

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

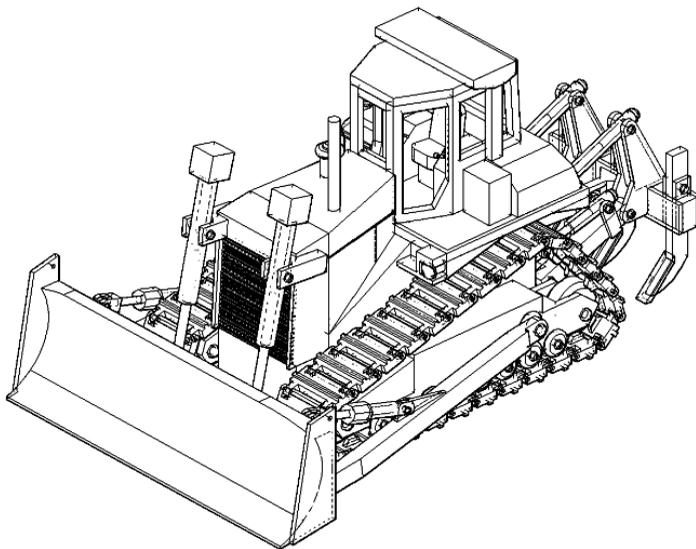
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра транспортно-технологических машин и оборудования**

**В. А. ДОВГЯЛО, Д. С. ПУПАЧЁВ**

# **ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ**

**Учебно-методическое пособие**



**Гомель 2021**

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра транспортно-технологических машин и оборудования

В. А. ДОВГЯЛО, Д. С. ПУПАЧЁВ

# ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области транспорта и транспортной деятельности  
для обучающихся по специальности 1-37 02 03 «Техническая эксплуатация  
погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин  
и оборудования» в качестве учебно-методического пособия*

Гомель 2021

УДК 625.08(075.8)  
ББК 39.311-06-5  
Д58

Рецензенты: заведующий отделом «Композиционные материалы и рециклинг полимеров» д-р техн. наук, профессор *В. М. Шаповалов* (ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси»); кафедра сельскохозяйственных машин Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого (зав. кафедрой – канд. техн. наук, доцент *В. Б. Попов*)

**Довгяло, В. А.**

Д58 Дорожные машины : учеб.-метод. пособие / В. А. Довгяло, Д. С. Пупачёв ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 78 с.  
ISBN 978-985-891-030-3

Рассматриваются вопросы проектирования дорожно-строительной техники в рамках курсового проекта по дисциплине «Дорожные машины». Излагаются общие требования к составу и объему курсового проекта, рекомендации по его содержанию и последовательности расчета. Представлены необходимые справочные и нормативные материалы, на основании которых осуществляется расчет основных показателей проектируемой техники, показаны особенности расчетной части проекта. Приведены сведения по оформлению текстовой и графической части в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Предназначено для студентов специальности 1-37 02 03 «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования».

**УДК 625.08(075.8)**  
**ББК 39.311-06-5**

**ISBN 978-985-891-030-3**

© Довгяло В. А., Пупачёв Д. С., 2021  
© Оформление. БелГУТ, 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Цели и задачи курсового проекта .....	5
2 Структура и содержание курсового проекта.....	7
2.1 Общие сведения .....	7
2.2 Содержание пояснительной записки .....	7
2.2.1 Титульные листы .....	7
2.2.2 Бланк задания .....	8
2.2.3 Содержание .....	9
2.2.4 Введение .....	9
2.2.5 Анализ научно-технической и патентной литературы .....	10
2.2.6 Расчет основных параметров .....	11
2.2.7 Расчеты на прочность основных узлов и деталей машин.....	21
2.2.8 Ресурсосбережение, метрология и стандартизация .....	23
2.2.9 Требования безопасности к конструкции и эксплуатации разрабо- танной машины.....	27
2.2.10 Заключение .....	28
2.2.11 Список использованных источников .....	28
2.2.12 Приложения.....	28
2.3 Содержание графической части.....	29
3 Оформление курсового проекта .....	30
3.1 Оформление расчетно-пояснительной записки .....	30
3.2 Оформление графической части .....	37
4 Этапы выполнения курсового проекта .....	43
5 Защита курсового проекта .....	44
6 Основные виды расчетов для разрабатываемых машин .....	46
Список использованной и рекомендуемой литературы .....	61
Приложение А. Пример оформления титульного листа курсового проекта .....	67
Приложение Б. Пример оформления титульного листа пояснительной записки .....	68
Приложение В. Пример бланка задания на выполнение курсового проекта .....	69
Приложение Г. Пример оформления листа содержания .....	70
Приложение Д. Пример оформления чертежа общего вида .....	71
Приложение Е. Пример оформления сборочного чертежа .....	72
Приложение Ж. Пример оформления листа спецификации .....	73
Приложение И. Пример оформления листа с гидросхемой.....	74
Приложение К. Рабочая программа по дисциплине «Дорожные машины» .....	75

## ВВЕДЕНИЕ

---

В последнее время существенно возросла значимость Республики Беларусь в роли транзитного коридора, соединяющего государства Европы и Азии. Важнейшим инфраструктурным носителем транзитного потенциала нашей страны выступает транспортная сеть, представленная, в первую очередь, автомобильными дорогами. При этом для привлечения новых транзитных потоков, сокращения времени пребывания в пути грузов и пассажиров, повышения комфортности и обеспечения безопасности движения возникает существенная необходимость в строительстве новых и реконструкции уже имеющихся дорог, а также поддержании их в надлежащем состоянии.

Для достижения отмеченных показателей требуется применение в дорожном строительстве инновационных технологий, методик и материалов. Это осуществимо только при условии внедрения и использования современной дорожной и строительной техники, имеющей рабочие характеристики, позволяющие выполнять комплексную механизацию и автоматизацию предписанных ей работ с максимальным качеством, скоростью и технологичностью. Как следствие, это подразумевает наличие и соответствующих специалистов, способных спроектировать перспективные и модернизировать имеющиеся дорожные машины с учетом последних достижений научно-технического прогресса в области транспортного машиностроения.

Поэтому студенты специальности 1-37 02 03 «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования» в рамках финального этапа изучения дисциплины «Дорожные машины» выполняют курсовой проект. Он направлен на закрепление и углубление теоретических знаний, их грамотное и творческое применение в решении практических задач, выработке и освоении навыков расчета, проектирования и конструирования дорожных машин, умения пользоваться специальной (патентной, справочной) и научно-технической литературой.

В пособии отражены основные вопросы, определяющие цели и задачи курсового проектирования, объем, содержание и оформление пояснительной записки и графической части проекта, алгоритмы выполнения курсового проекта для различных типов машин, применяемых в дорожном строительстве.

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

---

Курсовое проектирование по дисциплине «Дорожные машины» является самостоятельной работой студента и имеет целью формирование опыта для комплексного решения конкретных задач на основе применения современных методов расчета, а также экспериментальных исследований, направленных на разработку или модернизацию дорожно-строительной техники в рамках методик реального проектирования.

При выполнении курсового проекта студент использует знания, полученные при изучении физико-математических, инженерных и специальных дисциплин, а также материалы лабораторных и практических занятий по дисциплине «Дорожные машины».

В процессе работы над проектом студент должен закрепить и практически применить знания по техническому черчению в соответствии с требованиями *Единой системы конструкторской документации* (ЕСКД), по методам составления расчетных схем, выполнению расчетов и выбору основных конструктивных материалов; изучить основы проектирования, конструирования и компоновки узлов машин для дорожно-строительных работ.

При проектировании важное место отводится изучению исходных данных модернизируемого оборудования, использованию основных тенденций совершенствования конструкций и выбору оптимальных параметров, анализу опыта создания аналогичных машин, их достоинств и недостатков при применении в строительстве или реконструкции автомобильных дорог.

Курсовой проект по дисциплине «Дорожные машины» ориентирован на применение современной вычислительной техники, программных пакетов и графических систем для 2D- и 3D-проектирования, он максимально приближен к конструкторской части дипломного проекта. Опыт, полученный при курсовом проектировании, значительно облегчит работу студента над дипломным проектом.

В процессе выполнения курсового проекта у студента должны развиться навыки самостоятельной работы с научной, учебной, справочной и нормативной литературой, с материалами периодических изданий; умение анализировать полученную информацию и использовать в своей работе над проектом. Кроме того, студент должен обращать особое внимание на технико-экономическое значение проектируемого объекта. Он должен рассматривать машину как средство механизации дорожно-строительных работ, дающее экономический эффект.

Немаловажной частью курсового проекта является освещение студентом актуальных на сегодняшний день вопросов ресурсосбережения, охраны труда и окружающей среды.

На курсовое проектирование выносятся темы, связанные с модернизацией дорожных машин: для земляных работ, включая машины для подготовительных работ; землеройно-транспортные и землеройные; для уплотнения грунтов и оснований, а также для устройства дорожных покрытий, содержания и ремонта автомобильных дорог.

Каждый проект является оригинальным и носит индивидуальный характер, однако по объему и содержанию основных разделов он должен соответствовать действующим методическим требованиям и типу выполняемых курсовых проектов.

Темой курсового проекта может быть модернизация рабочего оборудования машин, включая привод и конструкцию рабочих органов, приводов и конструкций основных механизмов, узлов передаточных механизмов, а также элементов системы управления, включая гидравлическую, механическую, пневматическую и др. Модернизация должна быть направлена на расширение технологических возможностей машин, снижение энергопотребления, повышение работоспособности при снижении ее удельных показателей материало- и энергоемкости.

Дорожные машины представляют собой комплексные машинные устройства, оборудованные рабочими органами, механизмами и снабженные системами их управления. Основные механизмы и элементы дорожных машин:

1) рабочее оборудование, которое выполняет непосредственно технологическую операцию;

2) силовое оборудование (двигатель), приводящее в движение механизмы машины;

3) базовое и ходовое оборудование, которое объединяет все элементы машины (рама), передвигает ее и передает давление на опорную поверхность;

4) передаточные механизмы (трансмиссии), передающие энергию двигателя рабочему и ходовому оборудованию;

5) система управления, служащая для управления и регулирования работы отдельных механизмов машины и ее двигателя.

Как правило, практически любая достаточно сложная инженерная задача, в том числе и задача модернизации дорожных машин, имеет несколько вариантов ее решения. И выбор варианта решения, а также метода расчета зависят не только от уровня подготовленности и объема знаний, накопленных студентом, но и от умения работать с литературой – патентной, справочной и научно-технической, включая периодические издания сборников и журналов.

## 2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

---

### 2.1 Общие сведения

Курсовой проект, представляющий собой комплект аналитических и конструкторских документов, включает в себя *расчетно-пояснительную записку*, объем которой составляет 35–40 листов, и *графическую часть* (3 листа чертежей формата А1).

Объем, состав пояснительной записки и графических документов окончательно уточняет руководитель курсового проекта.

**Расчетно-пояснительная записка** должна включать следующие *основные структурные элементы (разделы)*, расположенные в приведенной ниже последовательности:

- титульный лист;
- задание по курсовому проектированию;
- содержание;
- введение;
- анализ патентной и научно-технической литературы;
- расчеты основных параметров проектируемой машины;
- расчеты на прочность основных узлов и деталей машины;
- ресурсосбережение и экологическая безопасность;
- метрология и стандартизация;
- требования безопасности к конструкции и эксплуатации разработанной машины;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (при необходимости).

**Графическая часть** курсового проекта включает *чертеж общего вида* модифицированной машины (1 лист формата А1), *сборочный чертеж* модернизируемой конструкции, в частности, рабочего органа или рабочего оборудования (1 лист формата А1), а также *схему* (гидравлическую, кинематическую и т. д.) привода или системы управления машины (1 лист формата А1).

### 2.2 Содержание пояснительной записки

#### 2.2.1 Титульные листы

**Титульный лист** – это первая страница самостоятельной проектно-конструкторской работы. Он необходим для быстрой идентификации курсового проекта и содержит основные входные данные.

В состав курсового проекта входят *два титульных листа*. Первый озаглавливает проект в целом, второй – относится к расчетно-пояснительной записке. Титульные листы оформляют в соответствии с формами, представленными в приложениях А и Б.

На *первом титульном листе* указываются:

- наименование министерства принадлежности вуза;
- наименование учебного заведения (полное название);
- наименование кафедры;
- наименование работы (курсовой проект);
- наименование дисциплины;
- тема курсового проекта;
- научный руководитель;
- сведения о преподавателе, проверяющем проект;
- сведения о студенте, выполнившем проект;
- место и год выполнения.

На *втором титульном листе* отмечают вид представляемой работы (расчетно-пояснительная записка), но не указывают тему, сведения о научном руководителе и проверяющем преподавателе.

Как показано в формах, на титульных листах записывают полное наименование вуза и кафедры. В сведения о научном руководителе и проверяющем преподавателе заносят их ученую степень, ученое звание либо должность и Ф.И.О. Сокращения, принятые при записи ученой степени и ученого звания, следующие:

- ученая степень «доктор технических наук» – «д-р техн. наук»;
- ученая степень «кандидат технических наук» – «канд. техн. наук»;
- ученая степень «магистр технических наук» – «магистр техн. наук».

Наименования должности и ученых званий «профессор», «доцент», «старший преподаватель» при записи на титульном листе не сокращают.

В сведениях о студенте, выполнившем проект, указываются номер группы и Ф.И.О. Для студентов заочного факультета также записывается учебный шифр.

### **2.2.2 Бланк задания**

Курсовой проект выполняется в соответствии с выданным **заданием**. Задание на курсовой проект устанавливает границы и глубину разработки темы, а также сроки предоставления работы на проверку в завершённом виде и сроки защиты.

Задание составляет руководитель на *типовом бланке* (приложение В) и подписывают руководитель и студент. Форму задания заполняют рукописным или машинописным способом и прилагают к пояснительной записке.

Задание на проектирование, выдаваемое студенту, содержит:

- *тему проекта*;

– *исходные данные*, включающие сведения о типе дорожной машины и условиях ее эксплуатации, а также ряд ее основных параметров, необходимых для выполнения расчета агрегатов и узлов машины;

– *сведения о содержании расчетно-пояснительной записки*, включающие дополнительные вопросы научно-исследовательского характера (патентный и литературный анализ, поиск оптимизационных методов расчета и т. п.), рекомендуемую литературу и другие информационные источники;

– *перечень графического материала*;

– *график выполнения работы*;

– *сведения о научном руководителе и дате выдачи задания*.

### **2.2.3 Содержание**

**Содержание** представляет собой план курсового проекта, в котором отражены его основные элементы и их изложение в логической последовательности. Оно включает введение, наименование всех разделов, подразделов и пунктов, заключение, список использованных источников и наименования приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются перечисленные части пояснительной записки курсового проекта.

Содержание, как план курсового проекта, должно обеспечивать объективное представление о работе и полноте раскрытия предложенной темы. Как следствие, названия разделов и подразделов необходимо четко формулировать с учетом их наполнения, а также правильно использовать нумерацию.

Оптимальным вариантом является создание *автоматического содержания* путем использования функции «Оглавление» в текстовом редакторе *Microsoft Word*.

Образец оформления содержания приведен в приложении Г.

### **2.2.4 Введение**

**Введение** – обязательный структурный элемент курсового проекта.

Во введении следует дать общую характеристику подгруппы дорожных машин, к которой принадлежит разрабатываемая или модернизируемая машина, ее назначение и области наиболее эффективного применения, основные классификационные признаки и конструктивные особенности. Здесь же следует отметить наиболее значительные достижения машиностроения в этой области, а также их роль в совершенствовании технологии дорожного строительства.

На основании представленной информации обосновывается *актуальность выбранной темы*, ее важность и формулируется *цель курсового проекта*. Далее следует краткое изложение содержания разделов пояснительной записки с обязательным указанием *задач*, решению которых они посвящены.

*Актуальность* – значимость темы, характеризующаяся необходимостью научного и прикладного изучения в настоящее время.

*Проблематика* – совокупность сведений о предыдущих разработках в данной области, их итогах и оставшихся неразрешенными или неосвещенными аспектах.

*Цели и задачи* – это ожидаемый результат и пути его получения.

Объем введения не должен превышать двух страниц.

### **2.2.5 Анализ научно-технической и патентной литературы**

В разделе «**Анализ научно-технической и патентной литературы**» осуществляется аналитический обзор современной научно-технической и патентной информации по теме, рассматриваемой в курсовом проекте (патентные исследования).

В общем случае *патентные исследования* представляют собой совокупность операций по научно обоснованному поиску, отбору и анализу описаний отечественных и зарубежных изобретений, а также других патентных и научно-технических сведений. Их основной *целью* является выявление наиболее эффективных технических решений и их использование для модернизации машины. При этом в процессе поиска определяются уже имеющиеся пути решения существующей задачи и перспективы разработки темы.

Для выполнения данного раздела студенту необходимо произвести сравнительный анализ существующих конструкций машин и их рабочих органов, ознакомиться с предпочтительными вариантами технических решений конструкций машин и их механизмов, представленными в литературных источниках. К ним относятся:

– *русскоязычные и иностранные научно-технические и научно-практические журналы*, такие как «Строительные и дорожные машины», «Прогресс технологий», «Основные средства» «Construction Equipment», «Equipment World» и др.;

– *бюллетени* «Открытия, изобретения СССР» (издавался до 1992 года), «Изобретения Российской Федерации» (издается с 1993 года), «Изобретения Республики Беларусь» (издается с 1994 года);

– *патентные базы* Google Patent, Patentscope, Espacenet, USPTO, EАРО, ФИПС, и др.

При работе с патентными базами *поиск* рекомендуется проводить в следующем порядке:

– определяется предмет поиска (определение ключевых слов);

– определяются основные и смежные классификационные рубрики международной патентной классификации (МПК);

– выбирается страна поиска по данному вопросу;

– определяется глубина поиска.

Различают следующие виды патентного поиска:

– *тематический* – наиболее распространенный – получение информации по конкретному техническому решению или технологии;

– *именной* или *фирменный* – рассмотрение всех патентов, принадлежащих конкретному лицу или компании; может являться предварительным или дополнительным этапом тематического поиска для определения классификационных рубрик по теме поиска;

– *нумерационный* – поиск по определенному номеру охранного документа (заявки или патента).

Поиск можно также проводить и по *ключевым словам*, содержащимся в названии патента. В наиболее простом случае в качестве ключевых слов можно использовать *фрагменты темы* курсового проекта.

В зависимости от предмета поиска, времени появления технического объекта, степени его развития, возможностей патентного фонда определяется глубина поиска. При использовании электронных баз данных *патентный поиск целесообразно осуществлять за последние 15 лет*.

В итоге анализ должен базироваться на обзоре современных конструкций отечественных и зарубежных машин и включать *не менее 5 патентов, полезных моделей или авторских свидетельств на изобретения*. При этом два новых технических решения (*по согласованию с преподавателем*) должны быть внедрены в конструкции разрабатываемой машины (привода, рабочих органов или других исполнительных механизмов) для повышения работоспособности ее узлов и агрегатов, эргономичности и экологичности, увеличения производительности, снижения материало- и энергоемкости.

На основании проведенного анализа научно-технической литературы студентом в тексте пояснительной записки аргументировано доказывается необходимость внесения принятых конструктивных изменений. Оценивается предполагаемое соответствие параметров проектируемой машины лучшим мировым образцам, и обосновываются перспективы дальнейшего совершенствования конструкции.

Результатом систематизации и анализа литературных данных является *выбор схемы (базового прототипа) машины и конструкции ее рабочих органов*, способных обеспечить при низкой материало- и энергоемкости высокую производительность.

Стоит учесть, что в приложении пояснительной записки должны быть представлены в полном объеме описание патентов, полезных моделей или авторских свидетельств, используемых в курсовом проекте.

### **2.2.6 Расчет основных параметров**

Раздел по **расчетам основных параметров проектируемой машины** должен включать следующие пункты.

1 Выбор и описание изменений, вносимых в конструкцию машины на базе нового технического решения (по патенту или полезной модели).

2 Определение характеристик машины и ее основных агрегатов и узлов, включая рабочее оборудование (в том числе – массы и габаритов машины, линейных и массовых характеристик ее узлов).

3 Оценка силового взаимодействия рабочих органов с разрабатываемой средой (грунтом, дорожно-строительным материалом и др.).

4 Тяговый расчет.

5 Баланс мощности.

6 Определение параметров привода управления модернизированной машины, в частности гидропривода, включающего гидрообъемный (гидронасос и гидромотор или гидроцилиндр) или гидродинамический (гидромуфта или гидротрансформатор) компонент.

Этот раздел следует начинать с описания *принципиальной схемы машины* и изменений, которые внесены в конструкцию ее узлов, агрегатов и механизмов.

