

УЧЕБНИК ХХІ ВЕК

Е.М. Кудрявцев

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ



Б
А
К
А
Л
А
В
Р



Е.М. Кудрявцев

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

(с примерами расчетов, включая и на компьютере)

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве учебника для
студентов обучающихся по программе бакалавриата по
направлению 270800 «Строительство»*



Издательство АСВ
Москва
2012

Рецензенты:

заслуженный деятель науки РФ, декан факультета «Дорожные машины» Московского автомобильно-дорожного института (Государственный технический университет), зав. кафедрой «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин», д-р техн. наук, проф. *В.А. Зори*;

декан факультета «Механизация и автоматизация строительства», зав. кафедрой «Строительные машины, эксплуатация и ремонт оборудования» Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства (МГАКХиС), д-р техн. наук, проф. *А.И. Доценко*

Кудрявцев Е. М.

Строительные машины и оборудование: Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 328 с.

ISBN 978-5-93093-892-0

В учебнике рассмотрены классификация строительных машин, принципы комплексной механизации строительства, методы определения производительности машин, комплектов и комплексов машин. Рассмотрены вопросы назначения и устройства машин, основы теории расчета грузовой и тягово-скоростных характеристик машин. Приведены сведения об устройстве, типах и параметрах подъемно-транспортных машин, машин для производства земляных работ, машин и оборудования для выполнения свайных работ, транспортных машин, машин для уплотнения грунта и др. В заключительной главе рассматриваются вопросы оптимального комплектования. По каждой группе машин даны описание, назначение и устройство, основы теории, примеры расчетов вручную и на компьютере.

ISBN 978-5-93093- 892-0

© Издательство АСВ, 2012
© Кудрявцев Е. М., 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная практика эффективного использования строительных машин свидетельствует о том, что для достижения успеха специалист должен одинаково хорошо ориентироваться в следующих областях:

- в самом объекте, процессе, системе машин и внешних воздействиях на них на всех этапах их жизненного цикла;
- в средствах обработки и анализа входной и выходной информации об объекте, процессе, системе и внешней среде на всех этапах их жизненного цикла;
- в математическом моделировании, т. е. в искусстве постановки и формализации задачи, которое заключается в умении перевести задание с языка проблемно-содержательного на язык математических схем и моделей;
- в методах поиска оптимальных решений в процессе работы, как отдельных машин, так и машин в комплекте с учетом различных условий работы;
- в свободном владении современными компьютерными технологиями.

Цель учебника – дать специальные знания о назначении и устройстве основных строительных машин, ознакомить с основами теории рабочих процессов, научить будущего специалиста быстро и эффективно выполнять технико-эксплуатационные расчеты строительных машин с использованием современных компьютерных систем.

Учебник содержит теорию, алгоритмы расчета и компьютерные решения многочисленных задач механизации строительства.

В учебнике не только изложены многочисленные методики расчета различных строительных машин, комплектов машин и оборудования, но и приведены примеры расчетов, включая и использование компьютера.

В учебнике рассмотрены классификация строительных машин, принципы комплексной механизации строительства, методы определения производительности машин, комплектов и комплексов машин. Рассмотрены вопросы назначения и устройства машин, основы теории расчета грузовой и тягово-скоростных характеристик машин. Приведены сведения об устройстве, типах и параметрах подъемно-транспортных машин, машин для производства земляных работ, машин и оборудования для выполнения свайных работ, транспортных машин, машин для уплотнения грунта и др. В заключительной главе рассматриваются вопросы оптимального комплектования машин. По каждой группе машин даны описание, назначение и устройство, основы теории, примеры расчетов вручную и на компьютере.

Учебник написан по схеме все в одном. Он позволяет освоить теоретические положения, методики и алгоритмы расчета технико-эксплуатационных параметров наиболее распространенных строительных машин в ручном и компьютерном исполнениях. А также эффективно выполнять практические, лабораторные и самостоятельные работы.

Глава 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основные понятия

Строительные машины – это машины и средства механизации для выполнения строительных работ, включая средства малой механизации и механизированный ручной инструмент.

Механизация строительства – это замена ручного труда в строительстве машинами и механизмами.

Основная цель механизации строительства – повышение производительности труда и освобождение человека от выполнения тяжелых, трудоемких и утомительных операций, снижение стоимости и повышение качества строительства.

Комплексная механизация строительства это механизация основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, в результате чего исходное сырье, материалы и т. д. превращаются в готовый материал, изделие, здание, сооружение, объект и т. д.

Основные процессы – это собственно процессы превращения исходного сырья, материалов, полуфабрикатов в строительные материалы, изделия. Это рытье котлована, траншеи, выполнение свайных работ, монтаж (возведение) здания, сооружения, объекта,...

