эксплуатации машин, предупреждает появление неисправностей и отказов. Различают ТО *ежесменное, периодическое* (трех уровней — ТО-1, ТО-2 и ТО-3), *сезонное*, а также при хранении и транспортировании, при обкатке, перед началом эксплуатации.

**Ежесменное ТО** проводится машинистом строительной машины перед началом и в конце рабочей смены. В состав обслуживания входят работы по смазке машины, предусмотренные картой смазки, контрольный осмотр перед пуском в работу рабочих органов машины, ходовой части, системы управления, тормозов, приборов безопасности, освещения.

**Периодические, плановые ТО** проводят через определенные промежутки времени, устанавливаемые предприятием-изготовителем. Они включают: очистку и мойку машины, осмотр и контроль состояния деталей, агрегатов, систем электро-, гидро- и пневмопривода, рабочего оборудования с целью выявления неисправностей и устранения обнаруженных дефектов, крепежные, контрольно-регулирующие и смазочные работы. При проведении ТО-1 в него включаются все работы ежесменного обслуживания (ЕО), при ТО-2 — все работы ТО-1, а работы ТО-3 совмещают с текущим ремонтом.

**Сезонное ТО** проводится два раза в год при подготовке машин к работе в период последующего сезона (летнего и зимнего). При сезонном ТО в системах машины (тормозной, охлаждения, смазки, гидропривода и др.) заменяют эксплуатационные масла и жидкости с промывкой систем, устанавливают или снимают утепления, дополнительные устройства для запуска двигателей и т.п.

При постановке машин на хранение их очищают и моют, окрашивают поврежденные участки, проводят очередное ТО, промывают гидравлическую и тормозную системы и заполняют их новыми эксплуатационными жидкостями, на подверженные коррозии металлические части наносят антикоррозионную смазку,

защищают машину от атмосферных осадков. В процессе хранения проводят *периодическое консервационное обслуживание*.

Важное значение при ТО придается *техническому диагностированию*, проводимому с использованием специальных диагностических средств и заключающемуся в проверке исправности машины и (или) ее составных частей, поиске дефектов, сборе данных для прогнозирования остаточного ресурса или вероятности безотказной работы в межконтрольный период. По результатам диагностирования принимаются решения о возможности дальнейшей эксплуатации машины с назначенным ресурсом или о необходимости проведения текущего или капитального ремонта. Широкое применение технического диагностирования позволяет переходить от системы ППР к системе технического обслуживания и ремонта машин по потребности.

**Ремонт** машин проводят с целью поддержания и восстановления их исправного и работоспособного состояния путем устранения повреждений. Ремонт может быть *текущим* и *капитальным*. Различают также *плановые, неплановые, аварийные* и *восстановительные ремонты*.

*Текущий ремонт* выполняется в плановом порядке, а также по потребности согласно результатам диагностических осмотров. Его проводят в процессе эксплуатации строительных машин для обеспечения их работоспособного состояния до следующего капитального или текущего ремонта. Текущий ремонт состоит в замене или восстановлении узлов и агрегатов (кроме базовых) с частичной разборкой машины и проведении регулировочных работ. При этом выполняются все виды работ по ТО. Ремонтные работы включают также сварку, слесарные и станочные работы, нанесение наплавов на изношенные поверхности деталей. Основной метод текущего ремонта — *агрегатный*, при котором неисправные сборочные единицы заменяют новыми или восстановленными в стационарных условиях. Таким образом, при агрегатном ремонте на машине выполняют только демонтаж требующих ремонта сборочных единиц, монтаж и регулировочные работы, благодаря чему сокращается время пребывания машины в ремонте. Агрегатный ремонт требует наличия оборотных агрегатов (*обменного фонда*) в соответствии с их потребностью при эксплуатации парка машин. Обменный фонд создается за счет покупки, изготовления и сборки новых и восстановления старых узлов и агрегатов.