В задании на проектирование, как правило, указывают главный параметр машины, ее технологическое назначение и дополнительные условия. При выборе и обосновании основных параметров следует произвести необходимые расчеты и подобрать массу, рабочие и габаритные размеры машины, а также ее основных узлов; тип и размеры рабочего оборудования; тип и характеристики ходового оборудования; тип и параметры системы управления.

Предварительную оценку характеристик модернизируемой машины целесообразно начинать с выбора машины-аналога, наиболее близкой к проектируемой машине по условию задания и анализа ее характеристик. Большинство основных параметров можно определить путем корректировки характеристик машины-аналога, пользуясь *методом подобия (аналогий)*. Его сущность состоит в том, что при конструктивно-кинематическом и технологическом подобии двух машин одинакового назначения (в частности, проектируемой машины и аналога) их параметры (линейные  $L_{пр}$  и  $L_{ан}$ , массовые  $m_{пр}$  и  $m_{ан}$ , мощностные  $N_{пр}$  и  $N_{ан}$ , объемные  $g_{пр}$  и  $g_{ан}$  и др.) связаны следующими простыми соотношениями:

$$\frac{L_{пр}}{L_{ан}} \approx \sqrt[3]{\frac{m_{пр}}{m_{ан}}} \approx \sqrt[3]{\frac{N_{пр}}{N_{ан}}} \approx \sqrt[3]{\frac{g_{пр}}{g_{ан}}}.$$

На основании этих соотношений можно получить формулы, имеющие вид

$$L_{пр} = L_{ан} \sqrt[3]{\frac{m_{ан}}{m_{пр}}} = K_{\Pi} L_{ан},$$

где  $K_{\Pi} = \sqrt[3]{\frac{m_{ан}}{m_{пр}}}$  – коэффициент пропорциональности.

При этом следует учитывать необходимость совершенствования разрабатываемой машины в сопоставлении с аналогом, прежде всего, *в направлении снижения ее материалоемкости и энергоемкости*.

Кроме того, основные параметры машины, как правило, связаны между собой достаточно простыми эмпирическими зависимостями. Ими можно пользоваться с обязательным сопоставлением полученных значений параметров с характеристиками машины-аналога.

Разрабатываемая машина должна иметь один двигатель, а каждый исполнительный механизм должен иметь с ним самостоятельную связь и независимо подключаться к постоянно работающему двигателю.

При этом, следуя современным тенденциям конструирования, желательно машины, имеющие механический привод (в т. ч. и рабочих органов), переоборудовать приводом гидравлическим, электрическим или комбинированным.

В *расчетах исполнительных механизмов* сначала выбирают привод управления механизмом, составляют его схему и вычерчивают (в масштабе) механизм и привод его управления в необходимых расчетных положениях, затем определяют усилия и выбирают скорости движения механизма. После этого определяют основные характеристики привода и уточняют его состав.

*Баланс мощности* составляют исходя из основных затрат энергии на исполнительных механизмах, работающих одновременно. Как правило, предварительный расчет осуществляют по оценке мощности, затрачиваемой основными рабочими органами при одновременной эксплуатации дополнительных и вспомогательных механизмов. Далее проводят проверку выбранной мощности при работе других исполнительных механизмов с тем, чтобы предварительно подобранная мощность могла обеспечить надежную работу этих механизмов при требуемых скоростях.

*Тяговый расчет* выполняют для определения тягового усилия, необходимого и достаточного для преодоления сопротивлений, возникающих при работе машины.

В общем виде *уравнение тягового баланса* выглядит следующим образом:

$$\sum P_{\text{сц}} \geq \sum P_0 \geq \sum W,$$

где  $\sum P_{\text{сц}}$  – суммарная сила сцепления приводных колес или гусениц с опорной поверхностью (суммарная окружная сила всех движителей по условиям сцепления);

$\sum P_0$  – суммарная окружная сила всех движителей (приводных колес, гусениц);

$\sum W$  – сумма всех сил сопротивления движению машины.

Движение машины обеспечивает передаваемая двигателем и приложенная к ведущим колесам (или гусеницам) *максимальная окружная (касательная) сила*  $P_0$ , которая зависит от величины крутящего момента  $M_k$ , подводимого к колесам (гусеницам) от двигателя,

$$P_0 = \frac{M_k}{r_k},$$

где  $r_k$  – радиус качения шины или радиус начальной окружности ведущей звездочки гусеничного оборудования.

В свою очередь величина крутящего момента на колесе

$$M_k = M_d \frac{u\eta}{n_{\text{вед}}} = \frac{N_d}{\omega_d} \frac{u\eta}{n_{\text{вед}}},$$

где  $M_d$  – крутящий момент на валу двигателя;

$u$  – общее передаточное число ходовой трансмиссии от двигателя к движителю;

$\eta$  – КПД ходовой трансмиссии;

$N_d$  – мощность двигателя;

$n_{\text{вед}}$  – число приводных (ведущих) колес;

$\omega_d$  – угловая скорость на валу двигателя.

Усилия, передаваемые от двигателя ведущим колесам или гусеницам машины, можно реализовать лишь при условии, что между движителем и опорной поверхностью будет реализовано достаточно хорошее сцепление, т. е. будет выполняться условие  $\sum P_{\text{сц}} \geq \sum P_o$ . Оно зависит от многих факторов, включая свойства и состояние поверхности грунта, тип и состояние движителя. Сцепные характеристики колесного и гусеничного движителей оцениваются коэффициентом сцепления  $\varphi_{\text{сц}}$ . При этом для практических расчетов силу сцепления  $\sum P_{\text{сц}}$  можно найти из выражения

$$\sum P_{\text{сц}} = \varphi_{\text{сц}} G_{\text{сц}},$$

где  $G_{\text{сц}}$  – сцепная сила тяжести, т. е. нагрузка, приходящаяся на ведущие колеса или гусеницы машины:

– для гусеничных движителей

$$G_{\text{сц}} = G;$$

– для колесных движителей

$$G_{\text{сц}} = \frac{n_{\text{вед}}}{n} G;$$

$G$  – сила тяжести машины;

$n_{\text{вед}}$  – число ведущих колес;

$n$  – общее число колес.

Таким образом, движитель развивает окружную силу, величина которой определяется крутящим моментом (мощностью) двигателя, передаточным числом, КПД трансмиссии и ограничивается сцеплением движителя с опорной поверхностью.

Окружная сила  $\sum P_o$  расходуется на обеспечение рабочих усилий и преодоление других сил сопротивления движению машины. Рабочие сопротивления, связанные с взаимодействием рабочего органа с разрабатываемой средой (грунтом, дорожно-строительным материалом), вносят определяющий вклад в  $\sum W$ . Для каждого типа машин они складываются из нескольких составляющих, значимость которых зависит от назначения

машины и конструкции ее рабочих органов, а также от технологии производства земляных, дорожных и других работ.

В общем виде, помимо рабочих сопротивлений  $W_p$ , машина преодолевает сопротивления собственному передвижению и подъему  $W_{пер}$ , инерционных нагрузок  $W_i$ , повороту  $W_{пов}$ , ветровым нагрузкам  $W_B$  и др.:

$$\sum W = W_p + W_{пер} + W_i + W_{пов} + W_B.$$

*Сопротивление передвижению*

$$W_{пер} = (f + i)G,$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления передвижению;

$i$  – уклон пути.

Значения коэффициентов сопротивления передвижению  $f$  и сцепления  $\varphi_{сц}$  представлены в таблице 2.1.

*Сопротивление сил инерции  $W_i$  находят из второго закона Ньютона:*

$$W_i = \frac{G}{g} \delta_{вр} \frac{v}{t_p},$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;

$\delta_{вр}$  – коэффициент, учитывающий вращающиеся массы машины;

$v$  – скорость машины в конце разгона;

$t_p$  – время разгона до скорости  $v$ .

*Сопротивление повороту  $W_{пов}$  можно учесть через коэффициент, связывающий эти силы с сопротивлением передвижению машины*

$$W_{пов} = K_{пов} W_{пер},$$

где  $K_{пов}$  – коэффициент пропорциональности; для гусеничного движителя – 0,4–0,7, колесного – 0,25–0,50.

Как правило, сопротивлением повороту при движении по твердым основаниям пренебрегают.

**Таблица 2.1 – Коэффициенты сцепления  $\varphi_{сц}$  и сопротивления движению  $f$**

Тип и состояние дорожного покрытия	Гусеничные тракторы		Колесные тракторы		Автомобили	
	$\varphi_{сц}$	$f$	$\varphi_{сц}$	$f$	$\varphi_{сц}$	$f$
Асфальтированное:						
- сухое	0,8	0,03–0,05	0,8–0,9	0,014–0,018	0,8–0,85	0,012–0,02
- мокрое	0,8	0,03–0,06	0,7–0,8	0,018–0,022	0,6–0,75	0,015–0,025
Гравийно-щебеночное	–	–	0,8	0,02–0,025	0,5–0,65	0,035–0,06
Сухое грунтовое	0,8–1,0	0,06–0,07	0,6–0,9	0,025–0,035	0,5–0,7	0,03–0,05
Снежное укатанное	0,6–0,8	0,06–0,07	0,3	0,03–0,05	0,2–0,5	0,04–0,10
Заснеженное	0,2–0,6	0,09–0,25	0,2–0,4	0,24–0,28	0,15–0,25	0,2–0,3
Обледенелое	–	–	–	–	0,08–0,2	0,015–0,05

*Сопротивление, связанное с ветровой нагрузкой,*

$$W_{\text{в}} = p_{\text{в}} S,$$

где  $p_{\text{в}}$  – наибольшее допускаемое давление ветра,  $p_{\text{в}} \leq 500$  Па;

$S$  – расчетная площадь парусности, т. е. площадь проекции машины на плоскость, нормальную к направлению ветра или передвижению машины.

Как отмечалось, набор наиболее значимых составляющих общей силы сопротивления зависит от назначения машины, технологии разработки среды и других параметров.

Для землеройно-транспортных машин следует учитывать силы сопротивления передвижению машины  $W_{\text{пер}}$ , грунта резанию  $W_{\text{рез}}$ , перемещению призмы волочения грунта  $W_{\text{пр}}$  и обусловленное конструкцией рабочего органа сопротивление  $W_{\text{ор}}$ :

$$\sum W = W_{\text{пер}} + W_{\text{рез}} + W_{\text{пр}} + W_{\text{ор}}.$$

*Сопротивление грунта резанию*

$$W_{\text{рез}} = K_{\text{р}} B h,$$

где  $K_{\text{р}}$  – коэффициент удельного сопротивления грунта резанию;

$B$  – ширина рабочего органа;

$h$  – толщина слоя срезаемого грунта.

*Сопротивление перемещению призмы волочения грунта*

$$W_{\text{пр}} = f_2 G_{\text{пр}},$$

где  $f_2$  – коэффициент трения грунта по грунту;

$G_{\text{пр}}$  – сила тяжести грунта в призме волочения.

В свою очередь  $W_{\text{ор}}$  зависит от вида рабочего органа. Для отвального рабочего органа (бульдозера и автогрейдера)  $W_{\text{ор}}$  характеризует силу сопротивления перемещению грунта по отвалу. Для ковшового органа скрепера  $W_{\text{ор}}$  определяется силой сопротивления наполнению ковша.

Наряду с проверочными функциями уравнение тягового баланса позволяет оценить технологические возможности машины. В частности, для бульдозеров выявляют максимальную и минимальную толщины срезаемого слоя грунта с учетом тяговых характеристик базового трактора, которые проверяют на начальной и конечной стадиях заполнения отвала.

Для скреперов в ходе тяговых расчетов определяют силу тяги или мощность силовой установки для преодоления рабочих и транспортных сопротивлений, а также осуществляют подбор толкача, если это необходимо. Для

самоходных скреперов со свободной загрузкой грунта уравнение тягового баланса, как правило, принимает следующий вид:

$$P_0 + K_0 T_{\text{тол}} \geq \Sigma W,$$

где  $P_0$  – максимальная окружная сила на ведущих колесах скрепера;

$K_0$  – коэффициент одновременности работы тягача скрепера и толкача (бульдозера),  $K_0 = 0,85 \dots 0,90$ ;

$T_{\text{тол}}$  – максимальная сила тяги толкача.

Скреперы и автогрейдеры модернизируют, разрабатывая на их базе машины для ремонта и восстановления асфальтобетонных покрытий. Вместо ковша и отвала их оснащают фрезой для срезания старого покрытия и другими агрегатами (смесительным устройством, системой подачи новых компонентов и т. п.). Соответственно их тяговый расчет необходимо производить с учетом сопротивлений, связанных с резанием покрытия фрезерным рабочим органом.

В дорожных машинах, которые осуществляют распределение, профилирование и частичное уплотнение дорожно-строительных материалов (щебня, асфальтобетонной смеси и др.), к основным значимым силам относятся силы сопротивления перемещению машины  $W_{\text{пер}}$  и призмы материала перед рабочим органом  $W_{\text{пр}}$ , сила трения рабочих органов по укладываемому материалу  $W_{\text{тр}}$  и сила сопротивления перемещению от толкания самосвала  $W_c$ . В дополнение к приведенным ранее формулам для оценки сил сопротивления перемещению машины и призмы материала используют следующие зависимости при оценке других сил сопротивления.

*Сила трения рабочих органов по материалу*

$$W_{\text{тр}} = f_1 G_{\text{р.о}},$$

где  $f_1$  – коэффициент трения скольжения рабочих органов по укладываемому материалу;

$G_{\text{р.о}}$  – сила тяжести рабочих органов (трамбующих брусьев, вибрационных плит и др.).

*Сила сопротивления передвижению при толкании самосвала*

$$W_c = (f_{\text{пк}} \pm i)(G_c + G_m),$$

где  $f_{\text{пк}}$  – коэффициент сопротивления перекачиванию колес самосвала,  $f_{\text{пк}} = 0,02 \dots 0,06$ ;

$G_c$  – сила тяжести самосвала;

$G_m$  – сила тяжести материала в кузове самосвала.

Машины для уплотнения грунтов и дорожно-строительных материалов имеют свой набор сил сопротивления: во-первых, силу сопротивления передвижению машины  $W_{\text{пер}}$ , во-вторых, силу инерции  $W_i$  при трогании машины

с места.  $W_{\text{пер}}$  является наибольшей и зависящей от числа проходов машины по уплотняемому материалу. Изменение прочности грунта или смеси учитывают при оценке коэффициента сопротивления качению вальцов или колес катка

$$f_{\text{п}} = f' - \beta \ln n,$$

где  $f'$  – максимальная величина коэффициента сопротивления качению при первом проходе по уплотняемому материалу;

$\beta$  – коэффициент, зависящий от вида грунта и его начального состояния;

$n$  – численное значение прохода, для которого рассчитывают коэффициент сопротивления  $f_{\text{п}}$ .

Аналогичные тяговые расчеты производят и для других дорожных машин. Как видно из ранее приведенного материала, набор основных сопротивлений состоит из сил сопротивления, зависящих от назначения машины (силы сопротивления передвижению, инерционные силы и др.), а также из сил сопротивления, обусловленных особенностями конструкции рабочих органов и спецификой их взаимодействия с разрабатываемой средой. По этому же принципу осуществляют тяговые расчеты машин для летнего и зимнего содержания автодорог, устройства цементобетонных покрытий и др.

Для одноковшовых экскаваторов тяговый расчет используют при расчетах ходового оборудования, которое играет вспомогательную роль, поскольку продолжительность его работы составляет не более 10–12 % рабочего времени экскаваторов. В ряде случаев тяговый расчет применяют как проверочный (в транспортном режиме) для оценки правильности выбора мощности силовой установки, подобранной ранее для рабочих режимов. Его выполняют для прямолинейного движения в момент трогания машины с места. Помимо этого, с помощью уравнения тягового баланса можно проверить машину на устойчивость, определяя максимально возможный (допускаемый) угол подъема, который может преодолеть машина без опрокидывания.

**Расчет гидравлической системы** включает выбор и обоснование давления в системе, составление структурной схемы и подбор ее элементов, включая назначение типа оборудования, а также проведение расчетов элементов системы на обеспечение заданной производительности и требуемых скоростей движений исполнительных механизмов.

Поскольку в дорожных машинах используют в основном *объемный гидродrive*, его расчет осуществляют в следующей последовательности:

- оценка мощности гидродrive и подбор гидронасосов;
- определение внутреннего диаметра гидролиний и скорости движения рабочей жидкости;
- выбор гидроаппаратуры и устройств для охлаждения рабочей жидкости (кондиционеров);

– оценка потерь давления в гидролиниях; расчет гидроцилиндров и гидромоторов; тепловой расчет гидропривода [70, 104, 111, 115, 116].

Методика расчета принципиально не зависит от типа механизма или назначения машины. Некоторые различия обусловлены только типом гидродвигателя (возвратно-поступательного или вращательного действия).

*Мощность гидропривода* определяют по заданным или определяемым максимальным усилиям и скоростям гидродвигателей, обеспечивающих движение исполнительных механизмов машины. В свою очередь, *мощность насоса* следует находить исходя из мощности гидродвигателя с учетом потерь давления и хода рабочей жидкости. Потери характеризуются коэффициентом запаса по усилию и скорости.

*Насос* выбирают по двум параметрам, которые должны быть наиболее близкими к расчетным значениям: номинальному давлению и рабочему объему насоса. При этом следует учитывать, что насосы, рассчитанные на высокое давление, можно использовать в гидроприводах с более низким давлением. Если в расчетах величина рабочего объема насоса оказывается большой, то используют два насоса (желательно одного типа), которые устанавливают параллельно, либо специализированные насосные установки, состоящие из двух и более насосов (пример – установка Bosch Rexroth A8VO).

По расчетным значениям внутренних диаметров всасывающей, напорной и сливной гидролиний с учетом рекомендуемых величин скоростей движения рабочей жидкости по этим гидролиниям [18, 70, 104] выбирают *трубопровод* (по ГОСТ 8734). Действительное значение его диаметра  $d$  должно быть не меньше расчетной величины  $d_p$  ( $d \geq d_p$ ).

Выбор *гидроаппаратуры* (распределителей, обратных и предохранительных клапанов, гидрозамков и др.) производят по условному проходу и номинальному давлению. Кроме того, учитывают номинальный расход рабочей жидкости, который является дополнительным параметром при выборе гидроаппаратуры. В пояснительной записке следует привести технические характеристики выбранной гидроаппаратуры.

Обязательными элементами гидропривода являются очистные устройства (фильтры или сепараторы), которые используют для очистки рабочей жидкости от загрязнений. Предварительно выбирают рабочую жидкость с учетом, в основном, конструктивных особенностей гидрооборудования и приводят в пояснительной записке ее основные характеристики (тип, плотность, вязкость, температурный интервал эксплуатации и др.). Затем выбирают очистные устройства в зависимости от требований, предъявляемых к чистоте рабочей жидкости, и основных параметров гидролиний (условный проход, номинальное давление, номинальная пропускная способность) [18, 104, 115, 116].

*Расчеты потерь давления в гидролиниях*, а именно путевых потерь и потерь давления в местных сопротивлениях, производят отдельно для каждой гидролинии (всасывающей, напорной и сливной). Их оценка необходима для определения гидравлического КПД привода и более точного расчета гидродвигателя. Их оценивают в зависимости от типа и параметров трубопровода. Длину гидролинии определяют ориентировочно по предварительной компоновке разрабатываемой машины.

К основным параметрам силовых гидроцилиндров относятся диаметр поршня, а также усилие на штоке и скорость его перемещения, диаметр и ход штока. *Расчеты гидроцилиндров* заключаются в определении диаметров поршня и штока из условия обеспечения заданного усилия на штоке, а также в оценке диаметра поршня по обеспечению заданной скорости движения штока. Основные параметры гидроцилиндров регламентированы нормативно-техническими документами (ГОСТ 6540, ГОСТ 16514). С их помощью выбирают ближайšie к средним расчетным значениям диаметры поршней и штоков гидроцилиндров. По выбранным стандартным значениям упомянутых параметров определяют действительное усилие на штоке и действительную скорость его движения, а затем проверяют, чтобы величины отклонения действительных значений выходных параметров от заданных не превышали допускаемой величины.

К основным параметрам гидромотора относят его рабочий объем, номинальное давление и расход рабочей жидкости, частоту вращения вала. *Выбор гидромотора* производят по величине среднего значения рабочего объема. Его технические характеристики следует привести в пояснительной записке. После выбора гидромотора определяют действительные значения крутящего момента и частоту вращения его вала, основываясь на технических характеристиках.