Вспомогательные процессы – это процессы, обеспечивающие эффективное выполнение основных процессов. Это транспортировка, погрузка и разгрузка сырья, материалов, изделий,... Часто вспомогательные процессы являются составной, неотрывной частью основного процесса.

Обслуживающие процессы – это процессы, обеспечивающие надежное и эффективное выполнение основных и вспомогательных процессов. Это техническое обслуживание, ремонт, энергоснабжение и т. п. основных и вспомогательных процессов.

В зависимости от взаимосвязей между предметом труда, орудиями труда и исполнителями в процессе выполнения технологических операций различают: ручной труд, механизированный, комплексно-механизированный, автоматизированный и комплексно-автоматизированный.

В свою очередь, ручной труд подразделяют на:

– *ручной труд с ручным инструментом* – это подъем и перемещение грузов ручными лебедками, таями, полиспадами, реечными домкратами, работа ломом, лопатой, кувалдой, мастерком и т. п.;

– *ручной труд с механизированным инструментом* – это работа с перфораторами, отбойными молотками, вибраторами, краскопультами и другими инструментами;

– *ручной труд при машинах* – это работа стропальщиков и такелажников и т. д.

В зависимости от степени оснащения технологического процесса машинами и средствами механизации выделяют следующие процессы:

- **механизированный**, когда большинство операций строительного-монтажного процесса выполняются с помощью машин и механизмов, а человек в основном выполняет функции управления машинами и механизмами;
- **комплексно-механизированный**, когда все без исключения операции строительного-монтажного процесса выполняются с помощью машин и механизмов, а человек выполняет только функции управления машинами и механизмами;
- **автоматизированный**, когда все операции строительного-монтажного процесса выполняются с помощью машин и механизмов, под управлением отдельными машинами и механизмами, автоматическими средствами управления;
- **комплексно-автоматизированный**, когда все операции строительного-монтажного процесса выполняются и управляются с помощью машин и механизмов с широким использованием микропроцессорной техники и электронно-вычислительных машин.

Технологический процесс – это совокупность взаимосвязанных основных и вспомогательных операций.

Технологическая схема – это представление основных и вспомогательных операций технологического процесса и их элементов в порядке последовательного, параллельного, последовательно-параллельного и комбинированного их выполнения.

Технологическая карта – это развернутое представление основных и вспомогательных технологических операций и их элементов с указанием машин, рабочих органов и мест, в которых эти операции выполняются.

Составными частями каждой типовой технологической схемы, являются: схемы расстановки машин, механизмов и транспортных средств, состав комплектов машин, их производительность, порядок производства работ, последовательность выполнения операций, расход основных эксплуатационных материалов,...

Все многообразие средств механизации (СМ) строительства можно разделить по уровню комплектования на: машины, комплекты машин, комплексы машин и системы машин.

Машина – это СМ в виде совокупности функционально взаимодействующих узлов, включая и сменные рабочие органы, обеспечивающих эффективное функционирование машины при выполнении своих задач.

Комплект машин – это СМ в виде совокупности функционально взаимодействующих машин, обладающих свойством изменения структуры и параметров машин в целях оптимального выбора их и использования при выполнении определенного вида работ на объекте.

Комплекс машин – это СМ в виде совокупности функционально взаимодействующих комплектов машин и машин, обладающих свойством изменения структуры и параметров средств механизации нижних уровней (комплект, машина) в целях оптимального выбора их и использования при выполнении определенных видов работ на объекте. В состав комплекса машин могут входить комплекты машин.

Система машин – это СМ в виде совокупности функционально взаимодействующих комплексов, комплектов машин и машин, которые образуют целостное единство, обладающее свойством изменения структуры и параметров средств механизации нижних уровней (комплекс, комплект, машина) в целях оптимального выбора их и использования на строительстве заданных объектов.

Можно дать несколько упрощенное определение комплекту и комплексу машин.

Комплект машин – это совокупность функционально связанных взаимодействующих машин, комплектов машин, выполняющих, как правило, часть технологического процесса, но достаточно самостоятельную. Например, комплект машин «экскаватор – автосамосвалы», «кран – панелевозы», «бетоносмесительная установка – бетоновозы» и т. д.

Комплекс машин – это совокупность функционально связанных взаимодействующих машин, выполняющих, как правило, весь технологический процесс. Например, бетоносмесительная установка – бетоновоз – промежуточный бункер-бетононасос.

Комплектование машин – это процесс формирования и эффективного использования машин, комплектов, комплексов и систем машин.

Парк машин – это совокупность машин для выполнения заданных объемов работ. Здесь не обязательна взаимосвязь всех машин в парке.

Для упрощения изложения, вместо конкретных понятий – комплект, комплекс, парк мы будем часто использовать термин система машин.

Система машин – это множество машин, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которые образуют определенную целостность, единство.