**Капитальный ремонт** проводится для восстановления работоспособного состояния строительных машин и их отдельных узлов с заменой или восстановлением агрегатов, включая базовые. Капитальный ремонт предусматривает восстановление технико-экономических параметров машин и проводится на специализированных заводах или базах механизации. Основанием для его проведения являются следующие признаки: повреждение базового узла (детали) — станины, рамы, несущего кузова, устранимое только путем полной

разборки машины; необходимость замены двух и более сложных агрегатов — двигателя, сложных редукторов, коробок перемены передач и др. Различают *обезличенный* (агрегатный — см. выше) и *необезличенный* капитальные ремонты. При необезличенном ремонте отремонтированные узлы и детали устанавливают на ту же машину.

## 2.8. Исторические сведения о развитии строительных машин

Практическое применение строительных машин можно отнести к началу XIX в., когда была создана паровая машина. Одной из первых землеройных машин была многоковшовая землечерпалка с двигателем мощностью 15 л.с. (11 кВт), построенная Ижорским заводом в 1812 г. под руководством инженера А. Бетанкура. Впоследствии завод построил еще две такие землечерпалки, успешно работавшие на углублении гаваней. За рубежом подобные землечерпалки появились только в 1830 г. Паровые землечерпалки были в 14 раз производительнее, чем землечерпалки с ручным или конным приводом.

В 1836 г. механик Отис (США) изобрел паровой экскаватор с ковшем вместимостью 1,14 м<sup>3</sup> при мощности 15 л. с. на рельсовом ходу без привода. Его производительность составила 30... 80 м<sup>3</sup>/ч, что в 1,5—2 раза меньше производительности современного канатного экскаватора с ковшем такой же вместимости. Экскаваторы Отиса успешно работали на строительстве железной дороги Санкт-Петербург—Москва, а впоследствии на добыче руды на Урале.

В начале XIX в. появились копры для забивки свай с чугунными бабами массой до 400 кг, поднимаемые канатами вручную, конной тягой или водяным колесом. На строительстве железной дороги Санкт-Петербург — Москва работали свайные подвесные молоты с приводом от паровых лебедок. Первый отечественный паровой молот был построен в 1869 г.

Первый колесный скрепер с конной тягой появился в XVIII в. Во второй половине XIX в. на земляных работах использовались конные совковообразные скреперы-волокуши вместимостью 0,1... 0,3 м<sup>3</sup>, а также колесные скреперы с ковшами 0,2... 0,3 м<sup>3</sup>.

Еще в 1850-х гг. в России выравнивали дороги бревнами, которые волочили конной тягой. В 1870-х гг. в США появились первые грейдеры с подвешенным к телеге ножом-отвалом. Впоследствии телега была заменена металлической рамой на колесах и усовершенствована некоторыми механизмами.

Еще 2... 3 тыс. лет до н. э. на дорожных работах применялись каменные катки с ручной тягой. Во второй половине XIX в. тяга была заменена на конную, а затем каменные катки были заменены металлическими. В конце XIX в. на Коломенском заводе началось производство паровых катков массой 10 т при мощности 15... 25 л.с. (11... 18,4 кВт). В 1970-е гг. появились грейдер-элеваторы с конной тягой производительностью до 100 м<sup>3</sup>, которые использовались на дорожных работах.

Со второй половины XIX в. для дробления щебня в дорожном строительстве начали применять щековые дробилки. Первые смесительные машины с деревянным барабаном и ручным приводом появились в середине XIX в. В дальнейшем ручной привод был заменен конным, а деревянные барабаны — железными, еще позже они были переведены на

паровой привод. С конца XIX в. начали использовать пневматические трамбовки для уплотнения бетонной смеси взамен деревянных.

Первые простые машины создавались для выполнения наиболее тяжелых и трудоемких работ, где требовались очень большие рабочие усилия. Идеи сложных машин — землечерпалок, экскаваторов с элементами подъемных устройств появились в средние века. Однако для их реализации потребовались большие сроки. Так, от создания эскиза грейфера Леонардо да Винчи (1500 г.) до постройки грейферного механизма землечерпалки прошло 225 лет, от изобретения того же автора цепной землечерпалки до первой такой машины с конным приводом — более 200 лет, а до цепной паровой землечерпалки — более 300 лет.