*Тепловой расчет гидропривода* осуществляют для выявления необходимости применения специальных теплообъемников, которые обеспечивают снижение потерь мощности от нагрева рабочей жидкости в гидрооборудовании. Тепловой расчет производят *на основе уравнения теплового баланса гидропривода*. В результате определяют параметры гидробака (его объем и площадь поверхности), которые зависят от режима работы гидропривода. Если гидробак не обеспечивает необходимого теплового баланса, применяют теплообменник, расчет которого приведен в работе [111].

При выборе гидравлической схемы следует базироваться на типовых гидравлических схемах, разработанных для дорожных машин [18, 104, 111]. При этом необходимо учитывать изменения, внесенные в конструкцию рабочих органов или других исполнительных механизмов. Поэтому целесообразно выбирать простую схему с минимальным числом элементов, необходимых для эффективной эксплуатации машины. Как правило, выбирают

гидросхемы с разомкнутой циркуляцией рабочей жидкости, поступающей в гидробак от гидродвигателя.

Следует учитывать, что в гидроприводах бульдозеров, скреперов, автогрейдеров, как правило, используют шестеренные насосы (с номинальным давлением 10 и 16 МПа). В гидроприводах погрузчиков, одно- и многоковшовых экскаваторов обычно применяют аксиально-поршневые насосы (с номинальным давлением 16, 20, 25 и 32 МПа).

Помимо графической части принятую *гидравлическую систему* следует привести в пояснительной записке (на листе формата А4) и дать ее принципиальное описание. При изображении на чертеже принципиальной гидросхемы следует придерживаться стандартных обозначений и общепринятых правил.

При выборе гидросхемы разрабатываемой машины необходимо руководствоваться соответствующими стандартами, а также придерживаться рекомендаций, изложенных в работах [104, 111].

### **2.2.7 Расчеты на прочность основных узлов и деталей машин**

**Прочность** – это способность деталей в определенных условиях и пределах, не разрушаясь, воспринимать те или иные воздействия. В процессе эксплуатации из-за недостаточной прочности деталей могут возникать их пластические деформации и разрушения.

**Расчеты на прочность** основных узлов и деталей машины должны включать:

- 1 Определение расчетных усилий в элементах металлоконструкций.
- 2 Расчеты элементов металлоконструкций.
- 3 Расчеты отдельных деталей проектируемой машины.

Выбор элементов металлоконструкций и рабочих органов, а также деталей машин (зубчатых и других передач, валов, подшипников и муфт) определяет руководитель проекта.

Расчеты должны быть иллюстрированы схемами, дающими четкую и ясную картину взаимодействия элементов машины и разрабатываемой среды. Расчетные формулы, а также справочные данные необходимо сопровождать ссылкой на литературный источник с указанием (в квадратных скобках) его порядкового номера в соответствии со списком использованной литературы, приведенным в конце расчетно-пояснительной записки.

В расчетах дают формулу в буквенном выражении (со ссылкой на источник), затем приводят объяснение буквенных символов с указанием их размерности только в Международной системе единиц (СИ), далее приводят формулу с проставленными числовыми значениями без промежуточных вычислений и окончательный результат.

Расчеты на прочность ведут по допускаемым напряжениям или по коэффициентам запаса прочности. Условие прочности по допускаемым напряжениям имеет вид

$$\sigma \leq [\sigma], \tau \leq [\tau],$$

где  $\sigma$ ,  $\tau$  – нормальные и касательные напряжения в опасном сечении детали соответственно;

$[\sigma]$ ,  $[\tau]$  – допускаемые нормальные и касательные напряжения для материала детали соответственно.

Данное неравенство называют *условием прочности*.

Для обеспечения прочности элементов конструкций машин необходимо так выбрать их размеры и материал, чтобы возникающие в них при эксплуатационных нагрузках напряжения *были меньше предельных*. Стоит отметить, если наибольшие рабочие напряжения в детали близки к предельным, прочность детали *нельзя гарантировать*. Это связано с тем, что действующие нагрузки и, соответственно, напряжения не всегда возможно определить точно, а характеристики используемого материала могут значительно отличаться от принятых в расчете. Поэтому при определении прочности детали стоит руководствоваться таким параметром, как *коэффициент запаса прочности*.

Расчет по коэффициентам запаса прочности имеет вид

$$s = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{\sigma_{\text{max}}} > 1,$$

где  $s$  – коэффициент запаса прочности;

$\sigma_{\text{пред}}$  – предельное напряжение (при постоянной нагрузке равно пределу текучести  $\sigma_{\text{пред}} = \sigma_{\text{T}}$ , при переменных – пределу выносливости  $\sigma_{\text{пред}} = \sigma_{-1}$ );

$\sigma_{\text{max}}$  – максимальное напряжение в опасном сечении детали.

Значение  $s$  должно быть больше единицы, иначе прочность конструкции будет нарушена. Таким образом, чем больше  $s$ , тем прочнее конструкция, тем большим запасом она обладает. В то же время очень большие запасы прочности приводят к перерасходу материала, делают конструкцию тяжелой, неэкономичной.

Поэтому, в зависимости от назначения конструкции и целого ряда других факторов, устанавливают значение минимально необходимого коэффициента запаса прочности. На основании накопленного опыта параметр коэффициента запаса прочности для различных сфер нормируется. По мере накопления опыта эксплуатации, развития методов исследования физического состояния конструкций и совершенствования методов обеспечения прочности эти нормы и стандарты периодически пересматриваются.

В машиностроении для различных деталей нормативный запас прочности находится в пределах:

– по отношению к пределу текучести  $[s_{\text{T}}] = 1,3 \dots 2,2$ ;

– по отношению к пределу выносливости  $[s_{-1}] = 3 \dots 5$ .

Прочность элемента конструкции считают обеспеченной, если его расчетный коэффициент запаса прочности не ниже нормативного

$$s \geq [s].$$

Данное неравенство называют *условием прочности*.

При использовании *программных пакетов твердотельного 3D-моделирования* (Компас 3D, Autodesk Inventor и др.) возможно проведение расчетов на прочность элементов конструкций разрабатываемых машин с помощью встроенных *сред для анализа напряжений*. В пояснительной записке при этом приводят вводные параметры и порядок расчета, а также графические результаты по трем показателям: *напряжения по Мизесу, смещения и коэффициент запаса прочности*. Дается обоснованный вывод о результатах проведенного анализа.

Последний вариант проведения расчета на прочность является более предпочтительным, поскольку он обеспечивает легкость определения основных физических параметров проектируемой детали и наглядность воздействия нагрузок. При этом ключевым преимуществом при изначальном использовании студентом пакетов 3D-моделирования является значительное сокращение времени на проектирование изделий машиностроения, за счет автоматического получения чертежей и спецификаций на основе готовой трехмерной модели объекта.

## 2.2.8 Ресурсосбережение, метрология и стандартизация

**Ресурсосбережение** предусматривает комплекс мероприятий, направленных на снижение потребления материалов, энергии и трудовых ресурсов. Одним из инструментов сбережения ресурсов может служить непрерывный учет количества и контроль качества производимых, передаваемых и потребляемых ресурсов.

При модернизации машин и механизмов, приводов и узлов в рамках курсового проекта следует стремиться к упрощению их структурных и кинематических схем и повышению эффективности работы механизмов, опираясь на принципы материал- и энергосбережения.

С этой целью *для снижения энерго- и материалоемкости* следует [26]:

– разрабатывать конструкции деталей, узлов и механизмов машин под ресурсосберегающие процессы их изготовления и сборки;

– шире использовать материалы с высокими показателями удельной прочности и жесткости, в том числе высокопрочные и высокомодульные композиты на основе полимерных и металлических матриц и армирующих волокнистых наполнителей;

– активно внедрять адаптивные материалы, приспособляющиеся к условиям эксплуатации деталей и конструкций машин;

– в процессе конструирования деталей использовать методы улучшения и упрочнения углеродистых сталей взамен (по возможности) дорогих легированных сталей;

– обеспечивать необходимую прочность и жесткость деталей способами, не требующими увеличения массы (приданием деталям рациональных форм, использованием пустотелых и оболочковых конструкций, блокированием деформаций поперечными и диагональными связями, рациональным расположением опор и ребер жесткости);

– предупреждать коррозию деталей применением стойких лакокрасочных и гальванических покрытий, изготовлением деталей из коррозионно-стойких материалов (данные сведения необходимо отразить в технических условиях графической части конструируемых деталей, узлов и модернизируемых машин);

– оснащать машины энергосберегающими системами, обеспечивающими существенное снижение потерь энергии и экономию топлива;

– расширять применение эффективных физических, электрофизических и физико-химических методов воздействия рабочих органов для снижения энергопотребления при производстве строительных, земляных, дорожных и коммунальных работ.

В конечном результате комплекс отмеченных мероприятий, помимо снижения энерго- и материалоемкости, должен привести к *повышению качества и технического уровня* модернизируемой техники.

**Метрология** обеспечивает единство методов и средств измерений и способ достижения требуемой точности [69]. Она имеет большое значение для техники, поскольку повышение точности измерений имеет решающее значение для обеспечения заданной долговечности и работоспособности машиностроительной продукции.

В связи с расширением производства, развитием стандартизации и унификации изделий, усложнением конструкций машин, механизацией и автоматизацией работ требования к качеству машиностроительной продукции непрерывно растут.

Поэтому *исполнение метрологических требований* при выполнении курсового проекта является обязательным условием для обеспечения высоких показателей безопасности, надежности и технологичности модернизированной конструкции. Реализация этих требований осуществляется за счет использования в проекте упомянутых ранее стандартов, входящих в ЕСКД, а также стандартов, регламентирующих эксплуатационные свойства машины, типы и характеристики ее основных частей (привода, трансмиссии, ходового оборудования, рабочих органов), параметры гидрооборудования системы управления, условия безопасной эксплуатации и др.

Исходя из этого, раздел **«Ресурсосбережение, метрология и стандартизация»** должен включать:

– расчет эксплуатационной производительности для спроектированной машины;

– расчет технических и эксплуатационных показателей, характеризующих энергоэффективность разработанной в ходе курсового проекта машины, в сравнении с принятым ранее прототипом;

– перечень использованных при проектировании стандартов на машину, ее основные агрегаты, механизмы и системы;

– сведения об эффективности применения стандартных и унифицированных деталей, узлов и агрегатов в конструкции модернизированной машины.

*Эксплуатационную производительность*  $\Pi_3$  находят по формуле

$$\Pi_3 = K_B \Pi_{\text{тех}},$$

где  $K_B$  – коэффициент использования машины по времени на основании статистических данных и рекомендаций,  $K_B = 0,8 \dots 0,9$ ;

$\Pi_{\text{тех}}$  – техническая производительность:

$$\Pi_{\text{тех}} = K_i \Pi_T = (K_1 K_2 \dots K_n) \Pi_T,$$

$K_i$  – коэффициент, учитывающий соответствующие изменения и потери (мощности, скорости, материала и др.);

$\Pi_T$  – теоретическая производительность:

– для машин циклического действия

$$\Pi_T = \frac{V}{T_{\text{ц}}} \quad \text{или} \quad \Pi_T = \frac{V\rho}{T_{\text{ц}}},$$

$V$  – объем разрабатываемого материала;

$\rho$  – плотность разрабатываемого материала;

$T_{\text{ц}}$  – время цикла;

– для машин непрерывного действия

$$\Pi_T = Bv_p \quad \text{или} \quad \Pi_T = Fv_p,$$

$B$  – ширина захвата материала рабочим органом;

$F$  – расчетное сечение потока материала;

$v_p$  – рабочая скорость перемещения машины или материала.

Из *технических и эксплуатационных показателей* наиболее общими и значимыми для дорожных машин являются параметры, связывающие мощность, массу и производительность и характеризующие энергетические и материальные ресурсы, приходящиеся на единицу вырабатываемой продукции (в смену).

*Удельная энергоемкость* (или удельная мощность)

$$N_{\text{уд}} = \frac{N}{\Pi_3},$$

где  $N$  – суммарная мощность установленных на машине двигателей;

$\Pi_3$  – сменная эксплуатационная производительность.

Удельная материалоемкость

$$m_{уд} = \frac{m}{\Pi_3},$$

где  $m$  – масса машины.

Соответственно, чем меньше значения  $N_{уд}$  и  $m_{уд}$ , тем выше уровень энерго- и материалосбережения.

Эффективность модернизации машины по фактору ресурсосбережения можно оценить по сравнительным характеристикам, сопоставляя ее показатели с аналогичными характеристиками базовой модели. За критерий сопоставления можно взять удельные показатели энерго- и материалоемкости в натуральных единицах измерений:

$$\Delta N_{уд} = (N_{уд}^{мод} - N_{уд}^б),$$

$$\Delta m_{уд} = (m_{уд}^{мод} - m_{уд}^б),$$

где  $N_{уд}^{мод}$ ,  $N_{уд}^б$  – мощность силовой установки модернизированной и базовой модели машины, кВт;

$m_{уд}^{мод}$ ,  $m_{уд}^б$  – масса новой и базовой модели машины, кг.

Кроме того, в качестве показателя эффективности можно использовать характеристики энерго- и материалоемкости в относительных единицах:

$$\Delta N_{уд} = \frac{N_{уд}^{мод} - N_{уд}^б}{N_{уд}^б} \cdot 100 \%,$$

$$\Delta m_{уд} = \frac{m_{уд}^{мод} - m_{уд}^б}{m_{уд}^б} \cdot 100 \%.$$

Сопоставляя абсолютные и относительные показатели удельной энерго- и материалоемкости машины до и после модернизации, следует сделать вывод об эффективности модернизации или реконструкции машины.

К этим показателям можно добавить *энергонасыщенность машины*  $E$ , которая характеризует ее удельные энергетические возможности и связывает мощность силовой установки  $N$  и массу машины  $m$ :

$$E = \frac{N}{m}.$$

Оценка эффективности применения стандартных и унифицированных деталей, узлов и агрегатов в конструкции модернизированной машины мо-

жет осуществляться на основании результатов определения *коэффициентов унификации деталей*  $K_{у.д.}$  и *конструктивных элементов*  $K_{у.э.}$  из выражений:

$$K_{у.д.} = \frac{D_y}{D}, K_{у.э.} = \frac{Q_{у.э.}}{Q_3},$$

где  $D_y$ ,  $D$  – число унифицированных и общее число деталей в машине;

$Q_{у.э.}$ ,  $Q_3$  – число унифицированных и общее число конструктивных элементов в машине.

Результаты сравнения показателей прототипа (базовой машины) и модернизированной машины отображают *в виде таблицы*.

### **2.2.9 Требования безопасности к конструкции и эксплуатации разработанной машины**

Раздел «**Требования безопасности к конструкции и эксплуатации разработанной машины**» должен включать основные мероприятия, направленные на обеспечение общих требований безопасности к дорожным машинам (ГОСТ 12.2.011), эргономике, обитаемости и технической эстетики (ГОСТ 20.39.108), реализованные при проектировании машины.

Необходимо уделить внимание перечню мероприятий по охране труда и технике безопасности оператора и обслуживающего персонала при эксплуатации и техническом обслуживании разработанной машины. **Не следует** приводить общие требования охраны труда и техники безопасности без привязки к разработанной машине.

В разделе также требуется провести анализ вредного воздействия разработанной конструкции на окружающую среду и предложить мероприятия по минимизации этого воздействия с целью обеспечения экологической безопасности.

Одним из основных элементов данного раздела является **статический расчет устойчивости разработанной машины в рабочем и транспортном положениях**.

Устойчивость дорожных и строительных машин против опрокидывания характеризует их способность сохранять заданное положение в процессе движения по уклону и при выполнении заданных технологических операций. Устойчивость движения является одним из основных свойств дорожных машин, характеризующих их эффективность и безопасность работы.

Основным средством обеспечения устойчивости техники является ее грамотная компоновка с оптимальным распределением масс машины, обеспечивающим заданные пределы изменения центра тяжести в условиях эксплуатации, а также при распределении нагрузок между несущими элементами конструкции.

Показателем устойчивости машины является *коэффициент устойчивости*, представляющий отношение моментов сил, удерживающих машину от опрокидывания, к моментам сил, способствующих опрокидыванию:

$$K = \frac{\sum M_{уд}}{\sum M_{опр}} \geq 1,15,$$

где  $\sum M_{уд}$  – сумма удерживающих моментов;  
 $\sum M_{опр}$  – сумма опрокидывающих моментов.

### 2.2.10 Заключение

В **заключении** делается *обобщенный вывод* о проделанной работе, на основании *анализа результатов*, полученных в ходе выполнения курсового проекта, и в соответствии с поставленными во введении *целями и задачами*.

Кроме того, оно должно содержать:

- оценку полноты решений поставленных задач;
- разработку рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов работы;
- оценку технико-экономической эффективности внедрения;
- оценку научно-технического уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области;
- оценку путей для дальнейшего развития идей исследования или проектирования в рассматриваемой области.

*Желательно заканчивать каждый раздел расчетно-пояснительной записки краткими выводами, на основании которых, в последующем, можно будет составить полноценное логически завершенное заключение.*

### 2.2.11 Список использованных источников

**Список использованных источников** должен содержать все литературные источники, материалы которых использует автор и на которые он ссылается в своей расчетно-пояснительной записке, включая патенты и авторские свидетельства, которые были проанализированы в записке.

Ссылка в тексте пояснительной записки на приведенные в списке источники *обязательна!*

Выполнение списка и ссылки на него в тексте регламентируются ГОСТ 7.1.

### 2.2.12 Приложения

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в **приложениях**. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, использованные патенты и т. д.

Приложения располагаются *в порядке появления ссылок на них в пояснительной записке*. Каждое приложение следует начинать с новой страницы

с указанием наверху посередине страницы слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его обозначения.

### 2.3 Содержание графической части

Графическую часть курсового проекта выполняют на листах формата А1 в соответствии с требованиями ЕСКД.

**Первый лист** курсового проекта отводят чертежу *общего вида* (ВО) модернизированной дорожной машины. Предварительно следует подобрать в качестве аналога или прототипа конструкцию реальной машины, отвечающей в целом требованиям исходного задания, а затем проанализировать возможности ее усовершенствования, прежде всего в плане снижения материало- и энергоемкости, повышения производительности. *Чертеж общего вида* должен содержать количество проекций, необходимое для полного представления о конструкции машины, а также о принципе ее работы и взаимодействии основных частей. На чертеже в обязательном порядке размещают *основные технические характеристики* машины. При необходимости чертеж дополняют сечениями и разрезами. *Основная надпись* на чертеже общего вида заканчивается буквами **ВО**.

На **втором листе** приводят конструкторскую проработку разрабатываемого узла проектируемой машины – *сборочный чертеж* (СБ), который выполняют в двух-трех проекциях. На нем изображают сборочную единицу и ее составные части с видами, сечениями и разрезами, обеспечивающими полное представление об их расположении и взаимосвязи, а также дают размеры, допуски и посадки, предельные отклонения и другие необходимые параметры. Кроме того, на чертеже размещают *технические требования*, предъявляемые к разрабатываемому узлу в сборе. *Основная надпись* на сборочном чертеже заканчивается буквами **СБ**.

По согласованию с руководителем курсового проекта на **третьем листе** студенты выполняют чертежи гидравлической или кинематической схем спроектированной машины или рабочие чертежи *нестандартных* деталей, входящих в сборочную единицу.

Требования к выполнению указанных чертежей подробно описаны в *разделе 3*.

### 3 ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

---

#### 3.1 Оформление расчетно-пояснительной записки

При выполнении курсового проекта необходимо строго руководствоваться требованиями, изложенными в методических указаниях на основе требований ЕСКД по оформлению текстовых документов.

**Расчетно-пояснительную записку** выполняют в соответствии с *ГОСТ 2.104, ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.106, ГОСТ 2.304* на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) по *ГОСТ 2.301* с рамками и соответствующими основными надписями на одной стороне листа (рисунки 3.1–3.3).

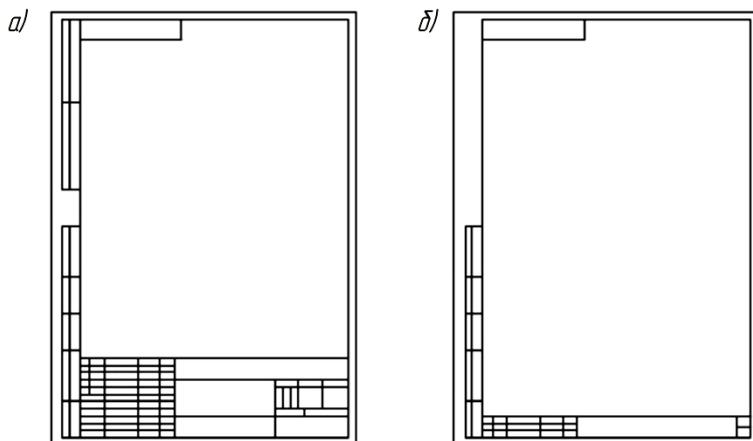


Рисунок 3.1 – Формат А4:  
а – заглавный лист; б – последующий лист

Текст пояснительной записки выполняют шрифтом *«Times New Roman»* размером *14 пт.* с *одинарным межстрочным интервалом.* *Отступ текста первой строки* устанавливается равным *1 см.* *Выравнивание* – по ширине документа.