Рабочий процесс – это совокупность операций для выполнения заданного технологического процесса.

Как известно, один и тот же технологический процесс, например, рытье траншеи, может быть выполнен в зависимости от параметров траншеи и характеристик грунтов различными строительными машинами. Это могут быть одноковшовые экскаваторы и экскаваторы непрерывного действия (цепные и роторные), бульдозеры и т. д.

В свою очередь, рабочий процесс каждой машины имеет свой набор операций. Например, одноковшовый экскаватор включает следующие операции: копание грунта (набор грунта в ковш); подъем разработанного грунта на заданную высоту; поворот экскаватора на выгрузку, выгрузка грунта; поворот экскаватора в забой (траншею); опускание рабочего оборудования для выполнения копания грунта и т. д. После выработки забоя с одной стоянки, производится передвижение экскаватора на новое место стоянки и т. д.

При выполнении каждой операции возникают свои сопротивления и задействованы разные исполнительные органы. Так, при передвижении экскаватора задействован привод ходового оборудования, при повороте экскаватора – привод поворота и т. д.

1.2. Классификация строительных машин

Классификация строительных машин – это система распределения машин по совокупности признаков сходства, различия, взаимосвязей. Она делится на различные классификационные подразделения (уровни): классы, подклассы, группы, подгруппы, виды, подвиды, индексы.

Строительные машины и оборудование можно классифицировать по самым различным признакам.

По классам: подъемно-транспортные; землеройные и грунтоуплотняющие; буровые; сваебойные; дробильно-сортировочные; смесительные; машины для транспортирования бетонных смесей и растворов; бетоноукладочные; отделочные; ручные и дорожные машины.

В свою очередь каждый класс машин делится на подклассы.

Подъемно-транспортные машины делятся на три подкласса: грузо-подъемные машины; транспортирующие машины; машины для погрузочно-разгрузочных работ.

Машины для земляных работ делятся на три подкласса: землеройные (одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, ...); землеройно-транспортные машины (бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, ...); средства гидромеханизации земляных работ (гидромониторы, землесосные снаряды, эрлифты, гидроэлеваторы, ...).

Грунтоуплотняющие машины включают катки, вибро-уплотнительные машины, трамбовки и др.

Машины для свайных работ делятся на четыре подкласса: ударного, вибрационного, вдавливающего, вращательного действия.

Машины для бетонных и железобетонных работ делятся на четыре класса: арматурные станки, дозирочные, смесительные и бетоноукладочные машины.

Отделочные машины применяют в основном для оштукатуривания и окраски поверхностей строительных конструкций. К этому классу относят штукатурные агрегаты, машины для приготовления малярных составов, окрасочные агрегаты, краскораспылители, компрессоры и другое оборудование.

Ручные машины представляют собой пневматический механизированный инструмент (отбойные молотки, сверлильные и шлифовальные машинки, пневмогайковерты) и электрифицированный инструмент (электрические сверлильные и электрошлифовальные машины, инструмент для обработки деталей деревянных конструкций и др.).

В табл. 1.1 представлены основные классификационные классы и подклассы строительных машин и оборудования.

По характеру работы машин в системе: непрерывного действия, когда все машины работают непрерывно (например, укладка трубопровода); циклического действия, когда все машины работают циклично (экскаватор – автосамосвалы, кран – панелевозы); смешанного действия, когда часть машин работает непрерывно, а часть – циклично (бетоносмесительный завод – транспортировка бетона – непрерывная укладка бетона).

Из всех систем машин наиболее распространены системы циклического действия, они более специфичны и универсальны. Это объясняется тем, что в строительстве, в основном, находятся в движении не предметы труда, а средства труда, средства механизации: машины, комплекты и комплексы машин.

Отдельные виды строительных машин различаются:

– *по ходовому оборудованию*: гусеничному; колесному; на рельсовом ходу; шагающему и комбинированному;

– *по типу базовой машины*: автомобиль; трактор; тягач;

– *по видам силового оборудования*: электродвигатель (постоянного и переменного тока); двигатель внутреннего сгорания (дизельный или карбюраторный) или комбинированный (дизель-электрический);

– *по видам привода*: механический; гидравлический; пневматический; комбинированный др.;

– *по количеству двигателей*: одномоторные и многомоторные;

– *по системам управления*: механические; гидравлические; электрические, пневматические и комбинированные;

– *по числу рабочего оборудования*: универсальные, снабженные несколькими видами сменного рабочего оборудования; специальные, как правило, с одним видом оборудования.

По степени подвижности: стационарные; переносные; передвижные (прицепные, полуприцепные и самоходные).

По характеру взаимодействия машин в системе: системы машин с регулярным потоком и нерегулярным потоком машин в системе.

Система машин с регулярным потоком – это система, в которой взаимодействие машин в системе происходит через строго определенные промежутки времени.

Система машин с нерегулярным потоком – это система, в которой взаимодействие машин в системе происходит по известному или заданному закону распределения.

Каждая строительная машина имеет свой буквенно-цифровой индекс. Буквенная часть индекса указывает на вид машин, а цифровая – на технические их характеристики. Например, ЭО – экскаватор одноковшовый; ЭТР, ЭТЦ – соответственно экскаватор траншейный роторный, цепной; ДЗ – землеройно-транспортная машина; КС, КБ – соответственно кран стреловой, башенный, СП – оборудование для погружения свай, БМ – бурильная машина; СО – машина для отделочных работ и т. д.

1.3. Техничко-экономические показатели работы машины

Для оценки эффективности выполнения различных видов работ широко используют различные технико-экономические показатели. Это производительность, себестоимость работ, приведенные (полные и удельные) затраты, время выполнения работ и др. Форма и вид представления показателей эффективности работы машины, комплектов машин зависит от условий их работы: детерминированных, вероятностных или в условиях неопределенности.

Производительность машины, комплекта, комплекса машин – это показатель, определяющий количество продукции, которую они производят (разрабатывают, грузят, транспортируют,...) в м³, тоннах, штуках, тонно-километрах и т. д. в единицу времени (час, смену, месяц, год).

Различают три вида производительности: теоретическая (расчетная конструктивная); техническая (технологическая) и эксплуатационная (действительная, фактическая).

Теоретическая производительность – это производительность, которая определяется при однозначно заданных параметрах ее работы в режимах, близким к предельным. Она учитывает главным образом конструктивные свойства машины, комплекта: параметры рабочих органов, мощность двигателя, скорости движения рабочих органов, определенную схему работы и используется в основном для сравнения вариантов новых машин.

Часовая теоретическая производительность для машин циклического действия (грузоподъемных, погрузочно-разгрузочных, транспортных, землеройных и т. д.) в самом общем виде может быть представлена как

$$P_T = G(Q) \cdot n, \text{ т/ч (м}^3/\text{ч)},$$

где: $G(Q)$ – количество продукции, выдаваемой машиной за один цикл работы, т (м³);

n – число циклов работы (погрузок, разгрузок, перемещений,...) машины в течение часа. По существу это интенсивность работы машины.

Число циклов работы машины в течение часа определяется по формуле

$$n = \frac{3600}{t_{ц}},$$

где $t_{ц}$ – продолжительность цикла, с.

Часовая теоретическая производительность для многоковшовых экскаваторов (роторных, цепных) может быть определена по формуле

$$P_T = 60 \cdot q \cdot Z \cdot n_p,$$

где: q – вместимость ковша;

Z – число ковшей на роторе, цепи,...;

n_p – частота вращения ротора, цепи,... в минуту.

Часовая теоретическая производительность машин непрерывного транспорта может быть представлена так

$$P_T = 3600 \cdot F \cdot v, \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$P_T = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \gamma, \text{ т/ч},$$

где: F – расчетное поперечное сечение потока продукции, м²;

v – расчетная скорость движения потока продукции, м/с.

Техническая производительность – это производительность, рассчитанная для конкретных производственных условий, в которой учитываются все возможные технологические перерывы, время выполнения как основных, так и вспомогательных операций, а также специфика конкретного технологического процесса.

Эксплуатационная производительность – это фактическая производительность, учитывающая конструктивные свойства машины, технологические и организационные факторы (техническое обслуживание, перебазировка), условия строительства, параметры объекта, режим работы и др. Эта производительность используется для разработки проектов производства работ (ППР) и формирования оптимальных комплектов машин.

Часовая эксплуатационная производительность

$$P_{\text{э}} = P_T \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{в}}, \text{ м}^3/\text{ч (т/ч и т. д.)},$$

где: $K_{\text{п}}$ – коэффициент использования производительности или основного параметра ведущей машины, например грузоподъемности крана, вместимости ковша и т. д.;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент использования комплекта машин по времени за 1 ч.

Сменная эксплуатационная производительность комплекта машин

$$P_{\text{э,см}} = t_{\text{см}} \cdot P_T \cdot K_{\text{в,см}},$$

где: $t_{\text{см}}$ – время работы комплекта машин за смену, ч;

$K_{\text{в, см}}$ – коэф. использования комплекта машин по времени за смену.

Годовая эксплуатационная производительность комплекта машин

$$P_{\text{э,г}} = T_{\text{г}} \cdot P_T \cdot K_{\text{в,г}},$$

где: $T_{\text{г}}$ – время работы машины (комплекта машин) в течение года, ч.

$K_{\text{в, г}}$ – коэффициент использования комплекта машин по времени за год.

Коэффициенты $K_{\text{в}}$, $K_{\text{в, см}}$, $K_{\text{в, г}}$ могут быть определены на стадии проектирования методами теории массового обслуживания или имитационного моделирования.

Часовая эксплуатационная производительность погрузочно-транспортного комплекта машин с учетом вероятностных условий работы

$$P_{\text{э,ч}} = G \cdot \mu \cdot (1 - p_0) = G \cdot \mu \cdot K_{\text{исп}},$$

где: G – количество продукции, перевозимой транспортным средством за один рейс, ед. прод.;

μ – интенсивность обслуживания транспортных средств (требований), 1/ч (число обслуженных машин в единицу времени);

p_0 – вероятность простоя канала обслуживания (погрузочного средства);

$K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования канала обслуживания.

Интенсивность обслуживания или число обслуживаемых требований

$$\mu = 1/(t_{\text{п}} + t_1),$$

где: $t_{\text{п}}$ – время погрузки машины, ч;

t_1 – время, необходимое для смены транспортной машины, ч.

Время погрузки автосамосвала для комплекта машин экскаватор – автосамосвалы

$$t_{\text{п}} = [g \cdot K_{\text{г}} / (q \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{р}} \cdot \gamma)] \cdot t_{\text{р,ц}},$$

где: g – грузоподъемность транспортного средства, т;

$K_{\text{г}}$ – коэффициент использования грузоподъемности;

q – вместимость ковша экскаватора, м^3 ;

K_H – коэффициент наполнения ковша;

K_P – коэффициент разрыхления грунта;

γ – плотность грунта, $\text{т}/\text{м}^3$;

$t_{P, \Pi}$ – продолжительность рабочего цикла, ч.

Время погрузки для других комплектов

$$t_{\Pi} = n_{\Pi} \cdot t_{P, \Pi} = g \cdot K_G \cdot t_{P, \Pi} / g_{\Pi},$$

где: n_{Π} – число циклов погрузки в транспортное средство;

g_{Π} – масса груза, погружаемого за один рабочий цикл, т.

Интенсивность поступления требований (машин) на обслуживание – это число поступающих требований на обслуживание в течение часа, определяемое для транспортных средств по формуле

$$\lambda = \frac{1}{2l / V_{CP} + t_p + t_{\Pi}},$$

где: l – расстояние транспортирования продукции, км;

V_{CP} – средняя скорость транспортирования продукции с учетом холостого хода, км/ч;

t_p – время на разгрузку транспортного средства, ч.

Часто отношение λ к μ называют коэффициентом загрузки канала обслуживания (ведущей машины) и обозначают буквой ψ

$$\psi = \lambda / \mu.$$

Вероятность простоя ведущей машины (канала обслуживания) – P_0 зависит от закона поступления требований (транспортных средств) на обслуживание (погрузку) и от закона обслуживания.

Приведенные затраты – это затраты, которые учитывают одновременно себестоимость механизированных работ и капитальные вложения в средства механизации:

$$y_0 = C_0 + E_H \cdot K \cdot T_0 / T_G,$$

где: C_0 – себестоимость механизированных работ, выполняемых на конкретном объекте строительства, руб.;

E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $E_H = 0,15$;

K – капитальные вложения в средства механизации, руб.;

T_0 – время работы машины на объекте, ч;

Себестоимость механизированных работ

$$C_0 = K'_H \cdot \sum_{i=1}^n C_{M-ч}^i \cdot T_0 + K''_H \cdot S_{3, \Pi},$$

где: K'_H – коэффициент накладных расходов на затраты по эксплуатации строительных машин;

$C_{M-ч}^i$ – себестоимость 1 маш. – ч работы i -й машины комплекта, руб/ч;

K''_H – коэффициент накладных расходов на заработную плату;

$S_{3, \Pi}$ – заработная плата рабочих, участвующих в технологическом процессе, кроме рабочих, занятых непосредственно эксплуатацией

машин, заработная плата которых учитывается в себестоимости машино-часа, руб.

Себестоимость 1 маш. – ч

$$C_{M-ч} = E / T_o + \Gamma / T_{\Gamma} + C_{T.э},$$

где: E – единовременные затраты, включающие затраты на монтаж, демонтаж, погрузку, разгрузку и транспортировку машин, а также на возведение вспомогательных устройств, необходимых для нормальной работы машин, руб.;

Γ , $C_{T.э}$ – соответственно годовые и часовые текущие эксплуатационные затраты, руб.

Удельные приведенные затраты

$$y_{уд.} = K_n' \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{E}{V_0} + \frac{\Gamma}{V_{\Gamma}} + \frac{C_{T.э}}{P_{эч}} \right) + K_n'' \cdot S_{уд.з.п.},$$

где: V_0 – объем работ на объекте, ед. прод.;

V_{Γ} – годовой объем работ, выполняемый комплектом машин, ед. прод.;

$P_{эч}$ – эксплуатационная часовая производительность комплекта машин, ед. прод./ч;

$S_{уд.з.п.}$ – заработная плата рабочих, занятых на ручных операциях, исчисленная на единицу продукции, руб.

Единовременные затраты

$$E = d + e \cdot L,$$

где: d – затраты, не зависящие от дальности перебазирования машины (на монтаж, демонтаж, погрузку, разгрузку и т. п.), руб.;

e – затраты, приходящиеся на 1 км дальности перебазирования, рассчитываемые в зависимости от способа и средств переброски машин и комплектов, руб./км;

L – дальность перебазирования машины, км.

Себестоимость 1 маш. – ч транспортных средств

$$C_{M-ч}^{TP} = C_{TP}' + C_{TP}'' \cdot 2 \cdot l \cdot n,$$

где C_{TP}' – затраты, не зависящие от пробега на 1 маш. – ч, с учетом косвенных расходов, руб.;

C_{TP}'' – затраты на 1 км пробега с учетом косвенных расходов, руб./км;

l – дальность транспортирования продукции, км;

n – число ездов в течение 1 ч.

1.4. Годовой режим работы машины

Годовой режим работы машины – это распределение календарного времени на рабочее время и время перерывов по тем или иным причинам в течение года.

Годовой режим работы машин зависит от числа праздничных и выходных дней работы в году, метеорологических условий, организационных причин и многих других факторов.

Время работы машины в течение года можно определить из анализа баланса календарного времени года

$$365 = D_{пб} + D_M + D_O + D_P + D_{пб} + D_{от} + D,$$

где: 365 (366) – календарное время года, дн.;

$D_{пб}$ – число праздничных и выходных дней в году;

D_M – время простоя машины из-за метеорологических условий, дн.;

D_O – то же по организационным причинам, дн.;

D_P – время проведения плановых технических обслуживания и ремонтов, дн.;

$D_{пб}$ – время на перебазирование машины с объекта на объект в течение года, дн.;

$D_{от}$ – время на проведение неплановых технических обслуживания и ремонтов из-за случайных отказов, дн.;

D – время работы машины в году, дн.

Число праздничных и выходных дней в году принимается по календарю с учетом принятого в расчете режима работ по пятидневной или шестидневной рабочей неделе. Время простоя из-за метеорологических условий принимается на основе статистических данных или рассчитывается по данным гидрометеослужбы о среднем числе дней в году с неблагоприятными метеорологическими условиями.

Время простоя машины по непредвиденным организационным причинам принимается в размере 1,5...5% от всех календарных дней в году.

Время выполнения плановых технических обслуживаний и технических ремонтов

$$D_P = d_P \cdot T_G,$$

где d_P – время нахождения машины во всех видах технического обслуживания и ремонта, приходящиеся на 1 маш. – ч работы машины, дн/ч.

Время на перебазирование машины с объекта на объект в течение года

$$D_{пб} = n_{пб} \cdot d_{пб} = \frac{V_G}{V_O} \cdot d_{пб} = \frac{\Pi_{эч} \cdot T_G \cdot d_{пб}}{(\Pi_{эч} \cdot T_O)} = T_G \cdot d_{пб} / T_O,$$

где: $n_{пб}$ – число перебазировок машины в течение года;

$d_{пб}$ – продолжительность одной перебазировки машины, маш. – дн.;

V_G – годовой объем работ, выполняемый машиной, ед. прод.;

V_O – объем работ на объекте, ед. прод.;

$\Pi_{эч}$ – эксплуатационная часовая производительность машины, ед. прод./ч;

Время на проведение неплановых технических обслуживаний и ремонтов из-за случайных отказов в течение года

$$D_{от} = d_{yo} \cdot n_{от} = d_{yo} \cdot \lambda_{ср} \cdot T_G,$$

где: d_{yo} – среднее время устранения одного отказа, дн.;

$n_{от}$ – среднее число случайных отказов машины в течение года;

$\lambda_{ср}$ – средняя годовая интенсивность потока отказов машины, 1/ч.

Время работы машины в году

$$D = T_G / (K_{см} \cdot t_{см}),$$

где: $K_{см}$ – коэффициент сменности;

$t_{см}$ – средняя продолжительность одной смены, ч.

Подставляя развернутые выше выражения в первоначальную формулу календарного времени, получим

$$365 = D_{ПВ} + D_M + D_O + d_p \cdot T_{\Gamma} + d_{нб} \cdot T_{\Gamma} / T_O + d_{YO} \cdot \lambda_{CP} \cdot T_{\Gamma} + T_{\Gamma} / (K_{CM} \cdot t_{CM}).$$

Из последнего выражения можно определить *время работы машины в году*, маш. – ч:

$$T_{\Gamma} = \frac{365 - D_{ПВ} - D_M - D_O}{1 / (K_{CM} \cdot t_{CM}) + d_{нб} / T_O + d_p + d_{YO} \cdot \lambda_{CP}}.$$

1.5. Оценки уровня механизации строительства

Для оценки уровня механизации строительства используют различные показатели и коэффициенты табл. 1.2.

Таблица 1.2

Строительно-монтажный процесс	Приведенные затраты на выполнение процесса S, руб/ед. прод.	Экономия приведенных затрат ΔS, руб/ед. прод.	Коэффициент комплексной механизации K _м , %	Коэффициент комплексной механизации и автоматизации K _{маз} , %
Ручной	65	65–65 = 0	0	0
Частично механизированный	25	65–25 = 40	40/65·100 = 80	–
Комплексно-механизированный	15	65–15 = 50	50/65·100 = 100	–
Частично механизированный и автоматизированный	20	65–20 = 45	–	45·100/60 = 75
Комплексно-механизированный и частично автоматизированный	10	65–10 = 55	–	55·100/60 = 92
Комплексно-механизированный и автоматизированный	5	65–5 = 60	–	60·100/60 = 100

Коэффициент комплексной механизации, %

$$K_M = 100 \Delta S_{\text{чм}} / \Delta S_{\text{км}} = 100 (S_p - S_{\text{чм}}) / (S_p - S_{\text{км}}),$$

где: $\Delta S_{\text{чм}}$, $\Delta S_{\text{км}}$ – экономия приведенных затрат при выполнении работ, соответственно, частично механизированным и комплексно-механизированным способом;

S_p , $S_{\text{чм}}$, $S_{\text{км}}$ – приведенные затраты на выполнение работ соответственно при ручном способе, частичной и комплексной механизации.

$$S_p = S_{p1} + S_{p2} + \dots + S_{pi} + \dots + S_{pN} = \sum_{i=1}^N S_{pi},$$

$$S_{\text{чм}} = S_{\text{чм1}} + S_{\text{чм2}} + \dots + S_{\text{чми}} + \dots + S_{\text{чмN}} = \sum_{i=1}^N S_{\text{чми}},$$

$$S_{\text{км}} = S_{\text{км1}} + S_{\text{км2}} + \dots + S_{\text{кми}} + \dots + S_{\text{кмN}} = \sum_{i=1}^N S_{\text{кми}},$$

где: N – число операций в строительно-монтажном процессе;

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
1.1. Основные понятия	4
1.2. Классификация строительных машин	7
1.3. Техничко-экономические показатели работы машины	9
1.4. Годовой режим работы машины	13
1.5. Оценки уровня механизации строительства	15
1.6. Общие требования безопасности при эксплуатации и использовании строительных машин	18
Глава 2. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН	21
2.1. Структура и режимы работы машин	21
2.1.1. Назначение и устройство	21
2.1.2. Режимы работы машин	25
2.2. Расчет тягово-скоростных характеристик привода	26
2.2.1. Основные положения	26
2.2.2. Основы теории	26
2.2.3. Пример расчета	29
2.2.4. Расчет на компьютере	34
2.3. Динамический расчет механического привода	36
2.3.1. Назначение и устройство	36
2.3.2. Основы теории	36
2.3.3. Пример расчета	39
2.3.4. Расчет на компьютере	40
2.4. Расчет гидрообъемного привода	41
2.4.1. Назначение и устройство	41
2.4.2. Основы теории	43
2.4.3. Пример расчета	47
2.4.4. Расчет на компьютере	51
Глава 3. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ	54
3.1. Грузоподъемные механизмы	56
3.1.1. Назначение и устройство	56
3.1.2. Основы теории	57
3.1.3. Пример расчета	58
3.1.4. Расчет на компьютере	61
3.2. Башенные краны	63

3.2.1. Назначение и устройство	63
3.2.2. Основы теории	66
3.2.3. Пример расчета	72
3.2.4. Расчет на компьютере	76
3.3. Стреловые самоходные краны	80
3.3.1. Назначение и устройство	80
3.3.2. Основы теории	81
3.3.3. Пример расчета	85
3.3.4. Расчет на компьютере	88
3.4. Автокраны	90
3.4.1. Назначение и устройство	90
3.4.2. Основы теории	91
3.4.3. Пример расчета	94
3.4.4. Расчет на компьютере	96
3.4.5. Пример расчета	100
3.4.6. Расчет на компьютере	101
Глава 4. ТРАНСПОРТНЫЕ, ПОГРУЗОЧНЫЕ И ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ	103
4.1. Транспортные машины	103
4.1.1. Назначение и устройство	103
4.1.2. Основы теории	103
4.1.3. Пример расчета	109
4.1.4. Расчет на компьютере	121
4.2. Погрузочные машины	127
4.2.1. Назначение и устройство	127
4.2.2. Основы теории	129
4.2.3. Пример расчета	132
4.2.4. Расчет на компьютере	134
4.3. Ленточный конвейер	136
4.3.1. Назначение и устройство	136
4.3.2. Основы теории	140
4.3.3. Пример расчета	143
4.3.4. Расчет на компьютере	146
4.4. Винтовой конвейер	150
4.4.1. Назначение и устройство	150
4.4.2. Основы теории	153

4.4.3. Пример расчета	155
4.4.4. Расчет на компьютере	156
4.5. Ковшовый элеватор.....	157
4.5.1. Назначение и устройство	157
4.4.2. Основы теории	159
4.4.3. Пример расчета	162
4.4.4. Расчет на компьютере	164
4.6. Цепной конвейер	166
4.6.1. Назначение и устройство	166
4.6.2. Основы теории	167
4.6.3. Пример расчета	171
4.6.4. Расчет на компьютере	173
5. МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ	176
5.1. Одноковшовый экскаватор.....	176
5.1.1. Назначение и устройство	176
5.1.2. Основы теории	179
5.1.3. Пример расчета	181
5.1.4. Расчет на компьютере	183
5.2. Экскаваторы непрерывного действия	185
5.2.1. Назначение и устройство	185
5.2.2. Основы теории	190
5.2.3. Пример расчета	191
5.2.4. Расчет на компьютере	192
5.3. Бульдозер	193
5.3.1. Назначение и устройство	193
5.3.2. Основы теории	195
5.3.3. Пример расчета	199
5.4. Скрепер.....	205
5.4.1. Назначение и устройство	205
5.4.2. Основы теории	207
5.4.3. Пример расчета	210
5.4.4. Расчет на компьютере	213
5.5. Автогрейдер	216
5.5.1. Назначение и устройство	216
5.5.2. Основы теории	218
5.5.3. Пример расчета	220

5.5.4. Расчет на компьютере	225
5.6. Машины для бестраншейной прокладки труб	229
5.6.1. Назначение и устройство	229
5.6.2. Основы теории	231
5.6.3. Пример расчета	234
5.6.4. Расчет на компьютере	235
Глава 6. МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ.....	237
6.1. Катки.....	237
6.1.1. Назначение и устройство	237
6.1.2. Основы теории	239
6.2. Трамбовки	240
6.2.1. Назначение и устройство	240
6.2.2. Основы теории	240
6.2.3. Пример расчета	240
6.2.4. Расчет на компьютере	244
6.3. Виброплиты	246
6.3.1. Назначение и устройство	246
6.3.2. Основы теории	247
6.3.3. Пример расчета	247
6.3.4. Расчет на компьютере	251
Глава 7. МАШИНЫ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ	254
7.1. Сваебойные молоты	254
7.1.1. Назначение и устройство	254
7.1.2. Основы теории	257
7.1.3. Пример расчета	261
7.1.4. Расчет на компьютере	264
7.2. Вибропогружатели	266
7.2.1. Назначение и устройство	266
7.2.2. Основы теории	267
7.2.3. Пример расчета	269
7.2.4. Расчет на компьютере	270
Глава 8. МАШИНЫ ДЛЯ БЕТОННЫХ РАБОТ	271
8.1. Смесители	271
8.1.1. Назначение и устройство	271
8.1.2. Основы теории	273
8.1.3. Пример расчета	275

Глава 9. ОПТИМАЛЬНОЕ КОМПЛЕКТОВАНИЕ МАШИН	284
9.1. Оптимальное комплектование машин в условиях полной определенности	285
9.1.1. Постановка задачи	285
9.1.2. Основы теории	286
9.1.3. Пример расчета	287
9.1.4. Расчет на компьютере	293
9.2. Определение параметров функционирования одноканального комплекта машин	295
9.2.1. Постановка задачи	295
9.2.2. Основы теории	296
9.2.3. Пример расчета	300
9.2.4. Расчет на компьютере	302
9.3. Оптимизация структуры одноканального комплекта машин	304
9.3.1. Постановка задачи	304
9.3.2. Основы теории	304
9.3.3. Пример расчета	307
9.3.4. Расчет на компьютере	310
9.4. Оптимальное комплектование одноковшового экскаватора транспортом	312
9.4.1. Постановка задачи	312
9.4.2. Основы теории	312
9.4.3. Пример расчета	318
9.4.4. Расчет на компьютере	319
Список литературы	322

Учебник

Евгений Михайлович **Кудрявцев**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Компьютерная верстка: *Д.А. Матвеев*
Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Подписано к печати 20.06.12.
Формат 60x90/16. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. 20,5 п. л. Заказ № . Тираж 500 экз.

ООО «Издательство АСВ», 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26,
отдел реализации к. 511, тел., факс: (499)183-56-83;
e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>