Первая эпоха создания машин с ручным, конным, водяным и ветровым приводами длилась до XIX в., после чего, с изобретением паровой машины, наступила вторая эпоха, длившаяся менее столетия. Она совпала с бурным развитием постройки железных дорог, которое создало благоприятные условия для применения паровых экскаваторов мощностью до 1000 л.с. (735 кВт), массой до 500 т на рельсовом ходу. Следующим решающим фактором в развитии строительных машин стало освоение в начале XX в. гусеничного, а затем пневмоколесного хода.

В 1920-е гг. начался третий этап развития строительных машин, сопровождавшийся увеличением их мощности, повышением производительности, снижением энергоемкости и материалоемкости, применением более совершенных видов привода и управления, созданием сменного рабочего оборудования для различных условий и видов работ. Начало XX столетия знаменуется заменой на строительных машинах парового привода двигателями внутреннего сгорания в широких масштабах. Началось внедрение индивидуального электрического и гидравлического приводов, а также современных систем управления.

В развитии строительных машин отмечаются следующие тенденции: при создании большинства машин использовался принцип подобия ручным рабочим процессам; первые машины были целиком или частично деревянными, только в конце XIX в. железо вытеснило дерево из всех несущих конструкций машин; ручной, конный, ветряной и водяной приводы были заменены более прогрессивным паровым приводом с одновременным повышением его мощности (от 14... 15 л.с. в середине XIX в. до 800 л.с. к концу XIX в.); неприводные ходовые устройства из деревянных катков и колес были последовательно заменены гусеничным и пневмоколесным приводным ходом; внедрение прогрессивных видов привода (двигателей внутреннего сгорания, электро- и гидропривода), а также современных систем управления на основе достижений науки и техники способствовало дальнейшему совершенствованию конструкций строительных машин, снижению их энергоемкости и материалоемкости, созданию комфортных условий для обслуживающего машину персонала.

## **2.9. Пути развития и повышения качества строительных машин и оборудования**

Основной и первостепенной задачей, стоящей перед создателями и производителями строительных машин и оборудования в нашей стране на ближайшие десятилетия, будет повышение их

качества и конкурентоспособности на мировом рынке. Следует ожидать, что дальнейшее развитие приводов будет идти по пути улучшения их качественных показателей с целью повышения КПД, долговечности и надежности, снижения материалоемкости, более полной автоматизации систем управления приводами и работой машин в целом за счет поиска и применения новых более прочных и износостойких материалов, новых технологий упрочнения деталей и особенно поверхностей трения, подверженных быстрому износу, а также новых технологий изготовления, обеспечивающих высокую точность изделий.

Можно ожидать, что уже в ближайшие 15...20 лет долговечность применяемых в строительных машинах двигателей внутреннего сгорания, гидронасосов, гидродвигателей и гидроаппаратуры может быть повышена в 1,7—2 раза, а их габаритные размеры и удельная материалоемкость снижены не менее чем на 30...40 %; на 20...25 % снизится также расход топлива.

В качестве силовых установок для стационарных и малоподвижных строительных машин и оборудования будут оставаться электродвигатели. Однако их электроприводы в целом претерпят серьезные качественные изменения в сторону уменьшения материалоемкости и увеличения долговечности, надежности и коэффициента полезного действия за счет широкого применения новых высококачественных изоляционных, проводниковых и других материалов, а также более высоких технологий их изготовления.

Наибольшей эффективности в области совершенствования приводов строительных машин и оборудования в текущем столетии можно ожидать от автоматизации систем их управления, которая будет развиваться в направлении разработки и внедрения более совершенных автоматизированных *эраметрических* (человеко-операторных), жестких автоматических неадаптивных и адаптивных микропроцессорных систем управления. По-видимому, внедрение двух последних видов систем управления станет доминирующим. Функции машинистов строительных машин будут постепенно сводиться к функциям операторов, подобных работе пилотов современных летательных аппаратов, диспетчеров тепловых и атомных энергетических установок. Это потребует подготовки новых кадров машинистов-операторов со среднетехническим и высшим образованием. Конкурентоспособность строительных машин и оборудования в первую очередь будет обеспечиваться современными пультами управления, включающими дисплейные системы информации от большого числа контролируемых параметров, обеспечивающих безопасную работу машин, диагностирование технического состояния их основных агрегатов и узлов, наработку, учет их производительности и др.