При заполнении листа следует оставлять следующие *поля:* слева – *30 мм;* сверху и снизу – *20 мм;* справа – не менее *10 мм* (размеры полей для всей записки).

При выполнении пояснительной записки необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всему тексту. В пояснительной записке должны быть четкие, не расплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки.

Рекомендуется *автоматическая расстановка переносов* в словах.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разного начертания.

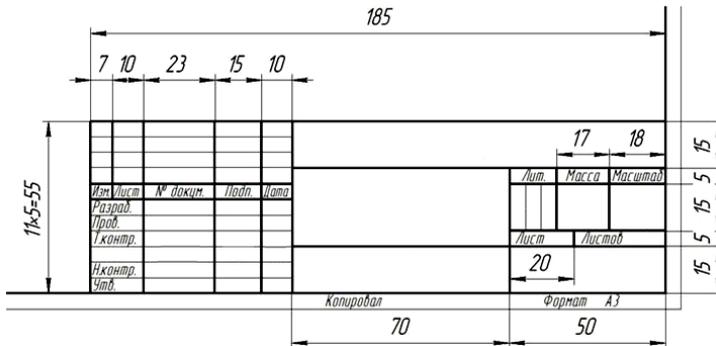


Рисунок 3.2 – Основная надпись для заглавных листов пояснительной записки и чертежей

Незначительные опечатки, помарки, графические неточности, обнаруженные в результате выполнения текста записки и иллюстраций в ней, или при проверке руководителем, *допускается исправлять* подчисткой или закрашиванием корректирующей жидкостью с нанесением на данных местах аккуратных исправлений от руки (черными чернилами, пастой или тушью), а также наклеиванием бумажных фрагментов с исправлениями. Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы неполностью удаленного прежнего текста (графики) *не допускаются*.

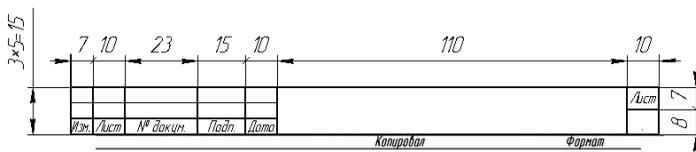


Рисунок 3.3 – Основная надпись для последующих листов текстовых документов и чертежей

Сокращение русских слов и словосочетаний в записке – по ГОСТ 7.12.

Основную часть записки, в соответствии с представленной в п. 2.1 структурой, следует делить на разделы и подразделы, а при необходимости на пункты и подпункты. При делении текста записки на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

Разделы, подразделы, пункты и подпункты следует *нумеровать арабскими цифрами* и записывать с абзачного отступа с выравниванием по левому краю. При наличии наименования раздела, подраздела, пункта или подпункта значительного объема *не допускается оставлять в конце строк*

однобуквенных предлогов и союзов (рисунок 3.4). Также в них не допускаются переносы слов.

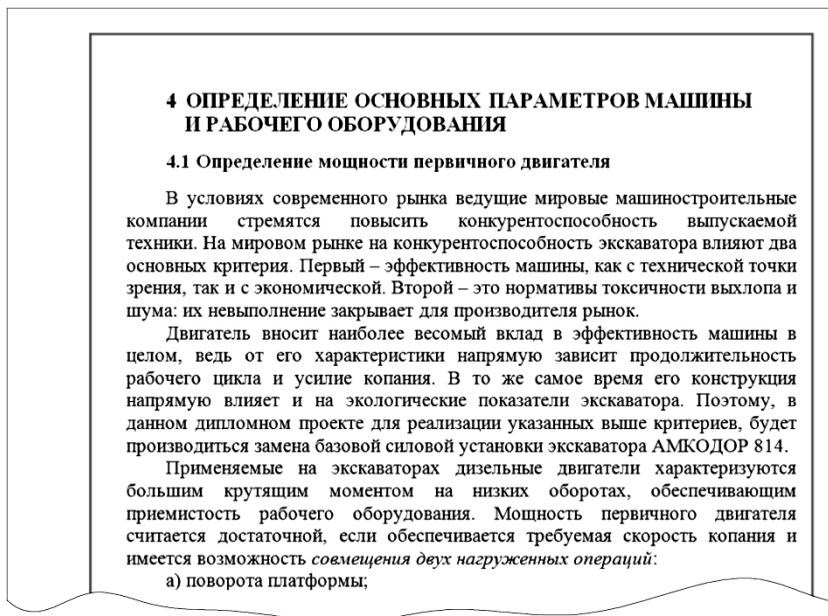


Рисунок 3.4 – Пример оформления раздела/подраздела пояснительной записки

Наименования разделов набирают *полужирным прописным шрифтом* на 1–2 пт. больше используемого для основного текста (т. е. *15–16 пт.*). Каждый раздел начинают с нового листа.

Подразделы оформляют аналогично разделам, однако используют *полужирный шрифт* 14 пт.

*Интервал* между наименованиями разделов, подразделов и последующим текстом должен быть равен *10–12 пт.*

При оформлении наименований пунктов и подпунктов используют полужирный шрифт на 1–2 пт. меньше используемого для основного текста (т. е. *12–13 пт.*). *Интервал* между наименованием пункта/подпункта и последующим текстом *не устанавливается*.

Наименования структурных элементов пояснительной записки «СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЕ» служат заголовками структурных элементов работы. Заголовки структурных элементов следует располагать в середине строки без отступа и печатать *полужирными прописными буквами* (шрифтом *16 пт.*), не подчеркивая. Переносы в словах не допускаются. Точка в конце заголовков не ставится.

Расстояние между заголовками и текстом должно быть равно *10–12 пт.*

Для обеспечения большей наглядности материала курсового проекта, рекомендуется включать в пояснительную записку определенное количество *иллюстраций* (чертежей, рисунков и т. п.) для пояснения текста работы с целью его лучшего понимания.

Количество графического материала в работе не нормируется, оно определяется целесообразностью изложения содержания.

Чертежи, графики, схемы и рисунки, должны соответствовать требованиям соответствующих стандартов, входящих в ЕСКД. Их следует располагать непосредственно *после текста*, в котором они упоминаются впервые, или *на следующей странице*. На все иллюстрации в документе в обязательном порядке *должны быть даны ссылки в тексте* с указанием порядкового номера.

Ссылка на графический материал может даваться как напрямую *в теле текста пояснительной записки*, например «в соответствии с рисунком 1 (или 1.1)», так и *в виде поясняющего элемента*, указываемого в круглых скобках, например «...оборудован ковшовым рабочим органом (см. рисунок 1.2)».

Иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было *удобно рассматривать без поворота пояснительной записки* к курсовой работе *или с поворотом по часовой стрелке*. Рисунки небольшого размера размещают *по центру листа, без отступа*. Большие иллюстрации лучше выносить в приложения к курсовому проекту.

Под рисунками располагают номер, наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Интервал между рисунком, его описанием и основным текстом устанавливают равным *10–12 пт.*

*Нумерация рисунков* может быть сквозной или по разделам. Рисунки приложений обозначают аналогично с добавлением перед цифрой обозначения приложения, например «Рисунок А.3»

Слово «Рисунок» пишется полностью, без сокращений и в ссылке, и в подрисуночной подписи. Не допускается перенос слов по слогам в наименовании рисунка. Слово «Рисунок», его номер, наименование иллюстрации и пояснительные данные печатают обычным шрифтом, уменьшенным на 2–4 пт. по сравнению с размером основного шрифта (т. е. *10–12 пт.*). Пояснения к рисунку также располагают по центру листа, без отступа. Пример оформления иллюстраций приведен на рисунке 3.5.

Не допускается использовать графические изображения с присутствующими на них т. н. *вотермарками* (или «водяными знаками») сайтов. При необходимости использования такого изображения в тексте пояснительной записки, знаки необходимо убрать в любом графическом редакторе, а в подписи к рисунку и в списке использованных источников дать соответствующую ссылку на сайт, где она была взята.

*Таблицы* применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей (рисунок 3.6).

гидравлические цилиндры. Основными рабочими движениями шарнирно-рычажного оборудования являются изменение угла наклона стрелы, поворот рукояти с ковшем относительно стрелы и поворот ковша относительно рукояти, телескопического – выдвигание-втягивание телескопической стрелы.

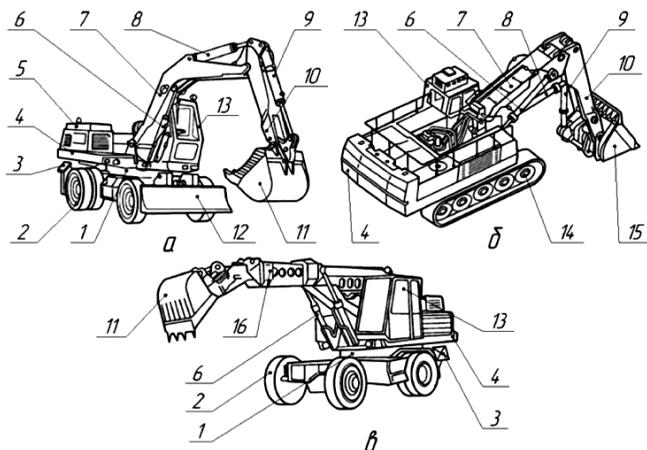


Рисунок 1.1 – Одноковшовые гидравлические полноповоротные экскаваторы с жесткой подвеской рабочего оборудования:

- 1 – опорно-поворотное устройство; 2 – пневмоколесное ходовое устройство; 3 – выносная опора; 4 – поворотная платформа; 5 – силовая установка; 6, 8, 9 – гидроцилиндры стрелы; 7 – стрела; 10 – рукоять; 11 – ковш обратной лопаты; 12 – бульдозерный отвал; 13 – кабина машиниста; 14 – гусеничное ходовое устройство; 15 – ковш прямой лопаты; 16 – телескопическая стрела.

Гидравлические полноповоротные экскаваторы с шарнирно-рычажным рабочим оборудованием созданы на базе единых конструктивных схем, широкой унификации агрегатов и узлов и серийно выпускаются третьей –

Рисунок 3.5 – Пример оформления рисунка в тексте пояснительной записки

Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным и кратким. Его следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Таблицу следует располагать *непосредственно после текста*, в котором она упоминается впервые, или *на следующей странице*. На все таблицы должна быть дана ссылка. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера. Как и иллюстративный материал, таблицы могут иметь *сквозную нумерацию* или *нумерацию по разделам*.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы слово «Таблица» и ее номер указывают один раз справа над первой частью таблицы, над другой частью пишут слово «Окончание» и указывают номер таблицы, например «Окончание таблицы 1». Кроме того, в первой части таблицы не проводят *нижнюю горизонтальную ограничивающую черту*.

Наименование таблицы оформляют шрифтом на 2 пт. меньше основного текста (т. е. 12 пт.), при этом слова «таблица», «окончание» и ее номер пишут курсивом, а название – полужирным начертанием. В самой таблице графы оформляют шрифтом 10 пт., а строки и наполнение – 12 пт.

Однако, у дизель-молотов типа УР2 и УР особого улучшения в запуске при низких температурах не наблюдалось.

Основные технические характеристики дизель-молотов типа УР2 приведены в таблице 2.1.

**Таблица 2.1 – Технические характеристики дизель-молотов**

Характеристика	Марка молота			
	УР2-500	УР2-1250	УР2-1800	УР2-2500
Масса забиваемой сваи, кг	300–1000	1000–3000	1800–5000	2500–6500
Наибольшая высота подскока поршня, мм	3000	3000	3000	3000
Наибольшая потенциальная энергия ударной части, кДж	15	37,5	54	75
Частота ударов, уд/мин	42–55	42–55	42–55	42
Степень сжатия	12,3	13	12,4	13
Вместимость топливного бака, л	12	23	24	30
Вместимость масляного резервуара, л	4	9	12	15
Топливо	Дизельное СТ 305-73			
Смазка поршня	Автомобильное масло СТ 8581-76			
Полная длина молота (без наголовника), мм	3900	4400	4400	5600
Масса молота (сухая, без наголовника), кг	1200	2660	3300	5500

По своей конструкции все молоты типа УР2 аналогичны и различаются лишь геометрическими размерами и отдельными конструктивными особенностями узлов (форма амортизатора-ловителя, количество пресс-масленок и т. д.).

Рисунок 3.6 – Пример оформления таблиц

Уравнения и формулы (рисунок 3.7) следует выделять из текста в отдельную строку. Располагают формулы с выравниванием по центру, без отступа. Выше и ниже каждой формулы или уравнения устанавливается интервал в 10–12 пт.

Оформление формул по всему текстовому документу должно быть единообразным по применению шрифтов, знаков, индексов. Однострочные формулы должны быть набраны тем же шрифтом, что и текст, к которому они относятся.

Длинные формулы переносятся на нижнюю строчку, при этом разрыв можно делать только на математических знаках, повторяя их в начале следующей строки. Разрыв предпочтительнее делать в месте расположения знака равенства.

В формулах символы латинского алфавита, индексы и показатели должны быть набраны курсивом, символы русского и греческого алфавитов – прямым шрифтом за исключением математических функций.

Набор формул желательно производить в редакторе *Microsoft Equation 3.0* либо, при использовании последних версий *Microsoft Office*, в приложении *Word «Формулы»*.

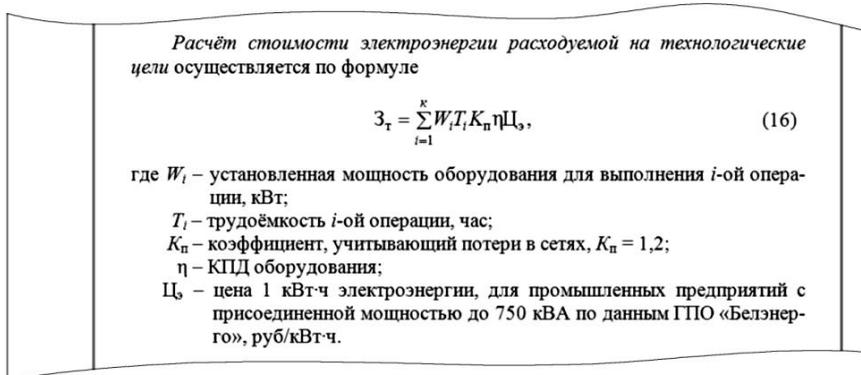


Рисунок 3.7 – Пример оформления формул и уравнений

*Не допускается* применение в пояснительной записке формул, выполненных в виде графических изображений (рисунков, картинок).

Нумерация формул в курсовом проекте либо сквозная в пределах всего документа, либо по разделам. Нумерация осуществляется арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Ссылки на формулы в тексте записки также дают в скобках, например «... в формуле (1)» либо «... в формуле (2.1)».

*Не допускается* отрыв пояснений от формул. Следует оставлять на странице с формулой хотя бы один поясняющий элемент, а оставшиеся – переносить на следующую страницу.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов необходимо приводить непосредственно *под формулой в той же последовательности*, в которой они даны в формуле.

Пояснение первого символа начинается со слова «где», без абзацного отступа. Символ отделяют от его расшифровки знаком «*короткого тире*» (в программе *Microsoft Word* набирается комбинацией клавиш *CTRL+знак «минус»*). Последующие пояснения для каждого символа пишут с новой строки, выравнивание пояснений осуществляют по знаку «*короткого тире*».

*Единицу величины* отделяют от текста запятой. При необходимости указывают численное значение и приводят ссылку на источник. В конце каждой расшифровки ставят точку с запятой, а после последней расшифровки – точку. Если формула имеет вид дроби, то сначала расшифровывают числитель, а затем знаменатель.

Если первую строку расшифровки начинают со слова «где», то в этом случае после формулы *ставят запятую*. Если экспликация начинается со

слова «здесь», то после формулы *ставят точку*, а слово «здесь» пишут с прописной буквы.

### 3.2 Оформление графической части

Все чертежи в курсовом проекте выполняются согласно требованиям ЕСКД и общим требованиям ГОСТ 2.109.

На начальном этапе разрабатываются чертежи общего вида изделия, а в последующих этапах – рабочая документация на основании чертежа общего вида: сборочные чертежи, деталировки, спецификации т. д.

*Чертеж общего вида* (приложение Д) определяет конструкцию машины, взаимодействие ее составных частей и поясняющий принцип работы. Он включает в себя:

- изображения разработанной машины (основные виды, а при необходимости – разрезы, сечения), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания ее конструктивного устройства и принципа работы;

- наименование и обозначение составных частей машины, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, технические требования и т. д.) или поясняющую информацию для изображений чертежа общего вида;

- необходимые габаритные и присоединительные размеры.

Изображения выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД. Составные части машины, в том числе и заимствованные (ранее разработанные), и покупные, изображают с упрощениями (иногда в виде контурных очертаний), если при этом будет обеспечено понимание конструктивного устройства разрабатываемой или модернизируемой машины.

*Технические требования* на чертежах излагают, группируя вместе однородные и близкие по характеру требования, желательнее в следующей последовательности:

- требования к качеству поверхностей, указание об их отделке, покрытии;
- расположение отдельных элементов конструкции;
- требования, предъявляемые к настройке и регулированию разрабатываемой или модернизируемой машины;
- условия и методы испытаний;
- правила транспортировки и хранения;
- требования, предъявляемые к качеству изделий.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт записывают с новой строки. Сверху над ними помещают заголовок «Технические требования».

*Технические характеристики* машин размещают отдельно от технических требований, с самостоятельной нумерацией пунктов на свободном поле чертежа под заголовком «Технические характеристики».

*Заголовки не подчеркивают.*

При выполнении чертежа на двух и более листах текстовую часть помещают только на первом листе.

На *сборочных чертежах* (приложение Е) изображают сборочные единицы (узлы) проектируемой машины (например, ходовое оборудование, рабочие органы и т. д.). Они должны содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу;

- номера позиций составных частей, входящих в изделие;

- габаритные размеры изделия;

- установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;

- предельные отклонения и другие параметры;

- указания о характере сопряжения, методах осуществления сопряжения, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

- техническую характеристику изделия (при необходимости);

- технические требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу.

*Спецификацию* (рисунок 3.8) для чертежей общего вида и сборочных чертежей допускается выполнять *на отдельных листах* формата А4 и при этом включать их в приложения пояснительной записки, либо *размещать на соответствующих чертежах* над основной надписью.

Спецификация в курсовом проекте обычно состоит из следующих разделов:

- документация;

- сборочные единицы;

- детали;

- стандартные изделия;

- прочие изделия;

- материалы.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Пример оформления спецификации дан в приложении Ж.

*Гидравлические и пневматические схемы* (приложение И) выполняют в соответствии с ГОСТ 2.704, ГОСТ 2.780, ГОСТ 2.781, ГОСТ 2.782, ГОСТ 2.784, ГОСТ 2.785.

Каждый элемент или устройство, входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь *буквенно-цифровое позиционное обозначение*, состоящее из буквенного обозначения и порядкового номера.

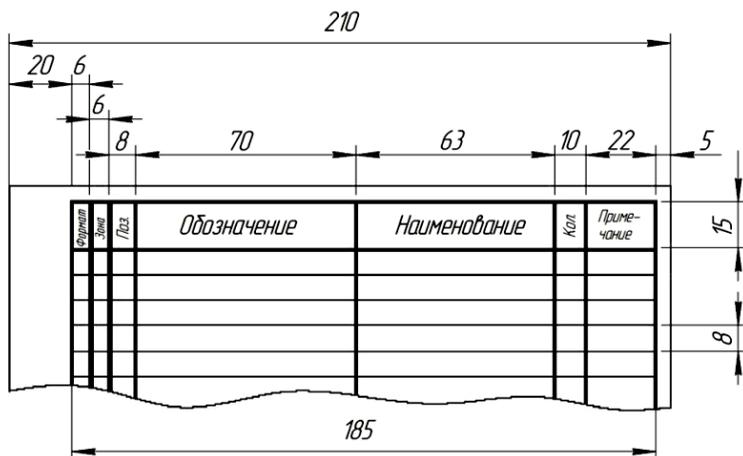


Рисунок 3.8 – Бланк спецификации

*Буквенное обозначение* представляет собой сокращенное наименование элемента, составленное из его начальных или характерных букв, например фильтр – «Ф», насос – «Н», гидроцилиндр – «ГЦ».

Порядковые номера элементам на схемах следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов (устройств), которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение (ГЦ1, ГЦ2, Н1, Н2 и т. п.). Буквы и цифры в позиционных обозначениях на схеме следует выполнять одним размером шрифта.

Расшифровку позиционных обозначений выполняют в виде таблицы (рисунок 3.9) и размещают ее на листе со схемой над штампом, либо оформляют на отдельном листе формата А4 с соответствующими основными надписями.

*Кинематические схемы* выполняют в соответствии с ГОСТ 2.703. На кинематической схеме машины должны быть представлены совокупность кинематических элементов и их соединений, предназначенных для осуществления, регулирования, управления и контроля заданных движений исполнительных органов, а также кинематические связи, в том числе связи с источником движения.

Все элементы изображают условными графическими обозначениями в соответствии с ГОСТ 2.770 или упрощенно (внешними очертаниями). На кинематической схеме указывают наименование каждой кинематической группы элементов (на полке линии выноски), основные характеристики и параметры кинематических элементов (например, число зубьев в зубчатых передачах и т. д.), определяющие исполнительные движения рабочих органов или его составных частей.

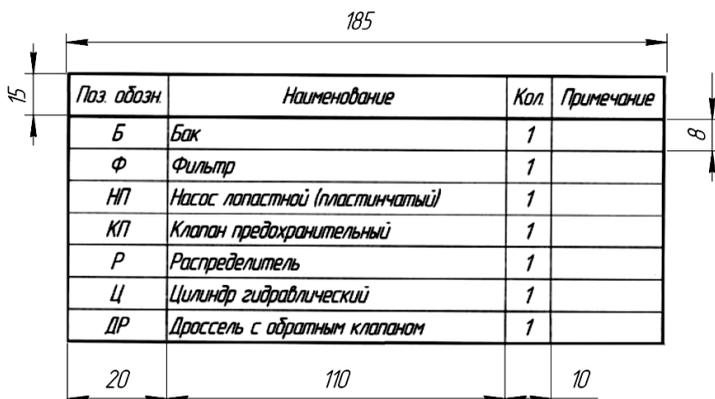


Рисунок 3.9 – Пример таблицы перечня элементов гидро- и пневмосхем

Каждому кинематическому элементу присваивают свой порядковый номер, начиная от источника движения, или буквенно-цифровое позиционное обозначение. Все элементы нумеруют только арабскими цифрами (валы допускается нумеровать римскими цифрами).

Как правило, в курсовом проекте кинематические схемы механизмов указываются на чертеже общего вида.

*Масштабы* для чертежей и схем устанавливает ГОСТ 2.302. В рамках курсового проекта по дисциплине «Дорожные машины» устанавливаются следующие рекомендуемые масштабы:

- натуральной величины – 1:1;
- уменьшения – 1:2; 1:4; 1:5; 1:10; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50;
- увеличения – 2:1; 4:1; 5:1; 10:1.

При выборе масштаба изображения следует по возможности *не применять* масштабы уменьшения 1:2,5; 1:15; 1:75 и масштабы увеличения 2,5:1.

Студент выбирает масштаб самостоятельно на основе знаний, полученных при изучении курса инженерной графики, исходя из сложности и объема чертежа. Применение нестандартных масштабов не допускается.

Ключевым фактором при выборе масштаба является **объем заполнения рабочего поля листа**, он должен составлять **более 75 %**.

ГОСТ 2.201 устанавливает единую обозначенную классификационную систему обозначений изделий и их конструкторских документов для всех отраслей промышленности. Структура обозначения изделия и основного конструкторского документа включает в себя *четырёхзначный код* организации-разработчика, *шестизначный код* классификационной характеристики и *трехзначный порядковый номер*.

Для документации, используемой внутри предприятия, допускается использовать упрощенную схему обозначения. В этом случае **структура**

**обозначения основного конструкторского документа** (рисунок 3.10) включает в себя *условное обозначение изделия 1* и *шестизначный код 2*. Для **неосновного конструкторского документа** добавляется *шифр документа 3*, установленного стандартами ЕСКД.

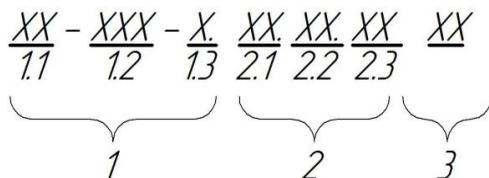


Рисунок 3.10 – Структура обозначения конструкторского документа:  
 1.1 – буквенное обозначение изделия; 1.2 – номер модели (характерный параметр);  
 1.3 – номер модификации изделия; 2.1 – порядковый номер узла изделия;  
 2.2 – порядковый номер сборочной единицы, входящей в узел;  
 2.3 – порядковый номер детали, входящей в сборочную единицу

*Условное обозначение изделия 1* отделяется от *шестизначного кода 2* точкой. Двухзначные номера узла, сборочной единицы и детали в шестизначном коде также отделяются друг от друга точкой.

*Шифры конструкторских документов 3:*

- чертеж общего вида – ВО;
- сборочный чертеж – СБ;
- габаритный чертеж – ГЧ;
- учебно-технический плакат – УП;
- пояснительная записка – ПЗ;
- расчеты – РР;
- таблицы – ТБ;
- техническое задание – ТЗ;
- технические условия – ТУ;
- прочие документы, не имеющие шифра по стандарту – Д.

Схемам, входящим в состав конструкторской документации изделия, присваивают шифр, состоящий из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы.

*Виды схем:*

- кинематическая – К;
- гидравлическая – Г;
- пневматическая – П;
- электрическая – Э;
- комбинированная – С.

*Типы схем:*

- структурная – 1;
- функциональная – 2;
- принципиальная – 3;

- монтажная – 4;
- прочие – 8;
- объединенные – 0.

Приведенную выше схему обозначений целесообразно адаптировать к требованиям учебного процесса. Поэтому в *обозначении изделия 1* следует давать информацию о форме работы (курсовой или дипломный проект, контрольная работа и т. п.), о теме работы и номере учебной группы, сохраняя *код документа* (пояснительная записка, общий вид, деталь и др.). Например, запись КП МЭО–МС41.00.00.00 ВО означает, что это курсовой проект по модернизации экскаватора одноковшового, выполненный студентом группы МС41. Далее следует шестизначный код документа, т. е. общего вида машины.

В основной записи на сборочном чертеже должен быть проставлен (во второй серии цифр) порядковый номер сборочной единицы, имеющийся на чертеже общего вида, например, КП МЭО–МС41.00.03.00 СБ.

В свою очередь в основной записи на рабочем чертеже детали должен быть проставлен порядковый номер детали на сборочном чертеже, например, КП МЭО–МС41.00.03.07.

Если в состав графической части курсового проекта входит принципиальная гидравлическая схема, то основная запись на чертеже этой схемы будет выглядеть следующим образом: КП МЭО–МС41.00.00.00 ГЗ.

## 4 ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

---

Порядок успешного выполнения курсового проекта включает в себя следующие **этапы**:

- подбор и анализ научно-технической и патентной литературы, разработка эскизов и принципиальных схем машины;
- изучение методик расчета аналогичных машин, определение основных параметров машины, выполнение общих расчетов;
- расчет элементов разрабатываемого узла машины, прочностные расчеты;
- конструирование разрабатываемого оборудования, подготовка и оформление чертежей;
- расчет энергоэффективности модернизированной конструкции;
- разработка требований безопасности для полученной машины, проверка ее на устойчивость;
- доработка расчетно-пояснительной записки и чертежей разработанной машины;
- защита курсового проекта.

## 5 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

---

**Защита курсового проекта** является завершающей формой оценки качества выполненной работы. К защите допускается студент, проект которого выполнен в соответствии с заданием к установленному сроку и требованиями настоящих методических указаний. Студент является на защиту строго в установленный срок, имея при себе зачетную книжку.

Защита курсового проекта позволяет понять, насколько глубоко проработана тема исследования и насколько хорошо студент в ней разбирается.

Проекты допускаются к защите только после *нормоконтроля* и отсутствия замечаний, о чем свидетельствует подпись руководителя на титульном листе пояснительной записки и в штампах листов графической части.

К защите студент готовится по консультации руководителя.

Проект допускается к защите решением руководителя. Если студент досрочно выполнил проект, он защищает его досрочно. Ответственность за качество работы несет проектант. **Защита проводится публично.**

Для приема проектов организуется комиссия в составе 2–3-х преподавателей. На одном заседании рассматривается не более 10–15 проектов. К защите студент представляет чертежи, пояснительную записку и оформленное задание кафедры на проектирование. Чертежи проекта развешивают на щите, стенде и т. п. Студенту дается на доклад 5–10 мин.

При защите проекта студент *должен знать и уметь обоснованно изложить следующие сведения:*

- назначение и область применения модернизированной им машины, выполняемые ею технологические операции;
- назначение и функции узлов и механизмов машины;
- назначение и функции деталей разработанного узла, а также технологии их изготовления;
- методики определения мощности, производительности и других основных параметров модернизируемой машины;
- конструкции сборочных единиц, узлов или механизмов, применяемые в разработанной машине (например, двигателе внутреннего сгорания, насосе, гидромоторе и гидроцилиндре, механической части трансмиссии, пневмоколесного и гусеничного ходового оборудования и др.);
- схемы расчета действующих нагрузок и сопротивлений в разработанном узле и действующих усилий и нагрузок для деталей узла;
- основные методы (методики) расчета деталей на прочность;
- материалы, используемые для изготовления спроектированных деталей и методы их термической обработки;

– назначение допусков и посадок в сопряжениях деталей, отклонений формы и расположения поверхностей деталей.

*Рекомендуется* присутствие на открытой защите студентов других курсов специальности 1-37 02 03 «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования» с предоставлением возможности опроса защищающегося по теме курсового проекта.

Оценка проекта производится комиссией сразу или после рассмотрения всех проектов, представленных на заседании. При оценке учитываются:

- обоснованность и качество проектно-конструкторских разработок;
- качество и полнота расчетов;
- правильность выполнения чертежей с соблюдением требований ЕСКД;
- четкость и последовательность доклада;
- качество ответов на вопросы;
- наличие новых технических решений (в виде патентов и полезных моделей), использованных при разработке проектно-конструкторской документации.

Итоговая оценка курсового проекта представляет собой сумму баллов за выполнение и защиту курсового проекта.

*Студент, не выполнивший курсовой проект в установленный срок или не защитивший его, считается имеющим академическую задолженность.*

## 6 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАСЧЕТОВ ДЛЯ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МАШИН

---

В этом разделе рассмотрено примерное содержание расчетной части курсовых проектов машин, входящих в состав дисциплины «Дорожные машины»: машин для земляных работ, для устройства, реконструкции и ремонта дорожных покрытий, для летнего и зимнего содержания автомобильных дорог.

Расчетная часть курсового проекта для машин, выполняющих **подготовительные работы**, содержит ряд отличительных особенностей.

Для **кусторезов с пассивным рабочим органом отвального типа** выполняют следующие расчеты [10, 17, 19, 21, 39, 59, 107, 110].

1 Определение основных параметров машины (мощности, массогабаритных характеристик, скорости передвижения машины при рабочих и холостых ходах).

2 Тяговый расчет в рабочем режиме.

3 Расчеты параметров рабочих органов (ширины и угла захвата, угла наклона верхних щитов, угла заострения ножей, толщины ножей, ширины выступающей части ножа) с учетом действующих сил.

4 Расчеты системы управления рабочим органом.

4.1 Выбор номинального давления рабочей жидкости.

4.2 Расчет и подбор силовых цилиндров, гидроаппаратуры, вспомогательных устройств и гидролиний, составление гидросхемы.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Прочностные расчеты металлоконструкций кустореза.

5.2 Расчеты модернизированного оборудования.

6 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости разработанной машины.

7 Расчет устойчивости прямолинейного движения кустореза.

Для **кусторезов с активным рабочим органом** фрезерного или дискового типов расчет выполняют по следующим позициям [17, 19, 21, 39, 40, 41, 59, 107].

1 Определение основных параметров машины (мощности базового шасси, массы и габаритов машины и рабочего оборудования, рабочей скорости машины).

2 Тяговый расчет в рабочем режиме.

3 Расчеты параметров рабочего органа (диаметра ротора или диска, длины барабана ротора, числа зубьев ротора или дисков кустореза, частоты вращения и т. д.).

- 4 Расчет системы управления рабочим органом.
- 4.1 Расчет и подбор гидромотора привода фрезы.
- 4.2 Расчет и подбор силовых гидроцилиндров, гидроаппаратуры, вспомогательных устройств и гидролиний, составление гидросхемы.
- 5 Расчеты по индивидуальному заданию.
- 5.1 Прочностные расчеты активных рабочих органов кустореза (зуба или диска, рамы и т. д.).
- 5.2 Расчеты модернизированного оборудования.
- 6 Расчеты производительности, удельной материало- и энергоемкости разработанной машины.
- 7 Расчет устойчивости кустореза.

Для **корчевателей рычажного типа, корчевателей-собираателей и кустарниковых граблей** расчеты выполняют по следующим позициям [10, 17, 19, 21, 39, 40, 41, 59, 107].

- 1 Определение основных параметров корчевателя.
- 1.1 Расчет геометрических и конструктивных параметров рабочего органа (максимальной ширины захвата, максимальной величины заглубления, числа зубьев, расстояния между зубьями, длины зуба и т. д.).
- 1.2 Предварительный подбор базовой машины по параметрам мощности двигателя и ширины захвата рабочим органом.
- 2 Тягово-мощностной расчет, включающий определение сил, действующих на машину при работе, расчет баланса мощности и тяговый расчет.
- 3 Расчет гидросистемы управления корчевателем.
- 3.1 Выбор гидроцилиндров подъема-опускания и поворота корчевателя.
- 3.2 Подбор элементов гидропривода, расчет и составление гидравлической схемы корчевателя.
- 4 Расчет производительности, удельной материало- и энергоемкости корчевателя.
- 5 Расчеты по индивидуальному заданию.
- 5.1 Расчеты на прочность рабочего оборудования и металлоконструкций (корчующих зубьев, корчующих рычагов (для корчевателей рычажного типа), пальцев и проушин шарнирных соединений рычага с рабочей рамой и элементами силового привода).
- 5.2 Расчеты модернизированного оборудования корчевателя.
- 6 Расчет устойчивости машины.

Для **мульчеров** выполняют следующие расчеты [17, 19, 21, 40, 41, 59].

- 1 Определение основных параметров мульчера.
- 1.1 Расчет геометрических и конструктивных параметров рабочего органа (конструктивной ширины захвата, глубины фрезерования, частоты оборотов или окружной скорости фрезы, диаметра фрезы по концам ножей, диаметра

барабана (вала) фрезы, числа зубьев фрезы, скорости рабочего передвижения, геометрических параметров режущих элементов и т. д.).

1.2 Расчет мощности привода мульчера.

2 Тягово-мощностной расчет, включающий определение сил, возникающих при работе, расчет баланса мощности и тяговый расчет.

3 Расчет гидросистемы мульчера.

3.1 Выбор гидромотора привода фрезерного барабана.

3.2 Выбор силовых гидроцилиндров позиционирования рабочего органа мульчера.

3.3 Подбор элементов гидропривода, составление гидравлической схемы.

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости мульчера.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчеты на прочность рабочего оборудования и металлоконструкций (валов, подшипниковых узлов, рамы, проушин и т. д.).

5.2 Расчеты модернизированного оборудования мульчера.

6 Расчет устойчивости машины.

Расчетная часть курсового проекта **землеройно-транспортных машин** имеет свои особенности, которые следует учесть в соответствующих разделах.

Для **бульдозеров** выполняется расчет по следующим позициям [15, 16, 17, 21, 23, 35, 57, 61, 63, 65, 76, 78, 80, 90, 91, 103, 105, 107, 108].

1 Определение основных параметров (номинального тягового усилия по сцеплению, статического давления на грунт, положения центра давления, параметров отвала, удельных нагрузок на передней и задней кромках опорной поверхности движителя, скорости рабочего и обратного хода).

2 Тяговые расчеты бульдозеров с неповоротным и поворотным отвалом с учетом прямого и косого резания.

3 Расчеты гидросистемы управления отвалом.

3.1 Выбор гидроцилиндров подъема-опускания, изменения угла резания, поворота отвала в плане.

3.2 Подбор и расчет гидрооборудования, составление гидросхемы.

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости бульдозера.

5 Выбор и расчет механизма компенсации неравномерности нагрузки на отвал.

6 Расчеты по индивидуальному заданию.

6.1 Расчеты на прочность рабочего оборудования бульдозера (толкающих брусьев, универсальной рамы, раскосов, компенсатора неравномерности нагрузок, отвала, шарнирных соединений).

6.2 Расчеты модернизированного оборудования.

7 Расчет устойчивости бульдозера.

Для **рыхлителей** расчет выполняется по следующему принципу [16, 17, 21, 23, 32, 39, 57, 58, 62, 63, 64, 65, 78, 93, 107, 111].

1 Определение основных параметров (номинального тягового усилия по сцеплению, максимальной глубины рыхления, среднего статического давления, смещения центра давления, удельного напорного усилия и вертикального давления на режущей кромке зуба; количества, шага и вылета зубьев, высоты и скорости их подъема, угла рыхления и угла заострения наконечников зубьев).

2 Тяговый расчет рыхлителя в рабочем режиме.

3 Расчеты гидросистемы управления рыхлителем.

3.1 Выбор гидроцилиндров (по результатам оценки сил, действующих на зуб при заглублении и выглублении рыхлителя).

3.2 Подбор и расчет гидрооборудования, составление гидросхемы.

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости рыхлителя.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчеты на прочность элементов рабочего оборудования (рамы, в том числе шарнирных соединений, стержней и балок, зубьев).

5.2 Расчеты модернизированного оборудования.

6 Расчет устойчивости рыхлителя.

Для **одноковшовых погрузчиков** расчет выполняется по следующим позициям [11, 21, 23, 27, 35, 62, 63, 73, 90, 100, 111, 116].

1 Определение основных параметров фронтальных и телескопических погрузчиков (номинальной грузоподъемности, характеристик основного ковша, погрузочного оборудования – длины стрелы, фронтального вылета, высоты разгрузки и угла разгрузки ковша, положения центра давления и распределения нагрузок по осям, напорного и выглубляющего усилий, скоростей рабочего и обратного хода).

2 Тяговые расчеты (для различных режимов работы – заполнения ковша, передвижения погрузчика с грузом и без него).

3 Расчеты гидросистемы управления рабочим оборудованием.

3.1 Выбор гидроцилиндров поворота ковша (по результатам оценки максимального выглубляющего усилия).

3.2 Выбор гидроцилиндров стрелы (по результатам оценки максимального подъемного усилия).

3.3 Подбор и расчет гидрооборудования, составление гидросхемы.

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости погрузчика.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчеты на прочность рабочего оборудования и металлоконструкций (ковша, стрелы, портала, рычажной системы) погрузчика.

5.2 Расчеты модернизированного оборудования.

6 Расчет устойчивости погрузчика.

Для **автогрейдеров** выполняются следующие расчеты [3, 10, 11, 21, 23, 30, 35, 42, 46, 57, 72, 78, 79, 86, 97, 101–103, 107, 111].

1 Определение основных параметров (силы тяжести, силы тяги по сцеплению, мощности двигателя, базы и колеи, параметров отвала, рабочих и транспортных скоростей) трех- и двухосного автогрейдера.

2 Тяговый расчет для рабочего режима.

3 Расчеты гидросистемы управления рабочими органами и механизмами.

3.1 Расчет гидроцилиндров подъема-опускания отвала (по результатам оценки усилий заглабления и выглабления отвала), выноса отвала и изменения его угла резания.

3.2 Определение мощности гидромотора или гидроцилиндров привода механизма поворота отвала (полноповоротного). Для автогрейдеров с неполноповоротным отвалом – расчет гидроцилиндров поворота грейдерного отвала.

3.3 Расчет гидроцилиндров управления боковым наклоном колес (при работе на поперечных уклонах).

3.4 Подбор и расчет гидрооборудования, составление гидросхемы.

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости автогрейдера.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчет модернизированного оборудования автогрейдера.

5.2 Расчеты на прочность рабочего оборудования и металлоконструкций (отвала, тяговой и основной рам, деталей трансмиссии и др.).

6 Расчет устойчивости автогрейдера.

Для **самоходных скреперов** расчеты выполняются по следующим позициям [10, 17, 23, 28, 30, 31, 35, 42, 57, 58, 61, 62, 63, 72, 81, 83, 84, 92, 93, 97, 102, 103, 106, 109, 111].

1 Определение основных параметров одномоторного скрепера (емкости ковша и его габаритных размеров, массы скрепера и ее распределения по осям, мощности силовой установки, рабочей и транспортной скоростей).