Также основными направлениями повышения качества строительных машин и оборудования будут оптимизация существующих

конструкций и поиски новых решений их рабочего оборудования и рабочих органов, благодаря чему энергоемкость рабочих процессов может быть снижена на 40...50 % с одновременным повышением долговечности рабочих органов не менее чем в 2—2,5 раза.

В части несущих (рамных) конструкций, а также металлоконструкций рабочего оборудования строительных машин следует ожидать уменьшения их массы за счет применения сталей с высоким пределом прочности, оптимизации и создания конструкций из равнопрочных элементов, внедрения автоматической сварки с дополнительной технологической обработкой.

В качестве самоходных машин для изготовления на их базе строительных машин (экскаваторов, кранов и др.) будут применяться специальные пневмоколесные шасси большой грузоподъемности с высокими транспортными скоростями. В качестве гусеничных движителей преимущественное распространение получают движители тракторного типа.

Задачи по улучшению социальной приспособленности строительных машин и оборудования станут одними из важнейших и окажут существенное влияние на конкурентоспособность строительной техники.

В русле стремительного развития средств автоматизации в ближайшие годы будут решаться задачи по созданию роботизированных комплексов машин как для выполнения определенных видов строительных работ, так и для возведения зданий и сооружений в целом.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение строительной машины. Приведите примеры машин для различных категорий преобразования строительных материалов.
2. Какие машины относятся к группе технологических? Приведите примеры.
3. Что такое производственная и техническая эксплуатация строительной машины, каков их состав?
4. Какими факторами определяется предельное состояние машины? Что такое срок службы и технический ресурс машины? Что такое моральный износ машины, чем он характеризуется?
5. Что такое параметр машины? Перечислите категории параметров и охарактеризуйте их состав.
6. Что такое типоразмер машины, каким фактором он характеризуется? Что такое модель машины? Приведите примеры моделей одного типоразмера.
7. Что такое индекс машины? Приведите пример и расшифруйте его составляющие.
8. Перечислите классы строительных машин по виду выполняемых работ. Изложите существо иерархической схемы классификации строительных машин по видам выполняемых работ. Приведите примеры.
9. На какие группы делятся строительные машины по режиму рабочего процесса, роду используемой энергии, способности передвигаться и

типу ходовых устройств? Какими факторами определяется принадлежность машин к определенным группам по указанным признакам?

10. Перечислите основные составные части строительных технологических, транспортирующих и грузоподъемных машин. Каково их назначение? Что такое исполнительный механизм? Что такое рабочее движение рабочего органа? Назовите и охарактеризуйте его формы. Приведите примеры. Чем различаются между собой структуры технологической (транспортирующей, грузоподъемной) и транспортной машин?

11. Что такое производительность строительной машины? Перечислите и дайте определение ее категориям. Что такое расчетные условия? Приведите примеры.

12. Чем определяется коэффициент использования машины во времени и коэффициент использования технологической возможности машины? Приведите примеры.

13. Какими основными факторами обусловлены требования, предъявляемые к машинам, машинным комплектам и паркам машин?

14. Как связаны между собой номенклатура парков машин и их стоимость?

15. Перечислите и охарактеризуйте основные свойства машин, определяющие их социальную приспособленность.

16. Какие мероприятия входят в техническую эксплуатацию строительных машин? В чем заключается приемка машины и в каких случаях ее проводят? Перечислите работы, выполняемые при сдаче машины в эксплуатацию.

17. Что такое система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонтов? Каковы ее особенности? На основании каких документов проводят мероприятия этой системы? Что входит в ее состав? Что такое межремонтный цикл и периодичность технических обслуживаний и ремонтов? Какими силами проводят техническое обслуживание и ремонты строительных машин?

18. Перечислите работы, входящие в состав всех видов технических обслуживаний и ремонтов. Какими организационными методами проводят ремонты? В чем заключается агрегатный метод ремонта? Для чего нужен обменный фонд? Что такое техническое диагностирование? Какие признаки технического состояния машины могут служить основанием для постановки ее на капитальный ремонт?

19. Изложите основные этапы и тенденции развития строительных машин.

20. Изложите перспективы развития и повышения качества строительных машин и оборудования.