2 Тяговый расчет для рабочего режима.

3 Расчеты гидросистемы управления рабочими органами.

3.1 Расчет гидросистемы скрепера со свободной (тяговой) загрузкой.

3.1.1 Выбор гидроцилиндров подъема ковша, поворота скрепера, передней заслонки и задней стенки.

3.2 Расчет гидросистемы скрепера с принудительной загрузкой.

3.2.1 Выбор гидроцилиндров подъема ковша, поворота скрепера, передней заслонки и задней стенки.

3.2.2 Выбор гидромотора привода шнеков или элеватора.

3.2.3 Выбор гидроцилиндров открытия-закрытия подвижного днища или гидроцилиндров подъема-опускания рабочего оборудования (шнеков или элеватора).

3.3 Подбор и расчет гидрооборудования, составление гидросхемы.

4 Расчеты производительности, удельной материало- и энергоемкости скрепера.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчет модернизированного оборудования скрепера.

5.2 Расчеты на прочность узлов и элементов рабочего оборудования (цепного устройства, тяговой рамы, элементов ковша, деталей ходового оборудования, деталей привода управления, буферного устройства, соединений).

5.3 Расчет привода механизма передвижения (мотор-колес).

6 Расчет устойчивости скрепера.

Расчетная часть курсового проекта **землеройных машин** также имеет свои особенности [2, 10, 12, 13, 23, 27–29, 32, 35, 37, 42, 53, 54, 58, 62, 63, 85, 88, 89, 93, 95, 102, 105, 107, 111, 113, 114, 116], которые следует учитывать.

Для **одноковшовых экскаваторов с гибкой подвеской** расчет выполняется по следующему принципу.

1 Определение основных параметров машины (массы машины, массы и размеров рукояти и стрелы в различных сечениях, массы и размеров ковша, габаритов платформы, узлов и механизмов машины, параметров разработки забоя, скорости хода машины и ее механизмов). Производят для прямой лопаты – расчетного рабочего оборудования.

2 Баланс мощности.

2.1 Расчет мощности силовой установки экскаватора (по суммарной мощности механизмов подъема ковша и напора для прямой лопаты).

2.2 Расчет мощности механизма подъема ковша (расчетное положение – подъемный полиспаат занимает вертикальное положение, конец зуба ковша – на горизонтальной линии с осью напорного вала, стрела – под углом  $45^\circ$ ).

2.3 Расчет мощности напорного механизма (усилия напора определяют в трех расчетных положениях: начало копания – стрела под углом  $60^\circ$ ; конец копания – стрела под углом  $45^\circ$  с максимальным вылетом ковша; стрела под углом  $60^\circ$  с максимальным подъемом ковша).

2.4 Расчет мощности механизма поворота (проверочный для оценки правильности выбора силовой установки машины).

3 Тяговый расчет (проверочный).

4 Статический расчет экскаватора.

4.1 Определение массы противовеса (для двух расчетных положений).

4.2 Оценка общей устойчивости машины для рабочего и транспортного режимов (для рабочего – оценивают коэффициент запаса устойчивости  $K_y$  с учетом того, что  $[K_y] = 1,05 \dots 1,1$ ; для транспортного – по условиям реализации наибольшего тягового усилия по сцеплению оценивают наибольший угол подъема или уклона).

5 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости экскаватора.

6 Расчеты по индивидуальному заданию.

6.1 Расчеты на прочность рабочего оборудования:

– для **прямой лопаты** (стрелы, рукояти, ковша);

– для **драглайна** (стрелы, ковша, канатов).

6.2 Расчеты механизмов и узлов экскаватора (механизмов подъема и напора, механизма тяги – для драглайна, ковша, деталей механизма поворота, платформы, нижней и ходовой рам).

6.3 Подбор оборудования и кинематический расчет привода хода (по результатам тягового расчета).

6.4 Расчеты сменных рабочих органов (грейфера двух- и многочелюстного).

6.5 Расчеты модернизированного оборудования.

Для **одноковшовых экскаваторов с гидравлической подвеской** выполняют следующие расчеты.

1 Определение основных параметров экскаватора (массы машины, мощности силовой установки, массы и размеров рукояти, стрелы, ковша, габаритных размеров платформы, узлов и механизмов машины, параметров разработки забоя). Производят для обратной лопаты – расчетного рабочего оборудования.

2 Расчет гидросистемы управления рабочим оборудованием.

2.1 Определение энергоемкости операций копания и подбор гидроцилиндров управления рукоятью, ковшом и стрелой.

2.2 Расчет параметров гидромотора привода механизма поворота.

2.3 Расчет параметров гидромотора привода хода.

3 Статический расчет экскаватора.

3.1 Определение массы противовеса (для двух расчетных положений).

3.2 Оценка общей устойчивости машины для рабочего и транспортного режимов (для рабочего – оценивают коэффициент запаса устойчивости  $K_y$  с учетом того, что  $[K_y] = 1,05 \dots 1,10$ ; для транспортного – по условиям реализации наибольшего тягового усилия по сцеплению оценивают наибольший угол подъема или уклона).

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости экскаватора.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчет модернизированных узлов и элементов рабочего оборудования.

5.2 Расчеты на прочность рабочего оборудования (стрелы, рукояти, ковша).

5.3 Расчеты привода механизмов передвижения и поворота экскаватора.

5.4 Расчеты сменного рабочего оборудования, в том числе грейферов одно- и многочелюстных, с накопителем и без накопителя.

Для **экскаваторов-планировщиков** выполняют следующие расчеты.

1 Определение основных параметров планировщика (массы машины, мощности силовой установки, массы и размеров стрелы и ковша, габаритных размеров платформы, узлов и механизмов шасси, параметров разработки забоя).

2 Тяговый расчет (проверочный).

3 Расчет гидросистемы управления рабочим оборудованием.

3.1 Расчет гидроцилиндров подъема-опускания и выдвигания стрелы, подъема-опускания ковша.

3.2 Расчет параметров гидромотора привода механизма поворота.

3.3 Расчет гидропривода, составление гидросхемы.

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости планировщика.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчет модернизированного оборудования машины.

5.2 Расчеты на прочность модернизированного рабочего оборудования и металлоконструкций.

6 Проверка устойчивости экскаватора-планировщика.

Для **экскаваторов, оборудованных грейфером** выполняют следующие расчеты.

1 Расчет основных параметров экскаватора (массы машины, массы и размеров рукояти и стрелы, габаритов платформы, узлов и механизмов машины).

2 Расчет параметров грейфера.

2.1 Расчет усилий замыкания челюстей при копании.

2.2 Расчет массовых и геометрических характеристик (веса челюстей и их размеров, исходя из заданной вместимости и категории разрабатываемого материала, толщин стенок и днища, числа зубьев и т. д.).

2.3 Расчет гидропривода (силового гидроцилиндра или гидроцилиндров) грейферного захвата

2.4 Расчет канатно-блочного привода (кратности полиспаста замыкающего каната, характеристик каната и др.).

2.5 Подбор компонентов, составление гидравлической или кинематической схемы.

3 Тяговый расчет (проверочный).

4 Расчеты производительности, материалоемкости и энергоемкости экскаватора.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчеты на прочность рабочего оборудования (стрелы, рукояти, ковша, гидроцилиндров или канатов).

5.2 Расчеты механизмов и узлов машины.

5.3 Расчеты модернизированного оборудования.

6 Проверка устойчивости.

Для **траншеекопателей** (многоковшовых экскаваторов продольного копания) [15, 21, 23, 27, 28, 33, 35, 37, 50, 62, 63, 65, 66, 74, 82, 93, 102, 107, 111] выполняются расчеты по следующим пунктам.

Для машин с **роторным рабочим органом**.

1 Определение основных параметров (диаметра ротора, частоты его вращения, числа разгрузок ковша, вместимости ковша, шага ковшей; рабочей скорости движения экскаватора, геометрических характеристик отвального конвейера).

2 Баланс мощности.

2.1 Определение мощности привода ротора.

2.2 Определение мощности привода конвейера.

2.3 Определение мощности, необходимой для передвижения экскаватора.

2.4 Сопоставление общей мощности механизмов с мощностью силовой установки базового тягача.

3 Расчет гидросистемы управления рабочими органами и механизмами.

3.1 Выбор гидромоторов привода ротора, конвейера и механизма передвижения экскаватора (базируется на расчетах мощности этих механизмов).

3.2 Определение усилий в гидроцилиндрах механизма подъема-опускания рабочего оборудования.

3.3 Подбор гидравлического оборудования и составление гидросхемы.

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчеты на прочность (ротора – при выглублении, а также элементов металлоконструкций, включая раму, ковша, деталей отвального конвейера).

5.2 Расчеты привода (рабочего хода экскаватора, ротора, конвейера).

5.3 Расчеты модернизированного оборудования.

Для машин с **цепным рабочим органом**.

1 Определение основных параметров (массы экскаватора, вместимости ковша, шага, длины и скорости движения цепи, шага ковшей по условию свободной разгрузки, числа разгрузок ковша, скорости движения экскаватора, геометрических характеристик конвейера).

2 Баланс мощности.

2.1 Определение мощности привода цепи (складывается из мощностей, затрачиваемых на копание грунта и его подъем до места разгрузки).

2.2 Определение мощности привода передвижения экскаватора.

2.3 Оценка мощности привода конвейера (складывается из мощностей, расходуемых на перемещение ленты транспортера и грунта на ленте транспортера).

2.4 Оценка мощности, затрачиваемой на привод гидронасосов.

2.5 Сопоставление общей мощности механизмов экскаватора с мощностью силовой установки базовой машины.

3 Расчет гидросистемы управления рабочими органами и механизмами.

3.1 Выбор гидромоторов привода цепи, конвейера и механизма хода экскаватора (базируется на расчетах мощности этих механизмов).

3.2 Определение усилий в гидроцилиндрах механизма подъема цепного рабочего органа.

3.3 Подбор гидравлического оборудования и составление гидросхемы.

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчеты на прочность (элементов металлоконструкций, включая раму рабочих органов, ковша, цепи, элементов трансмиссии).

5.2 Расчеты привода (рабочего хода экскаватора, цепного органа, конвейера).

5.3 Расчеты модернизированного оборудования.

В курсовых проектах **машин для уплотнения грунтов и дорожно-строительных материалов** необходимо учитывать следующие особенности их расчетов [6, 17, 22, 34, 36, 37, 40, 41, 46, 49, 67, 68, 90, 116].

1 Определение основных параметров (массы катка, ширины уплотняемой полосы, тягового усилия по сцеплению, скорости движения, мощности силовой установки). Кроме того, с учетом специфики рабочих органов следует оценить:

– для катков статического действия с гладкими вальцами – радиус и ширину вальцов, максимальное контактное давление, глубину воздействия вальца;

– для катков статического действия с кулачковыми вальцами (в дополнение к указанным) – характеристики кулачков (число, длину и ширину кулачка, давление на грунт и др.);

– для катков с вибровальцами (в дополнение к указанным) – вынуждающую силу вибратора, амплитуду и направление колебаний, мощность привода вибровозбудителя;

– для катков с пневмошинами (в дополнение к указанным) – типоразмер и количество шин, зазор между шинами, давление воздуха в шинах.

2 Тяговый расчет.

3 Расчет гидросистемы управления.

3.1 Выбор гидромоторов привода передвижения катка (базируется на оценке максимального тягового усилия на ведущих вальцах, полученного из тягового расчета).

3.2 Выбор гидромотора привода вибровозбудителя.

3.3 Выбор гидроцилиндров управления поворотом машины (с учетом сил сопротивления, возникающих при повороте управляемого вальца).

3.4 Выбор гидравлического оборудования и составление гидросхемы.

4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости.

5 Расчеты по индивидуальному заданию.

5.1 Расчет виброизоляции рамы и рабочего места оператора (машиниста) виброкатка.

5.2 Расчеты на прочность элементов металлоконструкций катков.

5.3 Расчеты модернизированного оборудования.

В курсовых проектах **машин для устройства и содержания автомобильных дорог** расчетная часть имеет следующие особенности.

Для **асфальтоукладчиков** [6, 22, 36, 37, 40, 41, 51, 56, 67, 93, 96] выполняется следующий расчет.

1 Определение основных параметров (массы машины, ширины и толщины укладываемого слоя покрытия, вместимости бункера, рабочих и транспортных скоростей, мощности силовой установки).

2 Тяговый расчет.

3 Баланс мощности.

3.1 Определение мощности рабочего хода машины (базируется на результатах тягового расчета).

3.2 Определение мощностей приводов рабочих органов (питателя, трамбующего бруса, распределительного шнека и др.).

3.3 Сопоставление мощности силовой установки с суммарной мощностью, необходимой для осуществления рабочего процесса.

4 Расчеты системы управления рабочими органами и механизмами.

4.1 Выбор гидроцилиндров подъема-опускания боковых стенок бункера и рабочих органов (шнека, бруса, плиты, заслонок).

4.2 Выбор гидромоторов привода рабочего хода машины и рабочих органов (вибраторов уплотняющих элементов, питателей, шнеков).

4.3 Подбор гидрооборудования и составление гидросхемы.

5 Расчеты производительности, удельной материало- и энергоемкости.

6 Расчеты по индивидуальному заданию.

6.1 Расчеты модернизированного оборудования.

6.2 Расчеты на прочность элементов металлоконструкций и рабочего оборудования (шнеков, брусьев, плит, конвейеров, шарнирных соединений и др.).

6.3 Расчет ходового оборудования и его привода.

7 Проверка устойчивости.

Для **распределителей дорожно-строительных материалов** [22, 25, 36, 37, 40, 41, 51, 90] расчет выполняют по следующим позициям.

1 Определение основных параметров (массы машины, вместимости бункера, ширины и толщины укладываемого слоя материала, рабочих и транспортных скоростей, мощности силовой установки).

2 Тяговый расчет.

3 Баланс мощности.

3.1 Определение мощности рабочего хода машины (базируется на результатах тягового расчета).

3.2 Определение мощностей привода рабочих органов (разравнивающего бруса, виброплиты, заслонок бункера).

3.3 Сопоставление мощности силовой установки с общей мощностью, необходимой для осуществления рабочего процесса.

4 Расчеты гидросистемы управления рабочими органами и механизмами.

4.1 Выбор гидроцилиндров подъема-опускания рабочих органов (разравнивающего бруса, заслонок).

4.2 Выбор гидромоторов привода рабочего хода машины и привода вибраторов уплотняющей плиты.

4.3 Подбор гидрооборудования и составление гидросхемы.

5 Расчеты производительности, удельной материало- и энергоемкости.

6 Расчеты по индивидуальному заданию.

6.1 Расчеты модернизированного оборудования.

6.2 Расчеты на прочность элементов металлоконструкций и рабочих органов (бруса, плиты, шарнирных соединений).

7 Проверка устойчивости.

Для машин по летнему содержанию автомобильных дорог (подметально-уборочных машин) [6, 25, 36, 37, 41, 43, 51, 52, 98] выполняются следующие расчеты.

1 Определение основных параметров (вместимости бункера для смета, вместимости водяного бака системы влажного обеспыливания или расхода воздуха вакуумной системы обеспыливания, параметров главной цилиндрической и лотковых щеток, мощности силовой установки, рабочей и транспортной скоростей).

2 Баланс мощности.

2.1 Определение мощности привода главной щетки.

2.2 Определение мощности привода конических щеток.

2.3 Определение мощности вспомогательного оборудования (гидронасоса системы управления и др.).

2.4 Определение мощности привода системы транспортирования смета в бункер.

2.5 Определение мощности привода рабочего хода машины.

2.6 Определение мощности привода системы влажного обеспыливания.

2.7 Определение мощности привода вентилятора вакуумной системы обеспыливания.

2.8 Сопоставление мощности силовой установки машины с общей мощностью агрегатов машины для осуществления рабочего процесса.

3 Расчеты гидросистемы управления рабочими органами и механизмами.

3.1 Выбор гидроцилиндров подъема-опускания рабочих органов.

3.2 Выбор гидроцилиндров разгрузки контейнеров для смета.

3.3 Выбор гидромоторов привода щеток.

3.4 Выбор гидромоторов привода конвейера и шнекового подборщика.

3.5 Подбор гидрооборудования и составление гидросхемы.

- 4 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости.
- 5 Расчеты по индивидуальному заданию.
  - 5.1 Расчеты модернизированного оборудования.
  - 5.2 Расчеты привода рабочего оборудования.
  - 5.3 Расчеты на прочность элементов металлоконструкций и рабочих органов.
- 6 Проверка устойчивости машины.

Для машин по зимнему содержанию автомобильных дорог (снегоочистителей) [25, 36, 37, 43, 51, 52, 98] расчет выполняют по следующим позициям.

1 Определение основных параметров:

1.1 Для **плужно-щеточного снегоочистителя** – мощности силовой установки, параметров отвала и щетки, ширины захвата, рабочих и транспортных скоростей.

1.2 Для **роторного снегоочистителя** – мощности силовой установки, ширины захвата, параметров ротора (угла разгрузки, дальности отбрасывания снега, скорости вращения), параметров питателя (частоты вращения, диаметра и ширины ленты фрезы, толщины снежного покрова, рабочих и транспортных скоростей).

2 Тяговый расчет.

3 Баланс мощности:

3.1 Роторного снегоочистителя.

3.1.1 Определение мощности роторного механизма.

3.1.2 Определение мощности питателя (фрезы или шнека).

3.1.3 Определение мощности на перемещение машины.

3.1.4 Сопоставление мощности силовой установки машины с суммарной мощностью на привод рабочих органов и перемещения машины.

3.2 Плужно-щеточного тихоходного снегоочистителя.

3.2.1 Определение мощности, передаваемой на щетку через колеса машины.

3.2.2 Определение мощности для привода щеточного оборудования.

3.2.3 Определение мощности, необходимой для перемещения машины.

3.2.4 Определение мощности для привода плужного оборудования.

3.2.5 Сопоставление мощности силовой установки с общей мощностью на привод рабочих органов и хода.

4 Расчет гидросистемы управления рабочими органами плужно-щеточного снегоочистителя.

4.1 Выбор гидроцилиндров подъема-опускания отвала и щеток.

4.2 Выбор гидромотора привода щеток.

4.3 Выбор гидрооборудования и составление гидросхемы.

5 Расчет гидросистемы управления рабочими органами роторного снегоочистителя.

5.1 Выбор гидроцилиндров подъема-опускания рабочих органов.

5.2 Выбор гидроцилиндра поворота ротора.

5.3 Выбор гидромоторов привода ротора и шнекового/фрезерного питателя.

6 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости.

7 Расчеты по индивидуальному заданию.

7.1 Расчеты модернизированного оборудования.

7.2 Расчеты на прочность узлов и элементов рабочего оборудования (щеток, плуга, соединений, кожуха ротора, деталей ротора и питателя – шнека или фрезы).

7.3 Расчет гидромеханического ходоуменьшителя.

8 Проверка устойчивости машины.

Для машин, предназначенных для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий [6, 22, 24, 25, 41, 98], расчеты выполняют по следующим позициям.

1 Определение основных параметров (мощности силовой установки, вместимости бункеров для асфальтобетона или щебня, для вяжущего и бака для воды, габаритов разогреваемого участка ремонтируемой поверхности, давления подачи вяжущего, транспортных скоростей).

2 Тяговый расчет и баланс мощности.

3 Расчеты системы управления рабочими органами и механизмами.

3.1 Выбор гидроцилиндров гидроманипулятора.

3.2 Выбор гидромотора питателя (асфальтобетонной смеси или щебня).

3.3 Подбор оборудования и расчет пневмосистемы подачи материалов.

4 Тепловой расчет бункера для асфальтобетонной смеси или вяжущего.

5 Расчеты производительности, удельной материалоемкости и энергоемкости.

6 Расчеты по индивидуальному заданию, в т. ч. модернизированного оборудования.

7 Проверка устойчивости машины.

Для машин, предназначенных для среднего и капитального ремонта асфальтобетонных покрытий [6, 22, 25, 41, 98, 112], выполняются следующие расчеты.

1 Определение основных параметров (мощности силовой установки, массы машины, ширины и толщины срезаемого и наращиваемого слоев покрытия, вместимости бункеров для вяжущего и минерального наполнителя, рабочих и транспортных скоростей).

2 Тяговый расчет.

3 Баланс мощности.

3.1 Определение мощности рабочего хода машины (базируется на результатах тягового расчета).

3.2 Определение мощности приводов рабочих органов (фрезерного устройства, рыхлителя, смесителя, питателя, распределительного шнека, планировочного отвала, трамбующего бруса, выглаживающей плиты).

3.3 Определение мощности привода насосов подачи вяжущего.

- 3.4 Определение мощности нагревательных элементов.
- 3.5 Определение мощности компрессора.
- 3.6 Сопоставление мощности силовой установки с суммарной мощностью, необходимой для осуществления рабочего процесса.
- 4 Расчеты системы управления рабочими органами и механизмами.
- 4.1 Выбор гидроцилиндров подъема-опускания рабочих органов (фрезерного устройства, шнека, трамбующего бруса, выглаживающей плиты) и боковых стенок бункера.
- 4.2 Выбор гидромоторов привода рабочего хода машины и рабочих органов (вибраторов уплотняющих элементов, питателей, смесителя, фрезы, шнека).
- 4.3 Выбор привода насоса для подачи вяжущего.
- 4.4 Подбор оборудования и расчет пневмосистемы.
- 4.5 Подбор оборудования и составление гидросхемы.
- 5 Расчеты производительности, удельной материал- и энергоемкости.
- 6 Расчеты по индивидуальному заданию.
- 6.1 Расчеты на прочность металлоконструкций, узлов и деталей рабочего оборудования (фрезы, отвала, бруса, плиты, шнека, конвейера).
- 6.2 Расчет привода фрезы.
- 6.3 Расчет привода шнека.
- 6.4 Расчет привода питателя (конвейера).
- 6.5 Расчет привода трамбующего бруса.
- 7 Проверка устойчивости машины.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Абрамов, П. Н.** Курсовое и дипломное проектирование по дорожно-строительным машинам / П. Н. Абрамов. – М. : Высш. шк., 1972. – 120 с.
- 2 **Абрамович, В. А.** Расчет гидропривода механизмов одноковшового экскаватора / В. А. Абрамович, В. А. Довгяло. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 49 с.
3. Автогрейдеры. Устройство, основы расчета : учеб. пособие / В. И. Баловнев [и др.] ; под общ. ред. Г. В. Кустарева. – М. : МАДИ, 2014. – 144 с.
- 4 Автоматика и автоматизация производственных процессов в строительстве и путевом хозяйстве : учеб. / В. Ф. Яковлев [и др.] ; под. ред. В. Ф. Яковлева. – М. : Транспорт, 1990. – 279 с. : ил.
- 5 **Баловнев, В. И.** Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия / В. И. Баловнев. – М. : Машиностроение, 1981. – 224 с.
- 6 **Баловнев, В. И.** Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог / В. И. Баловнев, В. И. Мещеряков, М. А. Беляев. – М.–Омск : Омский дом печати, 2005. – 768 с.
- 7 **Баловнев, В. И.** Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – М. : Транспорт, 1983. – 183 с.
- 8 **Баловнев, В. И.** Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – М. : Транспорт, 1993. – 393 с.
- 9 **Башта, Т. М.** Машиностроительная гидравлика / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1971. – 672 с.
- 10 **Белецкий, Б. Ф.** Строительные машины и оборудование : учеб. пособие / Б. Ф. Белецкий. – СПб. : Издательство «Лань», 2020. – 608 с.
- 11 **Белецкий, Б. Ф.** Строительные машины и оборудование : учеб. пособие / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д : Феникс, 2005. – 608 с.
- 12 **Беркман, И. Л.** Универсальные одноковшовые строительные экскаваторы / И. Л. Беркман, А. В. Раннев, А. К. Рейш. – М. : Высш. шк., 1977. – 384 с.
- 13 **Беркман, И. Л.** Одноковшовые строительные экскаваторы / И. Л. Беркман, А. В. Раннев, А. К. Рейш. – М. : Высш. шк., 1986. – 272 с.
- 14 **Браневиц, А. Г.** Курсовое и дипломное проектирование по специальности «Строительные машины и монтажное оборудование» / А. Г. Браневиц. – М. : Стройиздат, 1973. – 293 с.
- 15 **Бромберг, А. А.** Машины для земляных работ. Атлас конструкций / А. А. Бромберг. – М. : Машиностроение, 1968. – 135 с.
- 16 Бульдозеры и рыхлители / Б. З. Захарчук [и др.]. – М. : Машиностроение, 1987. – 236 с.
- 17 **Вавилов, А. В.** Проектирование строительных и дорожных машин : учеб.-метод. пособие / А. В. Вавилов, А. А. Котлобай, А. Я. Котлобай. – Минск : БНТУ, 2013. – 392 с.
- 18 **Васильченко, В. А.** Гидравлическое оборудование мобильных машин : справ. / В. А. Васильченко. – М. : Машиностроение, 1983. – 301 с.
- 19 **Волков, Д. П.** Строительные машины и средства малой механизации : учеб. для сред. проф. образования / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. – М. : Мастерство, 2002. – 480 с.

20 **Врублевская, В. И.** Детали машин и основы конструирования : пособие по курсовому проектированию / В. И. Врублевская, В. Б. Врублевский, В. А. Довгяло. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 36 с.

21 **Довгяло, В. А.** Дорожно-строительные машины : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Машины для земляных работ / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарёв. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 250 с.

22 **Довгяло, В. А.** Дорожно-строительные машины : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2: Машины для устройства и ремонта дорожных покрытий / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарёв. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 385 с.

23 **Довгяло, В. А.** Машины для земляных работ. Практикум : учеб. пособие / В. А. Довгяло, А. М. Щемелёв, Ю. А. Шебзухов. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 391 с.

24 **Довгяло, В. А.** Машины для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарёв, В. Л. Моисеенко. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 43 с.

25 **Довгяло, В. А.** Машины и оборудование для содержания автомобильных дорог : учеб. пособие / В. А. Довгяло. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 288 с.

26 **Довгяло, В. А.** Методы повышения работоспособности машин и механизмов : учеб. / В. А. Довгяло. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 374 с.

27 **Добронравов, С. С.** Строительные машины и оборудование / С. С. Добронравов. – М. : Высш. шк., 1991. – 456 с.

28 **Добронравов, С. С.** Строительные машины и основы автоматизации : учеб. / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. – М. : Высш. шк., 2001. – 575 с.

29 **Домбровский, Н. Г.** Землеройные машины. Ч. 1. Одноковшовые экскаваторы : учеб. пособие / Н. Г. Домбровский, С. А. Панкратов. – М. : Машиностроение, 1961. – 650 с.

30 **Домбровский, Н. Г.** Землеройно-транспортные машины : учеб. / Н. Г. Домбровский, М. И. Гальперин. – М. : Машиностроение, 1965. – 273 с.

31 **Домбровский, Н. Г.** Строительные машины : в 2 ч. Ч. 1 / Н. Г. Домбровский, Ю. Л. Картвелишвили, М. И. Гальперин. – М. : Машиностроение, 1976. – 391 с.

32 **Домбровский, Н. Г.** Строительные машины : в 2 ч. Ч. 2 / Н. Г. Домбровский, М. И. Гальперин. – М. : Высш. шк., 1985. – 224 с.

33 **Домбровский, Н. Г.** Многоковшовые экскаваторы. Конструкция, теория и расчет / Н. Г. Домбровский. – М. : Машиностроение, 1972. – 432 с.

34 Дорожные катки: развитие, конструкция, расчет : учеб. пособие / В. И. Баловнев [и др.] ; под общ. ред. В. И. Баловнева, С. Н. Иванченко ; Тихоокеан. гос. ун-т. – Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2016. – 216 с.

35 Дорожные машины. Ч. 1. Машины для земляных работ / Т. В. Алексеева [и др.]. – М. : Машиностроение, 1972. – 504 с.

36 Дорожные машины. Ч. 2. Машины для устройства дорожных покрытий / К. А. Артемьев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 396 с.

37 Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет : учеб. / Н. Я. Хархута [и др.] ; под ред. Н. Я. Хархуты. – М. : Машиностроение, 1976. – 468 с.

38 Дорожные машины. Атлас конструкций / А. А. Бромберг, В. И. Баловнев, Н. П. Вошинин ; под ред. А. А. Бромберга. – М. : Машиностроение, 1969. – 151 с.

39 Дорожные машины. Машины для подготовительных работ : каталог-справ. / под ред. С. А. Жидковой и В. Д. Жадана. – М. : ЦНИИТЭ-Строймаш, 1981. – 493 с.

40 Дорожно-строительные машины / А. В. Вавилов [и др.] ; под общ. ред. А. М. Щемелева. – Минск : УП «Технопринт», 2000. – 515 с. : ил.

- 41 Дорожно-строительные машины и комплексы : учеб. / В. И. Баловнев [и др.]. – М.–Омск : СибАДИ, 2001. – 528 с.
- 42 **Доценко, А. И.** Строительные машины / А. И. Доценко, В. Г. Дронов. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 533 с.
- 43 **Доценко, А. И.** Коммунальные машины и оборудование : учеб. пособие / А. И. Доценко. – М. : Архитектура-С, 2005. – 344 с. : ил.
- 44 **Дроздов, Н. Е.** Курсовое и дипломное проектирование по специальности «Строительные машины и оборудование» / Н. Е. Дроздов, Л. А. Фейгин. – М. : Стройиздат, 1980. – 180 с.
- 45 **Дроздов, Н. Е.** Строительные машины и оборудование / Н. Е. Дроздов, Л. А. Фейгин, В. С. Заленский. – М. : Стройиздат, 1988. – 191 с.
- 46 **Дроздов, А. Н.** Строительные машины и оборудование : учеб. / А. Н. Дроздов. – М. : Академия, 2012. – 448 с.
- 47 **Живейнов, Н. Н.** Строительная механика и металлоконструкции строительных и дорожных машин / Н. Н. Живейнов, Г. Н. Карасев, И. Ю. Цвей. – М. : Машиностроение, 1988. – 280 с.
- 48 **Заленский, В. С.** Строительные машины. Примеры расчетов / В. С. Заленский. – М. : Стройиздат, 1973. – 267 с.
- 49 **Захаренко, А. В.** Дорожные катки: теория, расчет, применение : монография / А. В. Захаренко, В. Б. Пермяков, Л. В. Молокова. – СПб. : Издательство «Лань», 2018. – 328 с.
- 50 Землеройные машины непрерывного действия. Конструкция и расчеты / под ред. Л. Е. Подборского. – М. : Машиностроение, 1965. – 275 с.
- 51 **Карабан, Г. Л.** Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов / Г. Л. Карабан, В. И. Баловнев, И. А. Засов. – М. : Машиностроение, 1975. – 368 с.
- 52 Коммунальные машины. Конструкция. Расчет. Потребительские свойства : учеб. пособие / В. И. Баловнев [и др.] ; под общ. ред. В. И. Баловнева, С. Н. Иванченко. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2019. – 384 с.
- 53 **Кудрявцев, Е. М.** Строительные машины и оборудование : учеб. / Е. М. Кудрявцев. – М. : Издательство АСВ, 2012. – 328 с.
- 54 **Лагунова, Ю. А.** Экскаваторы-драглайны : учеб.-метод. пособие / Ю. А. Лагунова. – Екатеринбург : Изд-во УГГГА, 2004. – 107 с.
- 55 **Лейко, В. С.** Строительные машины и механизмы в энергетическом строительстве / В. С. Лейко. – М. : Машиностроение, 1985. – 223 с.
- 56 **Лещинский, А. В.** Расчет асфальтоукладчика : учеб. пособие / А. В. Лещинский, С. Н. Иванченко, Е. А. Шишкин ; Тихоок. гос. ун-т. – Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2015. – 105 с. : ил.
- 57 **Лозовой, Д. А.** Землеройно-транспортные машины : справоч. пособие / Д. А. Лозовой, А. А. Покровский. – М. : Машиностроение, 1973. – 256 с.
- 58 **Лукашук, О. А.** Машины для разработки грунтов. Проектирование и расчет : учеб. пособие / О. А. Лукашук, А. П. Комиссаров, К. Ю. Летнев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 128 с.
- 59 **Мажугин, Е. И.** Мелиоративные машины : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 2 / Е. И. Мажугин, А. Л. Казаков. – Горки : БГСХА, 2018. – 172 с. : ил. (кусторезы и корчеватели)
- 60 Машины для землеройных работ в строительстве. Ч. 1. Отраслевой каталог. – М. : Объединение «Машмир», 1991. – 199 с.

- 61 Машины для земляных работ / А. И. Доценко [и др.]. – М. : Издательский Дом «БАСТЕТ», 2012. – 689 с.
- 62 Машины для земляных работ : учеб. / Ю. А. Ветров [и др.] ; под общ. ред. Ю. А. Ветрова. – Киев : Вища школа, 1981. – 383 с.
- 63 Машины для земляных работ : учеб. / Н. Г. Гаркави [и др.] ; под ред. Н. Г. Гаркави. – М. : Высш. шк., 1982. – 335 с.
- 64 Машины для земляных работ. Теория и расчет / под ред. А. А. Бромберга. – М. : Машиностроение, 1964. – 383 с.
- 65 Машины для земляных работ / Д. П. Волков [и др.] ; под общ. ред. Д. П. Волкова. – М. : Машиностроение, 1992. – 448 с.
- 66 Машины для разработки мерзлых грунтов / В. Д. Телушкин [и др.] ; под ред. В. Д. Телушкина. – М. : Машиностроение, 1973. – 272 с.
- 67 Машины для укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси / С. А. Варганов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1979. – 207 с.
- 68 Машины для уплотнения грунтов и дорожно-строительных материалов / под ред. С. А. Варганова. – М. : Машиностроение, 1981. – 240 с.
- 69 **Мукина, К. М.** Основы стандартизации, метрологии и сертификации : учеб.-метод. пособие / К. М. Мукина. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2010. – 279 с.
- 70 **Нагорный, В. С.** Гидравлические и пневматические системы : учеб. пособие / В. С. Нагорный. – 2-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 444 с. : ил.
- 71 **Новиков, А. Н.** Машины для строительства цементобетонных дорожных покрытий / А. Н. Новиков. – М. : Высш. шк., 1975. – 247 с.
- 72 **Плешков, Д. И.** Бульдозеры, скреперы, грейдеры / Д. И. Плешков, М. И. Хейфец, А. А. Яркин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1980. – 271 с. : ил.
- 73 **Плешков, Д. И.** Строительные погрузчики / Д. И. Плешков, А. И. Скокан. – М. : Высш. шк., 1974. – 272 с.
- 74 **Подборский, Л. Е.** Экскаваторы непрерывного действия. Атлас конструкций / Л. Е. Подборский, Э. Е. Гарбузов. – М. : Машиностроение, 1964. – 148 с.
- 75 Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ / Е. Ю. Малиновский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1980. – 216 с.
- 76 Ремонтно-строительные машины и механизмы : учеб. пособие / В. И. Аринченков [и др.] ; под ред. Н. Г. Гаркави. – М. : Высш. шк., 1988. – 280 с.
- 77 **Рейш, А. К.** Земляные работы. Справочник строителя / А. К. Рейш, А. В. Куртинов, А. П. Дегтярев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1984. – 320 с.
- 78 **Рейш, А. К.** Машины для земляных работ / А. К. Рейш, С. М. Борисов, Б. Ф. Бандаков. – М. : Стройиздат, 1981. – 352 с.
- 79 **Ронинсон, Э. Г.** Машинист автогрейдера : учеб. пособие / Э. Г. Ронинсон, М. Д. Полосин. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2010. – 64 с.
- 80 **Ронинсон, Э. Г.** Машинист бульдозера : учеб. пособие / Э. Г. Ронинсон, М. Д. Полосин. – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2011. – 64 с.
- 81 **Ронинсон, Э. Г.** Машинист скрепера : учеб. пособие / Э. Г. Ронинсон, М. Д. Полосин. – М. : Академия, 2008. – 64 с.
- 82 **Румянцев, В. А.** Новые конструкции траншейных экскаваторов / В. А. Румянцев, И. З. Фиглин, Л. М. Синдаловский. – М. : Машиностроение, 1969. – 128 с.
- 83 **Савин, И. Ф.** Гидравлический привод строительных машин / И. Ф. Савин. – М. : Стройиздат, 1974. – 240 с.

84 Самоходные пневмоколесные скреперы и землевозы / Д. И. Плешков [и др.] ; под ред. Д. И. Плешкова. – М. : Машиностроение, 1970. – 271 с.

85 **Сапоненко, У. И.** Машинист экскаватора одноковшового : учеб. пособие / У. И. Сапоненко. – М. : Академия, 2008. – 64 с.

86 **Севров, К. П.** Автогрейдеры. Конструкция, теория, расчет / К. П. Севров, Б. В. Горячко, А. А. Покровский. – М. : Машиностроение, 1970. – 192 с.

87 Скоростное строительство дорожных одежд с цементобетонным покрытием / В. С. Марышев [и др.]. – М. : Транспорт, 1978. – 216 с.

88 **Смоляницкий, Э. А.** Гидравлические экскаваторы. Ч. I. Определение параметров / Э. А. Смоляницкий, Н. В. Мокин. – Новосибирск, 1976. – 80 с.

89 **Смоляницкий, Э. А.** Гидравлические экскаваторы. Ч. II. Расчет и конструирование механизмов / Э. А. Смоляницкий, Н. В. Мокин. – Новосибирск, 1977. – 65 с.

90 Справочник конструктора дорожных машин / Б. Ф. Бондаков [и др.] ; под ред. И. П. Бородачева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1973. – 503 с.

91 Строительные машины. Атлас конструкций / под ред. Н. Г. Домбровского. – М. : Машиностроение, 1960. – 295 с.

92 Строительные машины : справ. в 2 т. Т. 1. Машины для строительства промышленных, гражданских, гидротехнических сооружений и дорог / В. А. Бауман [и др.] ; под ред. В. А. Баумана, Ф. А. Лапира. – М. : Машиностроение, 1976. – 502 с.

93 Строительные машины : справ. в 2 т. Т. 1. Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог / под общ. ред. Э. Н. Кузина. – М. : Машиностроение, 1981. – 496 с.

94 Машины и оборудование для строительства мелиоративных систем : каталог-справ. – М. : ЦНИИТЭстроймаш, 1979. – 523 с.

95 Строительные машины / под ред. Д. П. Волкова – М. : Высш. шк., 1988. – 319 с.

96 Теория, конструкция и расчет строительных и дорожных машин / под ред. Л. А. Гобермана. – М. : Машиностроение, 1988. – 407 с.

97 **Ульянов, Н. А.** Самоходные колесные землеройно-транспортные машины / Н. А. Ульянов, Э. Г. Роненсон, В. Г. Соловьев. – М. : Машиностроение, 1976. – 359 с.

98 **Уханов, А. П.** Специализированная и специальная автомобильная техника : учеб. пособие / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, М. В. Рыблов. – 2-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2019. – 288 с. : ил.

99 **Фиделев, А. С.** Строительные машины зарубежных стран / А. С. Фиделев. – Киев : Вища школа, 1984. – 129 с.

100 **Фиделев, А. С.** Строительные машины / А. С. Фиделев, Ю. Ф. Чубук. – Киев : Вища школа, 1979. – 336 с.

101 **Холодов, А. М.** Землеройно-транспортные машины : справ. / А. М. Холодов, В. В. Ничке, Л. В. Назаров. – Харьков : Вища школа, 1982. – 192 с.

102 **Холодов, А. М.** Проектирование машин для земляных работ / А. М. Холодов. – Киев : Вища школа, 1986.

103 **Чижик, Е. И.** Землеройно-транспортные машины / Е. И. Чижик. – Могилев, 1992. – 112 с.

104 **Чмиль, В. П.** Гидропневмопривод строительной техники. Конструкция, принцип действия, расчет : учеб. пособие / В. П. Чмиль. – СПб. : Издательство «Лань», 2011. – 320 с. : ил.

- 105 **Шемякин, С. А.** Расчет землеройных машин : учеб. пособие / С. А. Шемякин, А. В. Лещинский ; Тихоокеан. гос. ун-т. – Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2014. – 55 с. : ил.
- 106 **Шемякин, С. А.** Расчет землеройно-транспортных машин : учеб. пособие / С. А. Шемякин, А. В. Лещинский ; Тихоок. гос. ун-т. – Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2014. – 75 с. : ил.
- 107 **Шестопапов, К. К.** Машины для земляных работ: учеб. пособие / К. К. Шестопапов – М. : МАДИ, 2011. – 145 с.
- 108 **Щемелев, А. М.** Расчет бульдозера / А. М. Щемелев. – Могилев : МГТУ, 2001. – 137 с.
- 109 **Щемелев, А. М.** Расчет скреперов / А. М. Щемелев, В. А. Довгяло. – Гомель : БелГУТ, 1995. – 69 с.
- 110 **Щемелев, А. М.** Строительные машины и средства малой механизации / А. М. Щемелев, С. Б. Партнов, Л. И. Белоусов. – Минск : Дизайн ПРО, 1998. – 272 с.
- 111 **Щемелев, А. М.** Проектирование гидропривода машин для земляных работ / А. М. Щемелев. – Могилев : ММИ, 1995. – 322 с.
- 112 Эксплуатация специальных автомобилей для содержания и ремонта городских дорог / В. И. Баловнев [и др.]. – М. : Транспорт, 1992. – 263 с.
- 113 Экскаваторы / Я. Е. Шостак [и др.]. – Минск : Выш. шк., 1974. – 368 с.
- 114 Экскаваторы и стреловые краны : каталог-справ. – М. : ИТЭстроймаш, 1977. – 356 с.
- 115 **Юшкин, В. В.** Гидравлика и гидравлические машины / В. В. Юшкин. – Минск : Выш. шк., 1974. – 268 с.
- 116 **Юшкин, В. В.** Основы расчета объемного гидропривода / В. В. Юшкин. – Минск : Выш. шк., 1982. – 286 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**(обязательное)**

**Пример оформления титульного листа курсового проекта**

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Транспортно-технологические машины и оборудование»**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**по дисциплине «Дорожные машины»**

**На тему:**

« \_\_\_\_\_ »

**Научный руководитель:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Проверил:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Выполнил:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Гомель 20\_\_

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**(обязательное)**

**Пример оформления титульного листа пояснительной записки**

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Транспортно-технологические машины и оборудование»**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**к курсовому проекту по дисциплине:**

**«Дорожные машины»**

**Выполнил:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Гомель 20\_\_**

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**(обязательное)**

Пример бланка задания на выполнение курсового проекта

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**Кафедра «Транспортно-технологические машины и оборудование»**

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В. А. Довгяло

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение курсового проекта по дисциплине**  
**«ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ»**

Студенту \_\_\_\_\_

1 Тема работы \_\_\_\_\_

2 Исходные данные \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3 Содержание расчетно-пояснительной записки \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4 Перечень графического материала \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5 График выполнения проекта

5.1 Подбор и анализ научно-технической литературы, разработка эскизов и принципиальных схем машины.

5.2 Определение основных параметров машины.

5.3 Расчет элементов и узлов рабочего оборудования машины.

5.4 Конструирование рабочего оборудования, разработка и оформление чертежей.

5.5 Доработка расчетно-пояснительной записки и чертежей разработанной машины.

5.6 Защита курсового проекта.

Задание выдано \_\_\_\_\_

Руководитель работы \_\_\_\_\_

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
**(обязательное)**

**Пример оформления листа содержания**

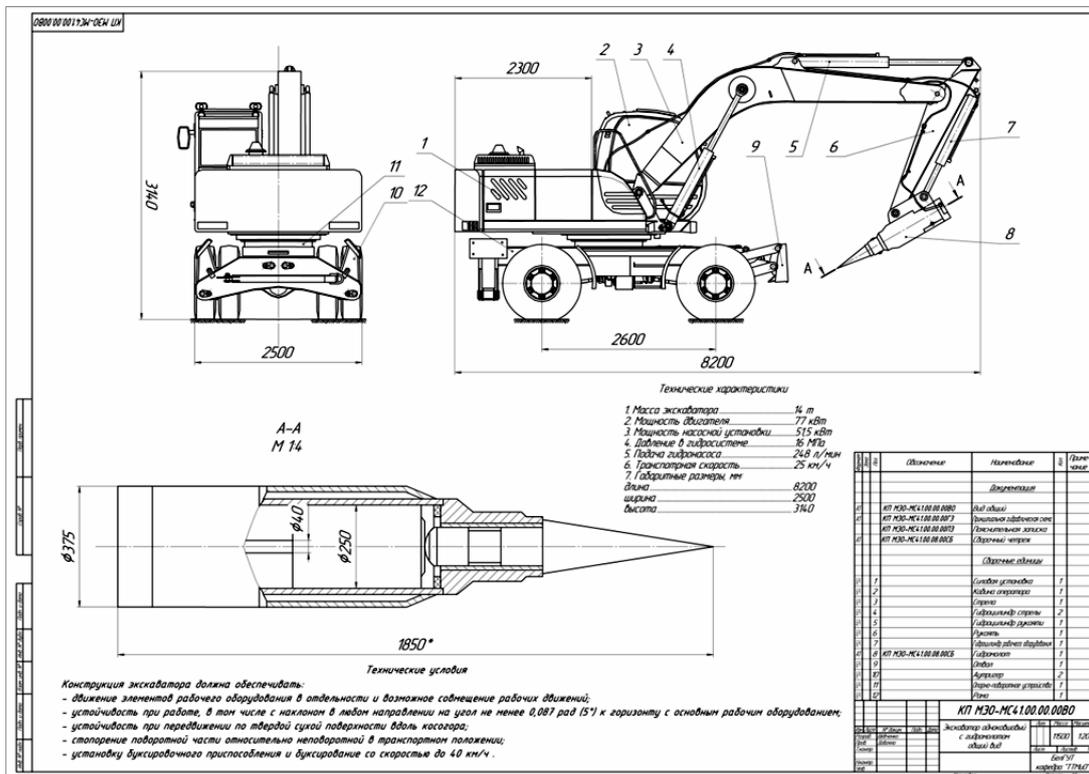
**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИИ БЫСТРОСЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ .....	6
1.1 Назначение и область применения быстросъемных соединительных устройств .....	6
1.2 Патентный анализ БСУ .....	10
2 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРУЕМОЙ МАШИНЫ. 2.1 Назначение, краткое описание устройства и работы гидравлических одноковшовых экскаваторов.....	15
2.2 Патентный анализ модернизаций для гидравлического одноковшового экскаватора.....	19
2.3 Определение основных параметров модернизируемой машины .....	23
2.3.1 Определение мощности первичного двигателя .....	23
2.3.2 Определение параметров насосной установки .....	25
2.3.3 Определение геометрических параметров рабочего оборудования экскаватора.....	27
2.3.4 Подбор силовых гидроцилиндров.....	30
2.3.4.1 Копание поворотом рукоятки гидроцилиндром .....	30
2.3.4.2 Копание поворотом ковша.....	32
2.3.4.3 Подъем рабочего оборудования.....	34
2.3.5 Расчет параметров механизма поворота.....	35
2.3.6 Определение масс элементов экскаватора .....	38
3 РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЯ БСУ .....	41
4 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ .....	44
4.1 Расчет производительности модернизированного экскаватора.....	44
4.2 Расчет энергоэффективности разработанной машины .....	46
4.3 Мероприятия по энерго- и ресурсосбережению .....	49
5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К КОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЭКСКАВАТОРА.....	53
5.1 Статический расчет одноковшового экскаватора .....	53
5.1.1 Определение массы противовеса .....	53
5.1.2 Определение устойчивости экскаватора .....	57
5.2 Требования безопасности при эксплуатации экскаватора.....	62
5.3 Охрана окружающей среды при эксплуатации экскаватора .....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	73

					<i>КП МЭО-МС-4100.00.00ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Модернизация рабочего оборудования гидравлического одноковшового экскаватора.</i>	<i>Лист</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разработчик</i>	<i>Иванов</i>	<i>Петров</i>					3	74
<i>Н. Контр.</i>	<i>Петров</i>				<i>УО «БелГУТ» кафедра «ТТМ и О»</i>			
<i>Утвердил</i>	<i>Петров</i>							

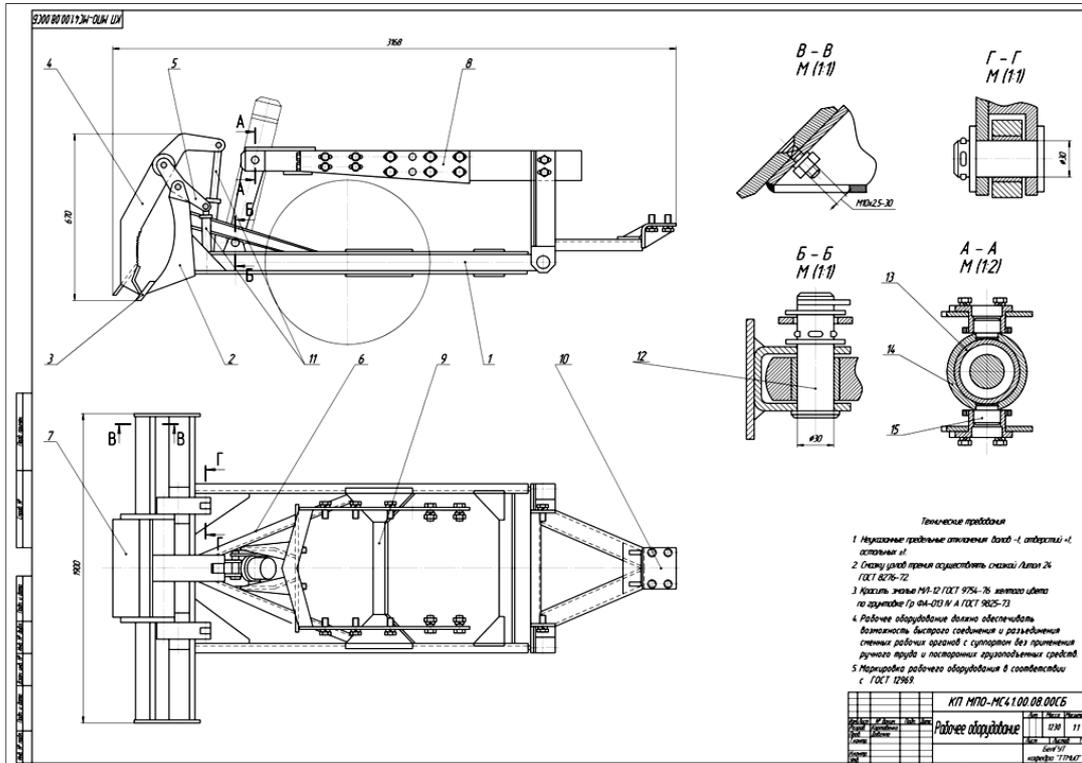
## ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное)

### Пример оформления чертежа общего вида



## ПРИЛОЖЕНИЕ Е (обязательное)

### Пример оформления сборочного чертежа







## **ПРИЛОЖЕНИЕ К (справочное)**

### **Рабочая программа по дисциплине «Дорожные машины»**

#### **Тема 1. Введение**

Предмет и задачи дисциплины. Современное состояние автодорожного комплекса Республики Беларусь. Основные задачи и перспективы развития дорожного машиностроения. Роль изучаемой дисциплины в подготовке инженеров-механиков по эксплуатации, модернизации и ремонту погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования.

Сведения о группах, подгруппах, типах, типоразмерах и типоразмерных рядах дорожно-строительных машин. Показатели (техничко-экономические, технологические, конструктивные и эксплуатационные), характеризующие технический уровень и эффективность функционирования машин и комплексов. Производительность и параметры ресурсосбережения (удельная энергоемкость, удельная материалоемкость и др.). Оценка эффективности модернизации и восстановления машин по фактору ресурсосбережения.

#### **Тема 2. Общие сведения о взаимодействии рабочих органов и ходовых систем машин с грунтами**

Основные сведения о грунтах как объектах разработки. Физико-механические свойства грунтов по трудности разработки. Основные факторы, влияющие на взаимодействие рабочих органов с грунтом: параметры рабочего органа, прочностные характеристики грунта и технология разработки грунта. Силовые схемы резания и копания грунта рабочими органами машин.

Классификация ходовых систем. Основы тягового расчета ходовых систем. Взаимодействие движителя с опорной поверхностью. Гусеничные и пневмоколесные движители. Кинематические схемы ходовых систем дорожно-строительных машин. Особенности взаимодействия движителя (гусеничного и пневмоколесного) с опорной поверхностью. Тяговые расчеты. Комбинированные ходовые системы.

#### **Тема 3. Приводы дорожных машин**

Назначение и состав привода. Классификация силовых установок, трансмиссий и систем управления. Виды приводов. Сопоставление и области применения механического, гидравлического, электрического и пневматического приводов. Внешние характеристики приводов, используемых в машинах для земляных работ. Основные виды силовых установок. Комбинированные силовые установки. Назначение и классификация трансмиссий. Особенности механических и комбинированных трансмиссий. Состав и основные характеристики гидромеханических трансмиссий с гидростатическим (гидрообъемным) и гидродинамическим компонентом.

#### **Тема 4. Автоматизированные системы управления**

Назначение и классификация систем управления. Особенности гидравлических, пневматических, механических и комбинированных систем управления. Основные принципы автоматизации управления. Основные тенденции в развитии систем управления. Основные виды систем управления. Технические средства систем авто-

матизации управления дорожными машинами. Особенности автоматизации различных видов машин для земляных работ (цепных траншейных экскаваторов, бульдозеров, автогрейдеров, скреперов, одноковшовых экскаваторов, машин для уплотнения грунтов.

### **Тема 5. Машины для подготовительных и вспомогательных работ**

Назначение и классификация по основным признакам. Расчетные схемы. Определение основных параметров рабочего, ходового и силового оборудования рыхлителей, корчевателей и кусторезов. Конструктивные особенности рабочих органов машин для подготовительных работ.

### **Тема 6. Землеройно-транспортные машины**

#### *6.1 Бульдозеры*

Назначение, конструкции, классификация по основным признакам. Определение основных параметров. Конструктивные схемы и устройство рабочего оборудования. Расчетные положения. Схемы сил, действующих на бульдозер в различных расчетных случаях (упор в препятствие в процессе резания, заглупление, выглупление). Направления развития бульдозеров.

#### *6.2 Скреперы*

Назначение, конструктивные схемы, классификация по основным признакам. Определение основных параметров. Устройство рабочих органов. Прочностной расчет. Тяговый расчет скрепера для рабочего и транспортного режимов. Современные модели скреперов.

#### *6.3 Автогрейдеры*

Назначение, конструкция, классификация по основным признакам. Определение основных параметров. Общая схема сил, действующих на автогрейдер в процессе выполнения рабочих операций. Расчетные положения. Расчет поперечной устойчивости. Современные модели автогрейдеров.

### **Тема 7. Землеройные машины**

#### *7.1 Гидравлические одноковшовые экскаваторы*

Назначение, классификация по основным признакам, конструктивные схемы и области применения. Рабочие органы, ходовое и силовое оборудование. Технологический процесс и характеристики операций рабочего цикла. Гидравлические экскаваторы. Основные расчетные положения и силы сопротивления копанью.

#### *7.2 Одноковшовые экскаваторы с канатно-блочной подвеской*

Назначение, классификация по основным признакам, конструктивные схемы и области применения экскаваторов с гибкой подвеской. Основные виды сменного рабочего оборудования (прямая и обратная лопаты, драглайн и грейфер) и особенности их расчета. Общий расчет экскаваторов. Совершенствование экскаваторов, разработка новых видов рабочего оборудования.

#### *7.3 Траншейные цепные экскаваторы*

Назначение, классификация и особенности технологического процесса. Цепные траншейные экскаваторы. Устройство рабочих органов. Назначение, классификация по основным признакам, конструктивные схемы. Расчет основных параметров. Современные модели многоковшовых экскаваторов.

### **Тема 8. Машины для уплотнения грунтов**

Основные методы уплотнения: статическая укатка, трамбование, вибрация, виброудар. Классификация машин по методу уплотнения. Рабочие органы, ходовые устройства и системы управления дорожных катков (статического и вибрационного действия, пневмоколесных). Современные модели машин для уплотнения грунтов и других дорожно-строительных материалов. Тенденции развития вибрационных катков.

### **Тема 9. Погрузочно-разгрузочные машины**

Назначение, классификация по основным признакам, конструктивные схемы и области применения. Одноковшовые фронтальные погрузчики. Телескопические погрузчики. Малогабаритные погрузчики. Расчетные схемы. Определение основных параметров рабочего и ходового оборудования. Современные модели и отечественные разработки.

### **Тема 10. Общие сведения о покрытиях автомобильных дорог**

Классификация автомобильных дорог: по среднесуточной интенсивности движения, по капитальности конструкции, по характеру движения, по технико-экономическим показателям. Характеристики многослойной конструкции дорожной одежды. Классификация основных технологических процессов устройства дорожных покрытий.

### **Тема 11. Базовые транспортные средства машин для устройства, ремонта и содержания дорожных покрытий**

Классификация по назначению и основным признакам. Тракторы как базовые и тяговые средства навесного, полуприцепного и прицепного оборудования дорожных машин. Пневмоколесные тягачи и самоходные шасси. Специальные самоходные шасси. Автомобильные шасси.

### **Тема 12. Машины и комплексы для изготовления асфальто- и цементобетонных покрытий**

Классификация машин для устройства, ремонта и содержания автомобильных дорог. Комплекты и комплексы машин. Основные понятия о комплексной механизации и автоматизации дорожных работ. Выбор машин при оценке вариантов комплексной механизации дорожных работ.

#### *12.1 Машины и оборудование для производства асфальтобетонных смесей*

Классификация и свойства асфальтобетонов. Технология производства асфальтобетонных смесей. Стационарные и передвижные асфальтосмесительные установки. Оборудование для производства битумных эмульсий. Классификация битумных эмульсий. Технологический процесс и оборудование для получения эмульсий.

#### *12.2 Машины для устройства асфальтобетонных покрытий*

Технология устройства асфальтобетонных покрытий. Назначение, классификация машин по основным признакам. Рабочие органы и ходовые устройства асфальтоукладчиков и распределителей щебня. Асфальтовые катки. Расчет основных параметров.

#### *12.3 Машины и оборудование для производства цементобетонных смесей*

Оборудование для приготовления цементобетонных смесей. Бетонные заводы и бетоносмесительные установки. Автобетоносмесители.

#### *12.4 Машины для устройства цементобетонных покрытий*

Технология устройства цементобетонных покрытий. Классификация и свойства цементобетона. Назначение и классификация машин и оборудования. Номенклатура машин, составляющих комплекты для устройства покрытий. Рабочие органы, ходовые устройства и основные схемы. Расчет основных параметров рабочих органов.

#### **Тема 13. Машины и комплексы для ремонта дорожных покрытий**

Особенности технологических процессов ремонта дорожных покрытий. Основные технологические операции, требующие механизации ремонтных работ. Назначение, конструкции и классификация машин по ремонту асфальтобетонных покрытий.

##### *13.1 Машины и комплекты для текущего ремонта асфальтобетонных покрытий*

Особенности технологического процесса ямочного ремонта покрытий. Назначение и классификация оборудования. Номенклатура оборудования, составляющего комплект для ремонта. Рабочие органы, ходовые устройства и основные схемы. Расчеты основных параметров рабочих органов.

##### *13.2 Машины и комплексы для среднего ремонта асфальтобетонных покрытий*

Рабочие органы и ходовое оборудование машин и комбайнов для восстановления покрытий различных типов. Машины для холодного и горячего рециклинга. Машины и оборудование для ремонта цементобетонных покрытий. Расчет основных параметров рабочих органов.

*13.3 Машины и комплексы для капитального ремонта асфальтобетонных покрытий*

Капитальный ремонт с удалением и без удаления асфальтобетонных покрытий. Особенности технологического процесса без использования старого материала покрытий и с его повторным использованием. Назначение и классификация оборудования. Рабочие органы, ходовые устройства и основные схемы дорожных фрез, терморемонтеров, рециклеров, ремиксеров. Расчеты основных параметров их рабочих органов.

#### **Тема 14. Машины для летнего содержания дорог**

Особенности технологических процессов. Назначение, конструкции и классификация по методу уборки дорожных покрытий. Рабочие органы, ходовые устройства и основные схемы подметально-уборочных машин, поливочно-моечных и маркировочных машин. Техника для ухода за зелеными насаждениями. Расчет основных параметров.

#### **Тема 15 Машины для зимнего содержания дорог**

Особенности технологических процессов. Основные характеристики снега и льда. Назначение и классификация машин. Рабочие органы, ходовые устройства и основные схемы снегоочистителей, снегоуборочных машин, снегопогрузчиков, распределителей противогололедных материалов. Особенности расчета параметров.

#### **Тема 16 Ресурсосбережение на этапах жизненного цикла машин**

Повышение производительности дорожно-строительных машин. Тенденции в разработке машин с многоцелевыми рабочими органами. Гибридные приводы, адаптивные и рекуперационные системы. Современные методы снижения энерго- и материалоемкости машин и рабочих операций. Утилизация машин и рециклинг материалов.

Учебное издание

*ДОВГЯЛО Владимир Александрович*  
*ПУПАЧЁВ Дмитрий Сергеевич*

## **ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Я. В. Войтеховская*  
Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 21.09.2021 г. Формат 60x84  $\frac{1}{16}$ .  
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 5,06. Тираж 100 экз.  
Зак. № 2283. Изд. № 41.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
№ 3/1583 от 14.11.2017.  
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель