

ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия»

Инженерно-технологический факультет

Кафедра сельскохозяйственных, мелиоративных  
и строительных машин

Кузнецов В.В., Прудников С.Н.

# **ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие  
студентам инженерно-технологического факультета  
по специальности 190207 «Машины и оборудование  
природообустройства и защиты окружающей среды»

Брянск 2014

УДК 631.348.45

ББК

К-89

Кузнецов В.В. Дипломное проектирование: Учебно-методическое пособие/ В.В. Кузнецов, С.Н. Прудников – Брянск: Изд.-во Брянской ГСХА, 2014. - 61 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов-дипломников по специальности 190207 «Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды» при выполнении дипломного проекта. Методическое пособие содержит необходимые методики расчётов и рекомендации по организации дипломного проектирования.

Рецензент:

Зав. кафедрой ЭМТП, к.э.н.      Гринь А.М.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно – технологического факультета от 12 декабря 2013 г., протокол №2.

© Кузнецов В.В., 2014

© Прудников С.Н., 2014

© Брянская ГСХА, 2014

## Содержание

1 Общие положения по дипломному проектированию.....	4
1.1 Цель дипломного проектирования и задачи профессиональной деятельности выпускника.....	4
1.2 Общие положения по организации дипломного проектирования.....	6
1.3 Тематика дипломного проектирования.....	9
1.4 Задание на дипломное проектирование.....	11
1.5 Преддипломная практика.....	12
2 Объем и содержание дипломного проекта.....	14
3 Содержание разделов пояснительной записки... ..	16
3.1 Аннотация.....	16
3.2 Содержание.....	18
3.3 Введение.....	18
3.4 Организационно-экономическая характеристика хозяйства.....	18
3.5 Обзор современных технологий и технических средств по теме дипломного проекта.....	19
3.6 Разработка экономически эффективной технологии выполнения работ для условий предприятия с использованием модернизированного средства механизации .....	20
3.7 Конструкторский раздел.....	51
3.8 Общие выводы.....	52
3.9 Составление библиографического списка.....	53
3.10. Приложения.....	53
4 Обязанности руководителя проекта, рецензента и консультантов.....	53
Библиографический список.....	57

## **1 Общие положения по дипломному проектированию**

### **1.1 Цель дипломного проектирования и задачи профессиональной деятельности выпускника**

В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по специальности 190207 - "Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды" дипломный проект является выпускной квалификационной работой, а процесс дипломного проектирования - заключительным этапом обучения. Дипломное проектирование имеет целью:

- систематизацию, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности и применение этих знаний при решении конкретных научных, технических и производственных задач;
- развитие навыков выполнения самостоятельной работы и овладения методиками экспериментальных исследований при решении разрабатываемых в дипломном проекте вопросов и выявление степени подготовленности студентов для этой работы в условиях современного производства, прогресса науки и техники;
- умение самостоятельно решать сложные технологические и инженерные вопросы, поставив на одно из первых мест решение вопросов, связанных с энергосбережением, освоением малоотходных и безотходных технологий, повышением качества производства, механизации и автоматизации производства, ростом производительности труда на основе внедрения достижений научно-технического прогресса. Особенности этого этапа обучения являются рассмотрение более широкого круга вопросов, комплексный характер решаемых задач, большая самостоятельность и максимальное приближение принимаемых решений к условиям производства.

Для решения профессиональных задач в соответствии с квалификационными требованиями выпускники должны уметь:

- изучать и анализировать информацию, технические данные, показатели и результаты использования машин и оборудования природообустройства и защиты окружающей среды, обобщать и систематизировать их, производить необходимые расчеты, используя современную электронно-вычислительную технику;
- составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, рассчитывать производственные мощности, программу и загрузку оборудования;
- рассчитывать нормативы материальных затрат (нормы расхода запасных частей, материалов, энергии);
- разрабатывать и принимать участие в реализации мероприятий по повышению эффективности производства, направленных на сокращение расхода материалов, снижение трудоемкости, повышение безопасности и производительности труда;
- осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, состоянием и правильной эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом машин и оборудования природообустройства и защиты окружающей среды, экологической и транспортной безопасностью;
- проводить технико-экономический анализ, комплексно обосновывать принимаемые и реализуемые решения по использованию машин и оборудования природообустройства и защиты окружающей среды;
- рассчитывать экономическую эффективность проектируемых и эксплуатируемых изделий, технологических процессов и предоставляемых услуг;
- разрабатывать методы технического контроля и испытания продукции, услуг;

- разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы;
- участвовать в разработке и реализации прогрессивных технологических процессов.

## **1.2 Общие положения по организации дипломного проектирования**

Вышеназванным целям должна соответствовать тематика проектов и требования, предъявляемые к их защите. Крайне необходимо, чтобы элементы законченных проектов в последующем внедрялись в производство на предприятиях по природообустройству и защите окружающей среды разных форм собственности. Это накладывает особую ответственность как на дипломника, являющегося автором проекта, так и на кафедру, рекомендующую проект к защите.

Поскольку дипломные проекты чаще всего представляют собой решение сложных неповторяющихся задач, их темы должны быть предложены студентам третьего-четвертого курсов в период работы над курсовыми проектами (работами) и расчётно-графическими работами по специальным дисциплинам. Это машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды, гидравлика и гидропневмопривод, организация и технология работ по природообустройству, основы природообустройства и защиты окружающей среды.

В ходе дипломного проектирования студент должен показать не только готовность принимать инженерные решения, но и умение анализировать возможные варианты с учетом их технической и экономической целесообразности.

За принятые в дипломном проекте решения, пра-

тельность и точность расчетов, технологические и экономические обоснования отвечает студент - автор проекта.

Закрепление тем дипломных проектов производится приказом ректора по личным письменным заявлениям студентов и представлению кафедры. Задание на проектирование разрабатывается руководителем и утверждается заведующим кафедрой. Оно должно быть выдано студентам не позже начала восьмого семестра.

Дипломный проект должен соответствовать генеральному направлению развития выбранной отрасли сельскохозяйственного производства. В нем отражаются новые достижения науки и техники, передовые приемы и методы труда, используется современное технологическое и энергетическое оборудование.

Актуальным является выполнение комплексных дипломных проектов, в ходе которых решаются вопросы комплексной оценки предлагаемых решений с участием специалистов других кафедр. При комплексном проектировании каждому студенту выдаются индивидуальные задания по регламентированным вопросам. Комплексные дипломные проекты выполняются наиболее подготовленными студентами под руководством высококвалифицированных преподавателей.

Тематика дипломного проектирования призвана соответствовать характеристике сферы профессиональной деятельности выпускника, определенной государственным образовательным стандартом по направлению подготовки дипломированных специалистов 653200 «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы». Этим стандартом предусмотрена подготовка специалиста к проектно-конструкторской, производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской деятельности, работе по ремонту и техническому обслуживанию.

Этим же стандартом установлено, что объектами профессиональной деятельности инженера по специальности "Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды" являются мелиоративные машины, машины для обустройства садово-парковых и ландшафтных комплексов, машины и оборудование для комплексной механизации строительных и транспортных работ в природообустройстве.

Разработки следует вести с такой степенью подробности, чтобы их можно было реализовать в конкретных производственных условиях. Особую ценность представляют результаты научно-исследовательской работы, выполненной студентом, конструкторская разработка и усовершенствование различных машин или механизмов для выполнения тех операций, которые с помощью имеющихся машин трудно механизировать.

Существующие рекомендации по организации проектирования и содержанию выпускной квалификационной работы предусматривают для инженерных факультетов возможность выполнения дипломной работы вместо дипломного проекта. Их различие состоит в том, что в дипломной работе представляется на защиту научно-исследовательская, а не проектно-конструкторская работа, выполненная студентом на кафедре, в КБ или НИИ. Требования к ней определяются кафедрой и должны учитывать актуальность, соответствующий уровень сложности, полноту экспериментального исследования, умение пользоваться современной аппаратурой, ЭВМ, владение математическими приемами планирования и обработки результатов эксперимента. Кроме того, в дипломной работе не обязательна связь с конкретным сельскохозяйственным предприятием, не требуется его организационно-хозяйственная характеристика. Выполнение и защита дипломной работы вместо проекта допускается в порядке исключения и для

тех студентов, которые занимаются научными исследованиями в течение нескольких лет, проявляя склонность к НИР и необходимую самостоятельность.

Следует учитывать, что дипломный проект - это проект учебный. Поэтому в нем должны быть применены и в ходе защиты проявлены знания по изученным в вузе дисциплинам, включая общие гуманитарные и социально-экономические, общие математические и естественно-научные, общепрофессиональные, специальные. При этом студент должен проявить глубину освоения им специальности, показать умение применять теоретические знания к решению практических задач, умение четко и логично излагать свои мысли, отстаивать принятые решения, уметь анализировать полученные результаты и делать правильные выводы. Особое внимание следует уделять экономическому обоснованию эффективности принятых решений, разработке тех разделов проекта, где требуется проявить математическую подготовку, используя знания прикладной математики и применяя вычислительную технику.

### **1.3 Тематика дипломного проектирования**

Тематика дипломных проектов должна соответствовать задачам профессиональной деятельности выпускников, содержащимся в государственном образовательном стандарте. Она должна быть актуальной, т.е. по своему содержанию темы дипломных проектов должны отражать современный уровень науки и техники, реальные проблемы производства, соответствовать перспективам развития науки и техники.

Тематика проектов должна быть связана с техническими задачами предприятий, предпочтительнее, если сформулирована по их заявкам. Объектами проектирова-

ния могут быть реально существующие или перспективные производства, машины, технологии.

В соответствии с профилем подготовки дипломированных специалистов по специальности «Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды», тематика дипломного проектирования включает следующие основные направления:

- обоснование энерго-ресурсосберегающих технологий, конструктивных параметров и режимов работы технических средств при выполнении мелиоративных работ.

- обоснование энерго-ресурсосберегающих технологий, конструктивных параметров и режимов работы технических средств при выполнении дорожно-строительных работ;

- обоснование энерго-ресурсосберегающих технологий, конструктивных параметров и режимов работы технических средств при обустройстве садово-парковых и ландшафтных комплексов;

- обоснование энерго-ресурсосберегающих технологий, конструктивных параметров и режимов работы технических средств при выполнении строительных и транспортных работ в природообустройстве.

- обоснование энерго-ресурсосберегающих технологий, конструктивных параметров и режимов работы технических средств при выполнении строительных и транспортных работ в предприятиях жилищно-коммунального комплекса;

- совершенствование грузовых перевозок в автотранспортных предприятиях;

- совершенствование конструкции и эксплуатационных свойств

Транспортных и технологических машин.

Некоторые дипломные проекты могут носить исследовательский характер и являться развитием и обобщением

нием теоретических и экспериментальных исследований, проведенными студентами в процессе обучения в университете. Темы дипломных проектов научно-исследовательского характера должны быть увязаны с научными направлениями выпускающей кафедры, а также в их перечень могут включаться темы исходя из тематики научных исследований других кафедр.

Разработка отдельных тем дипломных проектов может потребовать комплексного решения сравнительно сложных инженерных задач, связанных, например, с проектированием новых предприятий. При этом возникает необходимость в разработке строительной части, архитектурных решений, решения вопросов инженерных коммуникаций, охраны окружающей среды и экологии и др. Комплексное решение всех этих вопросов выходит за рамки установленного объема работ для одного студента. Поэтому разработку таких тем проектов следует поручать нескольким студентам. В комплексном проектировании могут принимать участие студенты как одной, так и нескольких специальностей.

Темы дипломных проектов должны ежегодно пересматриваться и обновляться с учетом изменений в производстве, достижений науки и техники.

#### **1.4 Задание на дипломное проектирование**

При выдаче задания на проектирование, руководитель сообщает студенту тему проекта, утвержденную приказом по академии и календарный график выполнения его разделов. Одновременно уточняется содержание этих разделов расчетно-пояснительной записки и листов графической части.

Задание на проектирование и график выполнения оформляются на специальном бланке, подписываются ру-

ководителем проекта, дипломником и утверждаются заведующим кафедрой.

В тех случаях, когда в ходе работы над проектом возникает необходимость частичного изменения формулировки темы, это должно быть оформлено приказом по академии не позже, чем за две недели до начала работы ГАК.

При выдаче задания на проектирование студенту сообщаются фамилии консультантов по отдельным разделам и расписание консультаций.

Большое значение имеет своевременное ознакомление студента с перечнем рекомендуемой литературы, а также выдача задания на конструкторскую часть проекта. Оно может быть ориентировочным, с учётом уточнения после завершения технологического раздела.

## **1.5 Преддипломная практика**

Преддипломная практика является завершающей частью учебного процесса, обязательной для всех студентов.

Цель преддипломной практики: подготовить студента к решению проектно-конструкторских и производственно-технологических задач на производстве и к выполнению выпускной квалификационной работы.

Место проведения практики: промышленные предприятия, научно-исследовательские организации и учреждения, где возможно изучение материалов, связанных с темой выпускной квалификационной работы.

Объектами практики могут, например, быть:

- автотранспортные предприятия различной ведомственной принадлежности и различных форм собственности (АТП);
- дорожно-строительные и дорожно-ремонтные предприятия;

- предприятия коммунального комплекса;
- предприятия агропромышленного комплекса;
- промышленные и торговые предприятия, имеющие хорошо развитое транспортное подразделение.

Основными задачами практики являются:

- систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний, полученных в результате обучения в институте по специальности и применение этих знаний для решения конкретных организационно-управленческих, производственных, экономических и научно-технических задач;
- изучение в реальных производственных условиях вопросов технической эксплуатации транспортно-технологических комплексов, в частности производственной, организационно-технической и экономической деятельности предприятий и перспектив их развития;
- сбор необходимого материала с целью его использования при дипломном проектировании.

Перед началом преддипломной практики руководитель дипломного проекта консультирует студента по всем вопросам задания и сбору материала для выполнения дипломного проекта.

Руководитель дипломного проекта также может выдать индивидуальное задание по сбору данных для дипломного проектирования, которое в дальнейшем может быть использовано для выполнения темы проекта с научно-исследовательской направленностью.

Студенты обязаны в полном объеме выполнить программу практики, поддерживая тесную связь с руководителем дипломного проекта, поскольку выполнение проекта, как показывает имеющийся опыт, может начинаться уже непосредственно в ходе практики. В конце преддипломной практики студенты систематизируют материалы, собранные для дипломных проектов и оформляют отчеты по практике.

Студент-дипломник в процессе прохождения преддипломной практики должен изучить вопросы производственной и экономической деятельности предприятия, перспективы и основные направления развития. Наряду с этим, в ходе сбора информации тщательно изучаются организация работ в производственных подразделениях предприятия, технологии производственных процессов, выявляются имеющиеся проблемы с целью разработки в дипломном проекте новых экономически эффективных решений.

Объем и глубина проработки отдельных вопросов определяется руководителем преддипломной практики в зависимости от темы дипломного проекта.

## **2 Объем и содержание дипломного проекта**

Дипломный проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчётно-пояснительная записка состоит из анализа производственной деятельности предприятия, обоснования актуальности темы проекта, технологического, конструкторского, экономического разделов и разделов по охране труда и технике безопасности. Она может быть написана от руки или оформлена с помощью компьютера и составляет 90-110 страниц рукописного текста (70 страниц компьютерного).

Объем графической части с учетом листов, иллюстрирующих экономические показатели, в пределах 9. ..11 листов формата А1.

В начале расчетно-пояснительной записки (после титульного листа и задания на проектирование) представляется аннотация проекта на полстраницы на русском языке и на полстраницы на иностранном языке.

При написании текста компьютерным набором на каждой странице должно быть 27...29 строк, формулы в ЭТОМ случае вписываются от руки.

Все содержание излагается по разделам и подразделам. Цифровой материал рекомендуется сводить в таблицы, каждая из которых должна иметь заголовок, соответствующий ее содержанию. Таблица помещается в тексте сразу же за ее первым упоминанием.

Все расчеты должны сопровождаться схемами, рисунками, поясняющими графиками. Рисунки и другие иллюстрации нумеруются так же, как и таблицы. Чертежи и схемы в пояснительной записке разрешается выполнять карандашом, шариковой ручкой или тушью. Могут быть использованы и светокопии. Листы с иллюстрациями нумеруются как и страницы.

В список использованной литературы включают только те источники, на которые имеются ссылки в тексте записки.

При составлении расчетно-пояснительной записки рекомендуется следующая последовательность расположения материалов:

- титульный лист;
- задание на проектирование;
- аннотация;
- содержание проекта;
- введение;
- организационно-экономическая характеристика хозяйства с обоснованием актуальности темы дипломного проекта;
- обзор современных технологий и технических средств по теме дипломного проекта;
- разработка экономически эффективной технологии выполнения работ для условий предприятия с исполь-

зованием модернизированного в конструкторском разделе средства механизации;

- конструкторский раздел;
- безопасность жизнедеятельности;
- защита окружающей среды;
- технико-экономическое обоснование эффективности проекта

- основные выводы и предложения
- библиографический список;
- приложения.

Титульный лист составляется и оформляется на специальном бланке (приложение А1).

Задание на проектирование (приложение А2) оформляется на специальном бланке, подписывается руководителем и утверждается заведующим кафедрой.

### **3 Содержание разделов пояснительной записки**

#### **3.1 Аннотация**

Аннотация на дипломный проект, пишется на русском и иностранном языке.

В аннотации приводится краткое содержание проекта и дается технико-экономическая оценка эффективности выполненных разработок. В аннотации указывается объект изучения (разработки), цель работы, перечень этапов проектирования, приводятся результаты проектирования, основные технико-экономические показатели, степень внедрения. В аннотации также должны содержаться данные об объеме расчетно-пояснительной записки (количество страниц, рисунков, таблиц, библиографических источников и графического материала). Объем не более одной страницы.

## **3.2 Содержание**

Содержание включает перечень разделов и подразделов текста расчетно-пояснительной записки с нумерацией страниц.

Заголовки и их рубрикация должны точно повторять заголовки в тексте с соблюдением последовательности и соподчиненности, принятой в записке; написание заголовков в содержании начинается с прописной буквы без точки в конце; последнее слово заголовка соединяют отточием с соответствующим ему номером страницы в правом столбце содержания.

## **3.3 Введение**

Перед написанием введения следует подробно изучить документы государственного и регионального значения, касающиеся развития той отрасли, которой посвящен дипломный проект. При написании введения рекомендуется избегать общих фраз и неконкретных формулировок.

Во введении студент излагает проблемы, значение решаемого им вопроса, обосновывает актуальность темы с учетом оценки современного состояния вопроса, основных направлений научно-технического прогресса. Объем введения не более 2... 3 страниц.

## **3.4 Организационно-экономическая характеристика хозяйства**

Организационно-экономическая характеристика хозяйства (в пределах 10% объема расчетно-пояснительной записки) должна содержать сведения об особенностях его географического положения объемах производства, специализации и объективные показатели производственной де-

тельности за три года, предшествующих выполнению дипломного проекта.

В частности рекомендуется изложить следующие вопросы:

- юридический адрес предприятия;
- общая характеристика предприятия: назначение, производственная мощность, условия эксплуатации техники;
- виды выполняемых работ по природообустройству, перевозке грузов, дорожному строительству, благоустройству населённых пунктов и т.д.
- перечень и краткая характеристика производственных объектов и технических средств;
- номенклатура и объемы выполняемых работ по годам за последние три года;
- динамика развития предприятия за последние несколько лет.
- режимы работы технических средств: график работы, производительность, себестоимость работ и т.д.;
- среднесуточные и годовые пробеги по типам подвижного состава.
- генеральный план предприятия, планировка производственных зон и участков;
- количество ИТР, ремонтных и вспомогательных рабочих;
- существующая форма организации технической службы предприятия и ее анализ с точки зрения соответствия современным требованиям;
- организация системы снабжения: нормативы, порядок поступления, хранения и расходов основных эксплуатационных и ремонтных материалов, запасных частей и агрегатов;
- организация учета работы предприятия в отдельных его звеньях, контроля выполнения производственного плана и качества работ;

- план организационно-технических мероприятий по развитию данного предприятия, внедрению новой техники и прогрессивных технологий. Общий план научной организации труда;
- план перспективного развития данного предприятия на ближайшие годы, проблемные вопросы, требующие исследовательской работы.
- система организации оплаты труда и премирования работников.
- производственно-экономическая деятельность предприятия. Система организации труда и заработной платы;

### **3.5 Обзор современных технологий и технических средств по теме дипломного проекта**

Данный раздел является одной из основных частей проекта. Он выполняется на основе изучения учебной, научной литературы и специальных периодических изданий, материалов специализированных международных выставок, презентационных материалов фирм-производителей, материалов патентного поиска и т.д.

По вышеуказанным материалам студент-дипломник кратко описывает суть наиболее эффективных и перспективных технологий выполнения работ, технических средств и технологических комплексов для их выполнения. При этом необходимо учитывать как передовой отечественный опыт, так и опыт зарубежный.

Необходимым элементом в данном разделе является сравнительный анализ описываемых технологий и технических средств, выявление их преимуществ и недостатков, возможности применения для конкретного предприятия.

### **3.6 Разработка экономически эффективной технологии выполнения работ для условий предприятия с использованием модернизированного средства механизации**

Задачей данного раздела является разработка наиболее эффективной для условий хозяйства технологии выполнения проектируемых работ и технических средств её реализации.

Исходным материалом для написания данного раздела является материал двух предыдущих разделов.

В процессе проектирования технологических процессов возможны несколько вариантов технических решений, из которых нужно выбрать один, например, применить определенный набор технологических операций или использовать конкретное оборудование, специальные или универсальные приспособления, инструменты, режим работы. При сравнении вариантов не всегда нужно проводить экономические расчеты. В ряде случаев достаточно ограничиться ссылкой на справочную литературу, патентный поиск или типовой технологический процесс. Текст иллюстрируется необходимыми графиками, схемами, таблицами и экспериментальными данными по результатам выполненных исследований. Анализ существующей технологии, методов организации производственного процесса должны послужить основой для разработки в проекте более совершенного варианта.

В этом же разделе может быть представлена исследовательская часть проекта. При участии студентов в научных исследованиях повышается уровень подготовки выпускника, студенты получают навыки проведения научных исследований, у них развиваются способности к творческому мышлению. Исследования могут быть как теоретическими, так и экспериментальными. Целью научных

исследований является поиск различных вариантов наиболее прогрессивных технических, технологических и организационных решений.

Материал исследовательской части должен содержать теоретические положения, методику исследования, результаты экспериментов, выводы. Результаты исследований представляются в виде таблиц, статистических оценок параметров, графиков.

В этом разделе решаются следующие задачи:

- определяют виды и объемы работ, которые будут выполняться на проектируемом предприятии, отделении, участке.
- определяют комплекс технических средств для выполнения работ;
- приводят краткие характеристики технических средств;
- разрабатывают организационные вопросы выбранных технологических процессов и т.д.

Выполнение вышеназванных этапов должно сопровождаться технологическими расчётами.

Например, возможно обоснование наиболее эффективной технологии выполнения работ рыхлителем по следующей методике.

Эксплуатационная производительность рыхлителя рассчитывается по формуле:

$$P_9 = 3600 \cdot \frac{V}{T_u} \cdot K_e, \quad (1)$$

где  $T_u$  – время цикла, мин

$K_e$  – переводной коэффициент, учитывающий условия работы;

$V$  – объём разрыхленного грунта за цикл, м<sup>3</sup> определяется по формуле:

$$V = B \cdot h_{\text{эф}} \cdot L, \quad (2)$$

где  $B$  – средняя ширина рыхления, м.

$$B = K_{\text{п}} \cdot [b \cdot z + 2h_1 - \text{ctg } \gamma + \ell_1 \cdot (\ell - 1)], \quad (3)$$

где  $K_{\text{п}}$  - коэффициент перекрытия;

$b$  – ширина наконечника зуба рыхлителя, м;

$h_1 = h \cdot k$  – глубина расширения прорези рыхления, м;

$K = 0,9$  – коэффициент глубины расширяющейся части прорези зависящий от угла резания  $\alpha = 45^0$ ;

$$\text{ctg } \gamma = \text{ctg } 30^0;$$

$\ell_1 = \ell - b$  – межосевое расстояние между зубьями рыхлителей, м;

$\ell$  – расстояние между зубьями, м;

$z$  – число зубьев;

$h_{\text{эф}} = 0,6 \cdot h$  – эффективная глубина рыхления с учетом неточности управления рабочим органом, м;

$L$  – длина пути рыхления, м.

Задаемся  $L_{1,м}$  и  $L_{2,м}$ .

$$\text{При } L_{1,м} \quad V_1 = B \cdot h_{\text{эф}} \cdot L_1$$

$$\text{При } L_{2,м} \quad V_2 = B \cdot h_{\text{эф}} \cdot L_2$$

$T_{\text{ц}}$  – продолжительность цикла рыхления, с.

При челночной схеме производства работ при  $L_{1,м}$ :

$$T_u = \frac{L}{V_p} + \frac{L}{V_x} + c + 0, \quad (4)$$

где  $V_p = 0,6 \cdot V_1$  – средняя скорость рыхления при рабочем процессе, м/с;

$V_1$  , – скорость движения рыхлителя на первой передаче, м/с;

$V_x$ , км/ч или  $V_x$ , м/с – средняя скорость рыхлителя при холостом ходе;

$t_c = 5$  – время на переключение коробки перемены передач, с;

$t_o = 2$  – время на управление рабочим органом, с.

При продольно-поперечной схеме производства работ:

при  $L_2$ , м

$$T_u = \frac{L}{V_p} + t_c + t_o + t_n, \quad (5)$$

где  $t_n = 10$  – время на разворот в конце участка, с;

$K_B = 0,9$  – коэффициент использования рыхлителя по времени.

Подставляя значения, получают и сравнивают  $\Pi_{o1}$   $\Pi_{o2}$  в м<sup>3</sup>/ч.

В результате расчетов получают обоснование, при какой из выше проанализированных схем работ данную машину наиболее эффективно и экономично применять.

По результатам обоснования на лист графической части проекта форматом А1 выносят схему движения агрегата в процессе выполнения работы по форме приведенной в приложении А3.

Возможно также выполнить выбор основных параметров рабочих органов рыхлителя по следующей методике.

К основным параметрам рыхлителя относятся следующие параметры:

- класс базового гусеничного промышленного трактора, агрегируемого с рыхлителем  $K$  , м·с;

- число зубьев ;
- ширина наконечника в мм;
- угол резания  $\alpha$  ;
- максимальная или наибольшая глубина рыхления  $h$ , определяют из формулы среднемаксимальных касательных сил резания.

1. Условие работоспособности рыхлителя соблюдается при условии, если:

$$F_{\text{сц}} > P < F_{\text{дв}}.$$

где  $F_{\text{сц}}$  – суммарное, номинальное усилие по сцеплению, Н;

$F_{\text{дв}}$  – тяговое усилие по двигателю, Н.

$$F_{\text{дв}} = M_{\text{к}} \cdot U \cdot r_{\text{зв}} \cdot \eta_{\text{тр}} , \quad (6)$$

где  $M_{\text{к}}$  – момент по валу двигателя, кН·м;

$U$  – передаточное число трансмиссии;

$r_{\text{зв}}$  – радиус ведущей звездочки, м;

$\eta_{\text{тр}}$  – КПД трансмиссии.

Все значения берем из технической характеристики бульдозера.

Суммарное, номинальное усилие по сцеплению определяется по формуле

$$F_{\text{сц}} = G_{\text{б}} \cdot \varphi_{\text{сц}} = m_{\text{б}} \cdot q \cdot \varphi_{\text{сц}} , \quad (7)$$

где  $G_{\text{б}}$  – вес бульдозера с рабочим оборудованием, кН;

$\varphi_{\text{сц}} = 0,7$  – коэффициент сцепления.

По значению минимума  $F_{\text{дв}}$ , рассчитываем силу резания

$$P = P_{\text{р}} + P_{\text{п}} , \quad (8)$$

где  $P_p$  – горизонтальная составляющая сил сопротивления грунта рыхлению, Н;

$P_{\Pi}$  – сопротивление перемещению базовой машины, Н.

$$P_{\Pi} = (G_{\text{б}} - R_{\text{ов}}) \cdot (f_0 + i), \quad (9)$$

где  $R_{\text{ов}} = k \cdot x \cdot B$  – вертикальная составляющая от сил сопротивления рыхления, кН;

$k$  – несущая способность грунта, Н/м<sup>2</sup>.

$x$  – толщина лезвия зуба, м;

$B = z \cdot b$  – ширина зубьев, м;

$f_0 = 0,1$  – коэффициент сопротивления перемещения базовой машины;

$i$  – уклон поверхности.

Отсюда:

$$P = F_{\text{дв}} - P_{\Pi}, \text{ кН.}$$

где  $\gamma$  – угол уклона расширяющейся части прорези в <sup>0</sup>;  
 $k = 0,85$  – коэффициент глубины расширяющейся части.

Среднемаксимальные касательные силы резания рассчитывают по различным методикам:

- по формуле Зеленина:

$$P_{\text{ол}} = 10 \cdot C \cdot h \cdot (1 + 0,55 \cdot \epsilon) \cdot \left(1 - \frac{90 - \alpha}{150}\right) \cdot \mu \cdot \Delta \beta \cdot z, \quad (10)$$

где  $C = (0,8 \div 1,2) \cdot \sigma_p = 1 \cdot 100 = 100$  ударов – число ударов ударника.

$\sigma_p = 100$  – предельное нормальное напряжение на растяжение, Н/см<sup>2</sup>;

$b$  – ширина наконечника, м;

$\alpha = 45^{\circ}$ ;

$\mu = 1$  – коэффициент блокировки;  
 $\Delta = 1$  – коэффициент затупления;  
 $\beta = 1$  – коэффициент угла заострения профиля;  
 $z$  – число зубьев.

Подставляя значения в формулу 10, выражают  $h$

$$h_1 = \frac{P_{01}}{10 \cdot C \cdot (1 + 0,55 \cdot \vartheta) \cdot \left(1 - \frac{90 - \alpha}{150}\right) \cdot \mu \cdot \Delta \cdot \beta} \cdot z \quad \text{см} \quad (11)$$

- по формуле Зеленина с учетом зон разрушения

$$P_{02} = \left[ \zeta \cdot v \cdot h_2 \cdot \sigma_p \cdot \sin \alpha + 10 \cdot C \cdot h_2 \cdot (1 + 0,55 \cdot v) \cdot \left(1 - \frac{90 - \nu}{150}\right) \cdot \mu \cdot \Delta \cdot \beta \right] \cdot z, \quad (12)$$

Отсюда:

$$h_2 = \frac{P_{02}}{z \cdot \left[ \zeta \cdot v \cdot \sigma_p \cdot \sin \alpha + 10 \cdot C \cdot (1 + 0,55 \cdot v) \cdot \left(1 - \frac{90 - \nu}{150}\right) \cdot \mu \cdot \Delta \cdot \beta \right]} \quad \text{см} \quad (13)$$

где  $\zeta = 3,5$  – коэффициент отношения площадей разрушения;

$h$  – глубина рыхления, м;

$h_1 = k \cdot h$  – глубина начала расширения прорези, м;

$h_2 = h - h_1$  – глубина прямой прорези, м;

- по формуле Ветрова:

$$P_{03} = m_{св} \cdot (\varphi \cdot F_{св} + \eta_b \cdot F_b + \eta_{бс} \cdot L_{бс} + \eta_{пл} \cdot h \cdot L_{з.н}), \quad (14)$$

где  $m_{св}$  – удельная сила резания в лобовой части прорези, Н/см<sup>2</sup>;

$\varphi = 1$  – коэффициент влияния угла резания;

$\eta_b = 0,52$ ;  $\eta_{бс} = 76$ см;  $\eta_{пл} = 0,08$  – коэффициенты разрушения грунта;

$F_{св} = v \cdot h \cdot z$  – площадь лобовой части прорези, см<sup>3</sup>;

При этом:

$$F_6 = h_1^2 \cdot \operatorname{ctg} \gamma + \ell_1 \cdot h_1 \cdot (z - 1) = (k \cdot h)^2 \cdot \operatorname{ctg} \gamma + 45 \cdot k \cdot h \cdot (\ell - 1) \quad (15)$$

где  $\ell_1 = \ell$  - в- расстояние между соседними зубьями, м;

Тогда:

$$F_6 = (0,85 \cdot h)^2 \cdot \operatorname{ctg} 50 + 90 \cdot 0,85 \cdot h = 0,72 \cdot h^2 \cdot 0,84 + 76,5 \cdot h =$$

$= 0,6 \cdot h^2 + 76,5 \cdot h$  - площадь разрушенного грунта в боковых расширениях,  $\text{м}^2$ ;

$L_{\text{сб}} = 2 \cdot z \cdot h_2 = 2 \cdot 3 \cdot (h - k \cdot h) = 0,9 \cdot h$  - длина линии бокового среза, м;

$L_{\text{з.н}} = z$  - в- длина затупления ножа, см.

Подставляя в формулу (14), получим:

$$P_{03} = m_{\text{св}} \cdot (\varphi \cdot 15 \cdot h + 0,52 \cdot (0,6 \cdot h^2 + 76,5 \cdot h) + 76 \cdot 0,9 \cdot h + 0,08 \cdot h \cdot 15) =$$

$$= m_{\text{св}} \cdot (h \cdot (15 \cdot \varphi + 39,8 + 68,4 + 1,2) + 0,312 \cdot h^2) = 3732 \cdot h + 9,36 \cdot h^2 ;$$

где  $P_3$ , Н/м.

$h$ , см.

Окончательно определяют глубину рыхления  $h_p$  как среднеарифметическое значение всех значений  $h$  по формуле:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{2}, \quad (16)$$

Подставляя значения  $h$  в формулы параметров разрабатываемого забоя, получают:

$h_1$ , см;

$h_2$ , см;

$\ell$ , м;  $\ell_1$ , м;  $v$ , м;

Определяют нормальную составляющую от сил сопротивления грунта резанию по формуле:

$$P_{02} = P_p \cdot \psi, \quad (17)$$

где  $\psi = 0,15$  – коэффициент пропорциональности.

Проводят проверку работоспособности машины по условию:

$$P_p < (G_p - P_{02}) \cdot (\varphi_{\text{сц}} - f - i), \quad (18)$$

К технологическим расчётам можно также отнести основы расчета ходового оборудования строительных машин.

Основы расчета двухгусеничного ходового оборудования выполняют по следующей методике.

Линейные размеры гусеничного оборудования определяются уравнением регрессии

$$\ell = k \cdot \sqrt[3]{G}, \quad (19)$$

где  $k$  – коэффициент, определяется по таблице 1, с учётом линейных размеров гусеничного хода машин.

$G$  – масса машины, т.

Толщину звена гусеницы определяют по формуле:

$$h_3 = (0,10 \div 0,13) \cdot t,$$

где  $t$  – шаг звена, м.

Расстояние между осями опорных катков принимают по формуле

$$t_k = (1,5 \div 1,7) \cdot t, \text{ м}$$

Колея гусеничного хода:

$$B_1 = B - b, \quad (20)$$

Соотношение размеров гусеничного хода принимают:

для обычной модификации  $\alpha/b = 7 - 8$

для болотной модификации  $\alpha/b = 4,8 - 5,2$ .

Выбранные размеры опорной поверхности уточняют по средним удельным машинам на грунт:

$$p = \frac{G}{2 \cdot b \cdot \alpha} \leq [p], \text{ Н/см}^2 \quad (21)$$

где  $G$  – сила тяжести машины, Н;

$b, \alpha$  – ширина и длина опорной поверхности гусеницы, см;

$[p]$  – допускаемое удельное давление на грунт,  $\text{Н/см}^2$ .

В случае, если  $p > [p]$ , следует изменить параметры опорной поверхности, сохранив соотношение размеров.

В соответствии с выбранными размерами вычерчивается расчетная схема гусеничного хода с указанием размеров и силовых факторов.

Суммарное сопротивление движению гусеничного хода определяется по формуле:

$$\sum W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 \quad (22)$$

где  $W_1$  – внутреннее сопротивление ходового механизма и движителя, Н;

$W_2$  – сопротивление инерции при разгоне, Н;

$W_3$  – сопротивление подъему, Н;

$W_4$  – сопротивление движению на горизонтальном участке, Н;

$W_5$  – сопротивление ветра, Н;

$W_6$  – сопротивление при движении по кривой (повороту), Н.

Таблица 1

Коэффициент К для основных размеров двухгусеничного  
ходового оборудования массой до 100 т

Показатели	Обоз- на- чение	Коэффициент К для:	
		многоопор- ных гусениц	малоопорных гусениц
Ширина хода	B	0,86 – 0,90	0,91 – 0,96
Опорная длина гусеницы	$\alpha$	1,10 – 1,15	1,10 – 1,15
Ширина звена,	b	0,17 – 0,20	0,18 – 0,20
Шаг звена,	t	0,07 – 0,09	0,08 – 0,10
Высота гусеницы	h	0,30 – 0,36	0,32 – 0,38
Диаметр опорного катка	D	0,08 – 0,11	0,20 – 0,30
Диаметр ведущего колеса	D <sub>1</sub>	0,25 – 0,32	0,27 – 0,34
Диаметр направ- ляющего колеса,	D <sub>2</sub>	0,23 – 0,30	0,25 – 0,31
Диаметр поддер- живающего катка,	D <sub>3</sub>	0,05 – 0,10	D <sub>3</sub> = D

Внутреннее сопротивление ходового механизма определяется по формуле

$$W_1 = W_1' + W_2' + W_3' + W_4' + W_5' + W_6' + W_7' \quad (23)$$

где  $W_1'$  - сопротивление в подшипниках опорных катков, Н;

$W_2'$  - сопротивление в подшипниках ведущих колес, Н;

$W_3'$  - сопротивление в подшипниках направляющих колес, Н;

- $W_4'$  - сопротивление катанию опорных катков, Н;
- $W_5'$  - сопротивление изгибанию гусеничных цепей на ведущих колесах, Н;
- $W_6'$  - сопротивление изгибанию гусеничных цепей на направляющих колесах, Н;
- $W_7'$  - сопротивление движению верхней части гусеничной цепи по поддерживающим каткам, Н.

Для предварительных расчетов, когда неизвестны размеры деталей гусеничного хода, отдельные составляющие сопротивления можно принимать из таблицы 2.

Таблица 2

Зависимость отдельных сопротивлений  $W_i$  (Н) от силы тяжести машины  $G$  (Н), в %

Сопротивления	Гусеничное ходовое оборудование	
	многоопорное	малоопорное
$W_1'$	1,6 – 1,8	1,6 – 1,8
$W_2'$	1,1 – 1,2	1,1 – 1,2
$W_3'$	0,1 – 1,6	0,1 – 1,6
$W_4'$	0,8 – 0,9	0,4 – 0,5
$W_5'$	1,3 – 1,6	1,3 – 1,5
$W_6'$	0,4 – 2,5	0,4 – 2,5
$W_7'$	0,1 – 0,2	0,1 – 0,8
$W_1$	5,6 – 9,8	5,0 – 9,4
$W_2$	1 - 2	1 – 2
$W_4$	6,5 – 12,5	8 – 17,5

Если известны размеры деталей гусеничного ходового оборудования, то внутреннее сопротивление определяют по формуле:

$$W_1 = \gamma_1 \cdot \left[ \frac{(G - \gamma_3) \cdot \mu \cdot d}{D} + \frac{R \cdot \mu \cdot d_1}{D_1} + \frac{\gamma_3 \cdot S_m \cdot \mu \cdot d_2}{D_2} + \frac{\gamma(G - \gamma_3) \cdot r}{D} + \right. \\ \left. + \frac{1,15 \cdot S_m \cdot \mu \cdot d_0}{D_1} + \frac{\gamma_3 \cdot S_m \cdot \mu \cdot d_0}{D_2} + \frac{\gamma_3 (\mu \cdot d_3 + \gamma \cdot r)}{D_3} \right], \quad (24)$$

где  $\kappa_1$  – коэффициент запаса;  $\kappa_1 \approx 1,1$ ;

$G$  – сила тяжести машины, Н;

$\gamma_3$  – силы тяжести гусеничных звеньев, лежащих на земле, Н;

$q_3 = 2 \cdot \gamma_r \cdot \alpha$ ,  $\gamma_r$  – погонная сила тяжести гусеничной ленты Н/м;

$\gamma_r = 400 - 800$  Н/м при  $G = 100-200$  кН;

$\gamma_r = 800 - 1200$  Н/м при  $G = 200-500$  кН;

$\gamma_r = 1200 - 2000$  Н/м при  $G = 500-1000$  кН;

$\alpha$  – опорная длина гусеницы, м;

$D, D_1, D_2, D_3$  – соответственно диаметры: опорного катка, ведущего колеса, направляющего колеса; катка, поддерживающего верхнюю часть гусеничной цепи, см; Для малоопорной гусеницы  $D_3 = D_1$ ;

$\mu$  – коэффициент трения в подшипниках;

$d, d_1, d_2, d_3, d_0$  – опорного катка, ведущего и направляющего колес, катка, поддерживающего верхнюю часть гусеничной цепи, диаметр пальца шарнира звена гусеницы, см;

$\mu'$  – коэффициент трения скольжения в шарнирах звена цепи;  $\mu' = 0,25 - 0,4$ ;

$r$  – радиус качения опорных катков по звеньям гусеницы;  $r = 0,05 - 0,85$  см; при наличии грязи и земли  $r = 0,10 - 0,15$  см;

$R \approx (1,3 - 1,5) \cdot S_T$ ;  $S_T$  – максимальное тяговое усилие по двигателю, Н;  $S_T = (0,4 - 0,6) \cdot G$ ; соответственно диаметры осей, в Н.

Таблица 3

Коэффициент трения в подшипниках  $\mu$ 

Состояние поверхностей	Тип подшипников						
	скольжения				качения		
	бронза	баббит	чугун	капрон	шариковые	роликовые	игольчатые
Новые	0,06-0,1	0,03-0,1	0,12-0,18	0,05-0,08	0,004	0,005	0,004
После приработки	0,02-0,06	0,015-0,05	0,06-0,10	0,01-0,02	0,0015	0,002	0,007

Сопротивление инерции при работе определяется по формуле

$$W_2 = \mu \cdot G \cdot \frac{v}{t_p}, \quad (25)$$

где  $\mu$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс;

$$\mu = 1,0 - 1,1;$$

$v$  – скорость передвижения, м/с;

$t_p$  – время разгона, с;  $t_p = 2 - 4$  с;

$G$  – масса машины, кг.

Таблица 4

Ориентировочные значения диаметров осей катков, колес, звеньев

Диаметр, см	Масса машины, т		
	10 - 30	30 - 60	60 - 100
$d$	4-6 (10-12)	6-8 (12-14)	8-10 (14-16)
$d_1$	10-15	15-20	20-30
$d_2$	6-10	10-14	14-20
$d_3$	3-5 (10-12)	5-7 (12-14)	7-9 (14-16)
$d_0$	3-4	4-5	5-7

В скобках даны значения для малоопорного гусеничного хода.

Сопротивление подъему определяется по формуле

$$W_3 = G \cdot \sin \alpha , \quad (26)$$

где  $\alpha$  – наибольший угол подъема машины, град;  
G в Н.

Сопротивление движению на горизонтальном участке определяется по формуле

$$W_4 = G \cdot f , \quad (27)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления движению гусеничных машин, зависит от состояния поверхности движения.

При движении по грунтовым деформируемым основаниям сопротивление  $W_4$  может быть определено по формулам

- для гусениц с опущенным передним колесом:

$$W_4 = \frac{2 \cdot n \cdot v \cdot k_2^2 \cdot p^2}{3 \cdot p_0} \cdot \sqrt{\frac{D_1}{D_1 - l_1}} , \quad (28)$$

- для гусениц с поднятыми передними колесами

$$W_4 = \frac{v \cdot v \cdot k_2^2 \cdot p^2}{2 \cdot p_0} , \quad (29)$$

где  $n$  – число гусениц;  $n = 2$ ;

$v$  – ширина гусеницы, см;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий неравномерность соприкосновения гусеницы с грунтом;  $k_2 = 1,0 - 1,5$  – для многоопорной гусеницы;  $k_2 = 1,8 - 2,5$  – для малоопорной гусеницы;

$p$  – среднее удельное давление машины на грунт,  $\text{H}/\text{см}^2$ ;

$P_0$  – коэффициент сопротивления смятию грунта, соответствующий погружению опорной поверхности в  $1\text{ см}^2$  на глубину в  $1\text{ см}$ ,  $\frac{\text{H}/\text{см}^2}{\text{см}}$ ;

$D_1$  – диаметр ведущего колеса, см;

$h_1$  – глубина погружения гусеницы в грунт, см;

$$h_1 = \frac{(1,5 \div 2,0) \cdot p}{P_0} \quad (30)$$

Таблица 5

Значения коэффициента сопротивления смятию  $P_0$  и допускаемое удельное давление на грунт  $[p]$

Тип грунта	$p_0, \text{H}/\text{см}^2$	$[p], \text{H}/\text{см}^2$
1. (рыхлый грунт)	3-6	40-70
2. (плотный грунт)	5-13	80-150
3. (рыхлый песок)	2-3	20-40
4. (заболоченный грунт)	1,0-1,5	1-3

Сопротивление ветра определяется по формуле

$$W_5 = q \cdot F \quad (31)$$

где  $q$  – удельное давление ветра,  $\text{H}/\text{м}^2$ ; по ГОСТ 1451-42,  $q = 250 \text{ H}/\text{м}^2$ ;

$F$  – лобовая наветренная площадь машины,  $\text{м}^2$ .

Сопротивление ветра для гусеничных машин вследствие малых рабочих и транспортных скоростей не учитывается;  $W_5 = 0$ .

Соппротивление при движении по кривой определяется по формуле

$$W_6 = \frac{(M_1 + M_2) \cdot \omega}{v} = (M_1 + M_2) \cdot \frac{1}{r}, \quad (32)$$

где  $M_1$  – момент трения гусеницы об основание, Н·м;  
 $M_2$  – момент скальвающих усилий, Н·м;  
 $\omega$  – угловая скорость поворота машины, рад/с;  
 $v$  – скорость движения незаторможенной гусеницы (машины), м/с;

$r$  – радиус, описываемый наружной гусеницей, м.

В действительности поворот машины происходит относительно центра тяжести машины, условно за центр поворота машины принимают середину опорной поверхности заторможенной гусеницы, поэтому  $r = b$ .

Момент трения гусеницы о основание (при  $\frac{\alpha}{b} < 5$ ) определяется по формуле:

$$M_1 = R_1 \cdot f_{mp} \cdot \frac{\alpha}{4}, \quad (33)$$

где  $R_1$  – реакция на наиболее загруженную гусеницу, Н.

$$R_1 = \gamma \cdot \left(0,5 + \frac{\ell_2}{B_1}\right) \quad (34)$$

$\ell_2$  – координата центра тяжести от продольной оси машины, м;

$f_{тр}$  – коэффициент трения основания о сталь, для болотно-торфяного грунта  $f_{тр} = 0,5 - 0,65$ .

Момент трения гусеницы о основание (при  $\frac{\alpha}{\epsilon} > 5$ ) определяется по формуле:

$$M_1 = \kappa_3 \cdot f_{mp} \cdot p \cdot \frac{\epsilon \cdot \alpha}{4} = \kappa_3 \cdot f_{mp} \cdot \frac{G \cdot \alpha}{8}, \quad (35)$$

где  $\kappa_3$  – поправочный коэффициент;  $\kappa_3 = 1,6$  при  $\frac{\alpha}{\epsilon} = 5,75$ ;  $\kappa_3 = 1,46$  при  $\frac{\alpha}{\epsilon} = 10,0$ ;

$p$  – среднее удельное давление машины на основание  $\text{Н/м}^2$ ;

$\alpha, \epsilon$  – в метрах;  $G$  – в Н.

Приняв, что сопротивление сдвигу распределяется по длине гусеницы по закону треугольника, получим (при угле скола  $\beta = 35^\circ$ )

$$M_2 = \frac{P}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \alpha = \frac{P \cdot \alpha}{3} = 1,29 \cdot \kappa_c \cdot h_1 \cdot \alpha, \quad (36)$$

где  $P$  – сопротивление грунта сдвигу краем гусеницы, Н;

$\kappa_c$  – коэффициент сдвига грунта,  $\text{Н/м}^2$ , для болотно-торфяного грунта  $\kappa_c = (1,0-2,5) \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ;

$h_1$  – глубина погружения гусеницы в грунт, м.

При движении машины по твердым покрытиям  $M_2 = 0$ .

Так как одновременное действие всех указанных сопротивлений при их предельных значениях не имеет место, то в расчет принимают большее из значений: максимальное сопротивление подъема при движении по прямой равно

$$\sum W' = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

или максимальное сопротивление повороту при движении по горизонтали

$$\sum W'' = W_1 + W_2 + W_4 + W_6.$$

В случае, если гусеничная машина агрегируется с прицепными, навесными и другими рабочими органами, совершающими производственные технологические операции во время рабочего передвижения, то суммарное сопротивление движению гусеничного хода дополнится реакциями со стороны внешней среды на рабочие органы, при этом обязателен учет перераспределения центра тяжести и центра давления машины.

В данном расчетном упражнении реакция со стороны внешней среды на рабочий орган отсутствует.

3. Строят эпюру удельных давлений машины на основании. Так как в общем случае центр тяжести машины смещен относительно середины опорной поверхности, эпюру удельных давлений строим для наиболее нагруженной гусеницы.

Смещение реакции  $R_1$  относительно середины опорной поверхности гусеницы определяется координатой  $\ell_1$ ; предположив, что распределение давления по длине опорной поверхности гусениц происходит по прямолинейному закону, величину удельных давлений на концах

опорной площади (при  $\ell_1 < \frac{\alpha}{6}$ ) определяют по формуле:

$$p_{\min}^{\max} = \frac{R_1}{\sigma \cdot \alpha} \cdot \left(1 \pm \frac{\zeta \cdot \ell_1}{\alpha}\right), \quad (37).$$

где  $R_1$  – в Н;  $\sigma$ ,  $\alpha$ ,  $\ell_1$  – в метрах; эпюра – трапеция. В частном случае:

при  $\ell_1 = 0$   $p_{\min}^{\max} = \frac{R_1}{\sigma \cdot \alpha}$  - эпюра прямоугольник

при  $\ell_1 = \frac{\alpha}{6}$   $p_{\min} = 0$   $p_{\max} = \frac{2R_1}{6 \cdot \alpha}$  - эпюра треугольник

при  $\ell_1 > \frac{\alpha}{6}$   $p_{\min} = 0$   $p_{\max} = \frac{2R_1}{3v \cdot (\frac{\alpha}{2} - \ell_1)}$  - эпюра

треугольник, но с основанием меньше  $\alpha$ .

4. Определяют мощность, потребную для передвижения машины по формуле:

$$N = (1,3 \div 1,5) \cdot \frac{\sum W \cdot v_1}{10^3 \cdot \eta} \quad (38)$$

где  $\sum W = \sum W'$  или  $\sum W = \sum W''$  - максимальное сопротивление движению, Н;

$v_1$  - максимальная скорость движения машины, м/с; при движении на подъемах или при повороте на горизонтальном участке  $v_1 = (0,25-0,50)v$ ;

$\eta$  - К.П.Д. привода ходового механизма;  $\eta = 0,75-0,8$ .

В случае, если в рабочем режиме на машину действует внешнее сопротивление (например, сопротивление грунта копанию, сопротивление передвижению прицепного оборудования и др.), мощность, потребную для передвижению машины, определяют по формуле:

$$N = 1,3 \div 1,5) \cdot \frac{\sum W + W_p}{10^3 \cdot \eta} \cdot v \quad (39)$$

где  $W_p$  - внешнее сопротивление, действующее на машину, Н; в данном расчетном упражнении  $W_p = 0$ .

По значению  $N$  подбирают необходимый двигатель.

5. Проверяют работоспособность по сцеплению по формуле:

$$\Sigma v \leq \frac{10^3 \cdot N_{\text{двиг}} \cdot \eta}{v_1} \leq \bar{f} \cdot \cos \alpha \cdot p_{-f} \quad (40)$$

где  $\varphi_{\text{сц}}$  – коэффициент сцепления гусеничного ходового оборудования.

Для болотно-торфяного грунта  $\varphi_{\text{сц}} = 0,35-0,5$ .

Расчет двухосного двухколейного пневмоколесного оборудования.

1. Определяют суммарное сопротивление движению машины на пневматическом ходу

$$\Sigma W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5, \quad (41)$$

где  $W_1$  – сопротивление качению колес машины, Н;

$$W_1 = G \cdot f \cdot \cos \alpha, \quad (42)$$

где  $G$  – сила тяжести машины, Н;

$f$  – коэффициент сопротивления движению;

$\alpha$  – наибольший угол подъема машины, град;

$W_2$  – сопротивление подъему, Н;

$$W_2 = G \cdot \sin \alpha; \quad (43)$$

$W_3$  – сопротивление инерции при разгоне, Н;

$$W_3 = \gamma \cdot G \cdot \frac{v}{t_p} \quad (44)$$

где  $\eta$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс,  $\eta = 1,1 - 1,3$ ;

$v$  – скорость движения наибольшая, м/с;

$t_p$  – время разгона, с;  $t_p = 10 - 30$  с;

$G$  в кг.

$W_4$  – сопротивление ветра, Н;

$$W_4 = \frac{k \cdot F \cdot v}{3,6^2} \quad (45)$$

где  $k$  – коэффициент обтекаемости;  $K = 0,6 \div 0,7$  – для грузовых автомобилей и тракторов,  $K = 1 - 2$  – для строительных машин;

$F$  – лобовая наветренная площадь машины,  $\text{м}^2$ ;

$v$  – в  $\text{км/ч}$ ;

$W_5$  – сопротивление повороту машины,  $\text{Н}$ .

При повороте колесных машин сопротивление повороту образуется силами трения скольжения, развиваемыми на контакте с поверхностью дороги, и силами сопротивления перекатыванию. В рабочем режиме при агрегатировании с рабочими органами в процессе взаимодействия со средой поворота машины запрещены, поэтому  $W_5 = 0$ .

В транспортном режиме:

- для машин с рулевым управлением

$$W_5 = \frac{1}{\rho} \cdot 2 \cdot (M_1 + M_2) = \frac{2}{\rho} \cdot (R_A \cdot f \cdot r + \zeta_A \cdot f_{mp} \cdot \frac{D_k}{2}) = \frac{2R_A}{\rho} \cdot (f \cdot r + 1,5 \cdot f_{mp} \cdot D_k) \quad (46)$$

- для шарнирно-сочлененных машин:

$$W_5 = \frac{R_A \cdot f}{\rho \eta_p} \cdot (0,1 \cdot L + 1,6) \cdot (0,3\beta + 1,1\beta + 1,6) \quad (47)$$

где  $\rho$  – радиус поворота машины,  $\text{м}$ ;  $\rho = 20 - 60 \text{ м}$ ;

$M_1$  – момент от сил трения перекатыванию управляемых колес,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ;

$M_2$  – момент от сил трения скольжения или на поверхности контакта,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ;

$R_A$  – нагрузка на управляемое колесо,  $\text{Н}$ ; предварительно принимаем  $R_A = (0,15 - 0,2) \cdot G$ ;  $G$  в  $\text{Н}$ ;

$f$  – коэффициент сопротивления движению;

$r$  – радиус поворота колеса относительно шкворня,

- м; ориентировочно  $r = 0,4-0,8$  м;
- $D_k$  – диаметр колеса, м; в предварительных расчетах  $D_k = 1,0 - 1,6$  м, далее уточняется после подбора колес;
- $f_{тр}$  – коэффициент трения скольжения шины о поверхность основания (при трогании с места  $f_{тр} = \varphi_{сц}$ ,  $\varphi_{сц}$  – коэффициент сцепления);
- $\eta_p$  – Общий К.П.Д. поворотного механизма и дифференциала;  $\eta_p = 0,87 - 0,92$ ;
- $L$  – продольная база машины, м;
- $\beta$  – угол складывания, рад;  $\beta = 0,4 - 0,6$  рад.

Таблица 6

Значения параметров пневмоколесного ходового оборудования

Параметры	Сила тяжести машины G, кН			
	50-120	120-200	200-300	300-400
Продольная база $a$ , м	1,8-2,6	2,4-3,2	3,0-4,5	4,0-5,5
Колея; м				
- передних колес $B$	1,5-1,8	1,8-2,2	2,2-2,4	2,4-3,0
- задних колес $B_1$	1,6-2,2	2,0-2,7	2,6-3,0	3,0-3,6
- наружных колес задней оси $B_2$	1,9-2,5	2,5-3,2	3,2-3,6	3,8-4,2
Ветровая площадь $F$ , м <sup>2</sup>	4-6	6-8	8-10	10-12

2. Определяют мощность двигателя, потребную для перемещения машины с заданной скоростью. По значению  $N$  подбирают необходимый двигатель.

3. Определяют нагрузки на наиболее загруженные колеса передней и задней оси. Нагрузки на оси АБ и СД.

$$R_{AB} = \frac{G}{\alpha} \cdot [\cos \alpha \cdot (\frac{L}{2} - \ell_1) - h \cdot \sin \alpha], \quad (48)$$

$$R_{CD} = \frac{G}{\alpha} \cdot [\cos \alpha \cdot (\frac{L}{2} + \ell_{21}) + h \cdot \sin \alpha], \quad (49)$$

где  $\alpha$  – наибольший угол подъема, град;

$\ell$  – смещение центра тяжести относительно поперечной оси машины, м;

$L$  – продольная база машины, м;

$h$  – координата центра тяжести от поверхности земли, м;

$$h = (0,5 - 0,9) \cdot B_1$$

Так как машина может перемещаться по основанию с продольным и поперечным уклоном, определим наибольший возможный угол поперечного уклона  $\gamma$ , из условия предельной поперечной устойчивости машины при смещении центра тяжести в сторону поперечного уклона по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{B_1 - 2 \cdot \ell_2}{2 \cdot h}, \quad (50)$$

где  $\ell_2$  – смещение центра тяжести относительно продольной оси машины, м;

$B_1$  – колея задних колес, м.

При определении реакций на колеса в расчет принимаем угол поперечного уклона  $\gamma = 0,7 - 0,8) \cdot \gamma_1$ .

$$\gamma = 0,7 \cdot 0,625 = 0,437$$

Нормальные реакции на наиболее загруженные колеса А (оси АБ) и С оси (СД) определим:

$$R_A = \frac{R_{AB}}{B} \cdot \left[ \left( \frac{B}{2} + \ell_2 \right) \cdot \cos \gamma + h \cdot \sin \gamma \right], \quad (51)$$

$$R_C = \frac{R_{CD}}{B_2} \cdot \left[ \left( \frac{B_2}{2} + \ell_2 \right) \cdot \cos \gamma + h \cdot \sin \gamma \right], \quad (52)$$

где  $B$  и  $B_2$  – колея соответственно передних колес и наружных колес задней оси.

4. Подбирают пневматические шины по наиболее загруженным колесам  $A$  и  $C$ , в случае если  $R_A \geq (0,65-0,75)R_C$  с целью унификации ходового оборудования все пневматические колеса выбирают одинаковыми по максимальной нормальной реакции на колесо;  $R_{A(C)} \leq [R]$ , где  $[R]$  – допустимая нагрузка на колесо.

Из таблицы выписываем основные параметры выбранных пневматических шин.

5. Определяют величину деформации шины

$$\lambda = \frac{R_{A(C)} \cdot (1 - \mu)}{\pi \cdot p \cdot \sqrt{D_k \cdot B_k}} \leq \left[ \frac{D_k}{2} - r_{cm} \right], \quad (53)$$

где  $\lambda$  – нормальная деформация шины, см;

$\left[ \frac{D_k}{2} - r_{cm} \right]$  – допускаемая величина деформации шины, см;

$D_k, B_k, r_{ст}$  – соответственно наружный диаметр колеса, ширина профиля и статический радиус под нагрузкой, см.

$R_{A(C)}$  – нормальная реакция на колесо  $A$  или  $C$ , Н;

$\mu$  – коэффициент жесткости каркаса покрышки;

$p$  – давление воздуха в шине, Н/см<sup>2</sup>.

Таблица 7

Значения коэффициентов сцепления  $\varphi_{сц}$ , сопротивления движению  $f$ , трения  $f_{тр}$  и сдвига грунта  $K_c$ .

Тип грунта	Поверхность движения	Коэффициенты								
		сцепления $\varphi_{сц}$			сопротивления движению $f$			трения $f_{тр}$		сдвиг грунта, Н/см <sup>2</sup> $K_c$
		Шины		гусенично- го хода	Шины		гусенично- го хода	стали	резины	
		низкого давления	высокого давления		низкого давления	высокого давления				
1	Рыхлый грунт	0,85- -0,90	0,75- -0,80	0,90- -1,08	0,15- -0,20	0,15- -0,18	0,10- -0,15	0,35- -0,65	0,4	
2	Плотный грунт	0,90- -0,93	0,80- -0,85	0,95- -1,05	0,05- -0,1	0,07- -0,1	0,08- -0,1	0,5- -0,8	0,4	12-25
3	Рыхлый песок	0,4- -0,6	0,4- -0,6	0,40- -0,55	0,30- -0,35	0,30- -0,35	0,15	0,35- -0,50	0,4	2,5-5
4	Асфальто- бетонное покрытие	0,30- -0,45	0,45- -0,55	0,50- -0,60	0,01- -0,02	0,015	0,03	0,8- -1,0	0,6	-
5	Цемент- нобетонное покрытие	0,35- -0,45	0,60- -0,75	0,50- -0,60	0,01- -0,02	0,015	0,03	0,6- -0,8	0,6	-

Таблица 8

## Основные параметры пневматических шин, применяемых на строительных машинах

Параметры	Модель												
	180-508 (6,50-20)	240-508 (8,25-20)	308-508 (12,0-20)	370-508 (14,0-20)	430-610 (16,0-24)	500-635 (18,0-25)	500-711 (18,0-28)	570-635 (21,0-25)	570-711 (21,0-28)	670-635 (26,5-25)	760-838 (27,0-33)	950-1041 (37,5-39)	1130-1143 (44,5-45)
Норма слойности	8	12	14	16	24	28	20	24	24	26	30	42	44
Наружный диаметр $D_k$ , мм	868	988	1124	1275	1500	1605	1725	1785	1790	1825	2235	2850	3270
Ширина профиля $B_k$ , мм	180	240	325	390	450	510	505	575	565	695	750	900	1130
Допустимая нагрузка $[R]$ , кН	10,0	17,0	25,0	38,0	55,0	70,0	75,0	87,0	100	105	150	266	410
Статический радиус под нагрузкой $r_{ст}$ , мм	400	455	527	586	683	745	794	812	810	835	1030	1325	1488
Давление в шине $P$ , мПа	0,45	0,6	0,55	0,42	0,50	0,50	0,42	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30	0,30
Масса, кг	40	55	70	75	180	400	380	450	360	550	850	1400	1600

Таблица 9

Коэффициент жесткости каркаса покрышки  $\mu$ .

Давление воздуха в шине $p$ , мПа	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Коэффициент $\mu$	0,6	0,5	0,4	0,32	0,25	0,20	0,15

6. Проверяют пневматическое ведущее колесо на условие передачи максимальной окружной силы без проворота покрышки относительно обода колеса.

Условие непроворачиваемости покрышки определяют из соотношения

$$[k] \cdot M_3 \leq M_4$$

где  $M_3$  – момент, определяемый условиями сцепления шины с поверхностью качения;

$M_4$  – максимальный момент от сил трения между покрышкой и ободом колеса, Нм;

$[k]$  – коэффициент запаса, учитывающий возможность неравномерного проскальзывания бортов и покрышки,  $[k] = 2-3$ .

$$M_3 = R_{A(C)} \cdot \varphi_{сц,маx} \cdot r_{ст}, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

где  $R_{A(C)}$  – нагрузка, действующая на колесо А или С, Н;

$\varphi_{сц,маx}$  – максимальный коэффициент сцепления колеса с основанием,  $\varphi_{сц,маx} = 1,0$ ;

$$r_{ст} = \frac{D_k}{2} - \lambda \cong \frac{r_k}{2}, \quad (54)$$

$$M_4 = \frac{\pi \cdot p \cdot (D_k^2 - l_k^2) \cdot f_{mp} \cdot d_1}{4}, \quad (55)$$

где  $D_k$ ,  $d_k$ ,  $d_1$  – соответственно наружный диаметр колеса, номинальный посадочный диаметр на ободе, средний диаметр закраины (борта), м;  $d_1 = (1,05-1,1)d$ ;

$f_{тр}$  – коэффициент трения резины по металлу;  
 $f_{тр} = 0,3 \div 0,4$ ;  $p$  – в  $\text{Н/м}^2$ .

7. Проверка работоспособности машины по сцеплению и по максимальной окружной силе на шинах ведущих колес осуществляется по следующей методике:

$$\sum W \leq G_{сц} \cdot \varphi_{сц}, \quad (56)$$

$$\sum W \leq P_{max} \quad (57)$$

где  $G_{сц}$  – сцепная сила тяжести машины (сила тяжести, приходящаяся на ведущие колеса машины); для типа Д –  $G_{сц} = R_{сд}$ ; для типа Е –  $G_{сц} = R_{сд} + R_{аб}$ ;

$\varphi_{сц}$  – коэффициент сцепления;

$P_{max}$  – максимальная окружная сила тяги на ведущих колесах, Н.

$$P_{max} = \frac{2M_d \cdot i \cdot \eta}{D_k}, \quad (58)$$

где  $M_d$  – крутящий момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_d = \frac{10^3 \cdot N_{дв}}{\omega} = \frac{10^3 \cdot N_{дв} \cdot 30}{\pi \cdot n_{дв}}, \quad (59)$$

$N_{\text{дв}}$  – мощность двигателя, кВт;  
 $\omega$  – угловая скорость коленчатого вала двигателя,  $\text{с}^{-1}$ ;  
 $n_{\text{дв}}$  – частота вращения коленчатого вала двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $i$  – общее передаточное число трансмиссии от двигателя до ходовых колес;

$$i = \frac{\gamma_{\text{дв}}}{n_{\kappa}}, \quad (60)$$

$n_{\kappa}$  – обороты колеса, об/мин;  
 при отсутствии пробуксовки колес

$$n_{\kappa} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{\kappa}}, \quad (61)$$

где  $v$  – в м/с;  
 $D_{\kappa}$  – в метрах;  
 $\eta$  – механический К.П.Д. силовой передачи.

8. Уточняют значение коэффициента сопротивления движению  $f$  и коэффициента сцепления  $f_{\text{сц}}$ .

Коэффициент сопротивления движения пневматического хода (при движении по рыхлому грунту) рассчитывается по формуле

$$f = 1,04 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{p \cdot h_{\Gamma}}{D_{\kappa}}\right)^2}, \quad (62)$$

где  $h_{\Gamma}$  – толщина слоя рыхлого грунта, см;  
 $h_{\Gamma} = 10 - 60 \text{ см}$ ;  
 $p$  – в  $\text{Н/см}^2$ ;  
 $D_{\kappa}$  – в см.

Коэффициент сцепления определяется при коэффициенте буксования, стремящемся к единице по формуле:

$$\varphi_{\omega} \cdot (A + B \cdot \varphi_{\omega}^{-n}) = 1, \quad (63)$$

где А, В, n – постоянные коэффициенты, зависящие от типа шин, рисунка протектора и влажности грунта.

В связи с тем, что в конструкторской части дипломного проекта на кафедре СХМ и С машин обычно выполняется существенная модернизация, значительно меняющая технические и эксплуатационные свойства машин и агрегатов, необходимой частью технологического раздела является разработка операционно-технологической карты на работу, выполняемую с участием разрабатываемой машины.

Таблица 10  
Значение коэффициентов А, В, n.

Состояние грунта	$\omega/\omega_0$	n	А	В, при давлении в шине, МПа				
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Рыхлый (насыпной)	0,76	6	0,11	2,79	5,15	7,82	10,24	12,31
	1,00	6	0,12	2,97	6,58	11,13	14,74	18,10
	1,17	5	0,13	2,73	6,29	10,06	14,15	18,88
	1,33	4	0,14	2,53	6,68	11,72	19,14	24,96
Плотный (сважесре- занный)	0,67	8	0,09	1,50	2,34	2,81	3,38	3,73
	1,00	8	0,10	2,31	5,48	9,25	14,40	18,10
	1,17	6	0,12	2,56	7,76	14,79	24,47	42,18
	1,33	4	0,15	2,81	10,03	27,35	70,82	210,38

$\omega$  – влажность грунта;  $\omega_0$  – оптимальная влажность грунта.

На расчеты и составление операционно-технологической карты следует обратить особое внимание. Задание на ее разработку выдается руководителем. Техно-

логическая карта служит основой технико-экономического обоснования проекта, после завершения технологического проектирования формируется задание на конструкторскую разработку. Разработка операционно-технологической карты выполняется после завершения конструкторской части дипломного проекта. Операционно-технологическая карта должна иметь форму и содержание, приведенные в приложении А [8, с. 81-84]. При ее расчете следует руководствоваться методикой [1, 5].

Включаемые в раздел 1 операционно-технологической карты агротехнические требования на выполнение конкретной операции могут быть определены из [1].

Результаты расчётов выносятся на лист графической части проекта форматом А1 в виде, приведенном в приложении А4.

Расчетами доказывается преимущество принятых решений, позволяющих повысить производительность труда, снизить себестоимость, улучшить качество выполняемых работ и эффективность производства в целом. При использовании для расчетов компьютерных программ рекомендуется приводить алгоритм решения задачи.

Сюда же входят листы по графоаналитическому расчету, графики по результатам исследований, выполненных дипломником.

Объем раздела - 25.. .40 страниц и 3.. .4 графических листа.

### **3.7 Конструкторский раздел**

Конструкторский раздел проекта, составляет 25% его объема и посвящается разработке конструкции новой машины, механизма, сборочной единицы или приспособления. Конструкторские решения подтверждаются необходимыми расчетами. В этом разделе приводятся необходимые кинематические и прочностные расчеты, обоснован-

ный выбор подшипников, цепей, ремней, зубчатых и других передач, муфт, деталей соединений, элементов гидравлических или пневматических систем конструируемого объекта. Здесь дается обоснование типа привода, выбор электрических или других двигателей для предлагаемого устройства. На основании этих расчетов, иллюстрируемых в пояснительной записке необходимыми схемами, эпюрами, эскизами, разрабатывается конструкция, представляемая в графической части тремя-четырьмя листами чертежей. Запрещается представлять чертежи машин и других стандартизированных, нормализованных или серийно выпускаемых изделий, если в них не вносятся существенные конструктивные изменения. Общее число конструкторских чертежей должно быть не менее четырех, в том числе не более одного листа детализации.

При разработке дипломного проекта студент должен широко использовать ЭВМ. На кафедре СХМ и СМ можно выделить следующий- круг возможных задач, решаемых с помощью ЭВМ:

- статистическая обработка экспериментальных данных НИРС;
- цифровое и аналоговое моделирование функционирования машин и агрегатов;
- оптимизация параметров и режимов работы агрегатов;
- прочностные расчёты узлов и деталей конструкторской разработки.

### **3.8 Общие выводы**

Общие выводы отражают сущность выполненной работы, дают ответы на поставленные задачи, оценку полученных результатов и рекомендации производству. Если определение технической эффективности невозможно, необходимо указать научную, социальную значимость ра-

боты. В этом разделе дается логически стройное изложение полученных итогов, их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении. Объем 1.. 2 страницы РПЗ.

### **3.9 Составление библиографического списка**

Библиографический список составляется в последовательности, ссылок в тексте дипломного проекта или в алфавитном порядке.

В библиографическом списке должны быть обязательно указаны те источники, которые послужили основанием для выбора того или иного инженерно-экономического решения. Дополнительная литература дается студентам на консультациях руководителем проекта.

### **3.10 Приложения**

Приложения включают в себя вспомогательные или дополнительные материалы, которые загромождают текст основной части РПЗ. Это, например, могут быть справка о патентно-информационном исследовании по теме, копии подлинных документов, копии авторских свидетельств и патентов на изобретения, копии статей, протоколы, отдельные положения из инструкций и правил, таблицы, графики, спецификации сборочных чертежей, технологические карты, методики, распечатки на ЭВМ и другие материалы.

## **4 Обязанности руководителя проекта, рецензента и консультантов**

Руководитель не позже, чем на первой неделе после окончательного утверждения темы выдает студенту утвержденное заведующим кафедрой задание на проектирование и календарный график работы над проектом. Этот

график является обязательным для выполнения. В случае отставания студента от него кафедра обязана принимать соответствующие меры, вплоть до отстранения студента от работы над проектом и представления его на отчисление из академии приказом ректора.

Руководитель обязан рекомендовать студенту необходимую литературу, справочные материалы и другие пособия по теме проекта, проводить регулярные, предусмотренные расписанием и назначаемые по потребности, консультации, проверять ход выполнения проекта, проводить воспитательную работу в качестве куратора закрепленных за ним студентов. По мере выполнения проекта и отдельных его разделов, руководитель проверяет их качество, проявляя при этом необходимую требовательность. Ответственность за своевременное выполнение проекта в установленном объеме, за принятые в проекте решения и его оформление несет студент-дипломник.

После завершения проектирования руководитель пишет отзыв о проделанной студентом работе, отражая в нем отношение студента к выполнению порученного задания, его прилежание и уровень подготовленности к самостоятельной работе. В отзыве руководитель отмечает проявленную студентом инициативу, его умение работать со специальной литературой, владение современными методами анализа, расчетов, вычислительной техникой, но не проставляет оценку выполненного проекта.

Руководитель обязан тщательно просмотреть выполненные дипломником чертежи и расчетно-пояснительную записку, потребовать от него устранения замеченных недостатков. Только после этого он может поставить свою подпись на чертежах и титульном листе расчетно-пояснительной записки. Подписанный руководителем проект допускается к предварительной защите на заседании кафедры (не позже 12-14 дней до начала работы

ГАК). По ее результатам заведующий кафедрой решает вопрос о допуске студента к защите проекта в Государственной аттестационной комиссии (ГАК) и при положительном решении ставит свою подпись на чертежах и титульном листе расчетно-пояснительной записки. В случае, если заведующий кафедрой не считает возможным допустить студента к защите дипломного проекта в ГАК, этот вопрос рассматривается на заседании кафедры с участием руководителя. Протокол заседания представляется через деканат факультета ректору академии.

Дипломный проект, допущенный к защите, направляется на рецензию, а за неделю до начала работы ГАК - обязательно сдается в деканат.

Консультанты обеспечивают необходимую помощь дипломникам при выполнении соответствующих разделов проекта, участвуют в разработке и обосновании принципиальных положений, содержащихся в проекте, привлекаются к предварительному обсуждению проектов на выпускающей кафедре перед направлением дипломника к рецензенту. Консультанты ставят свою подпись на титульном листе расчетно-пояснительной записки.

Консультант по графической части подписывает чертежи, относящиеся к конструкторской разработке, выполняя функции нормо-контролера.

Мнение консультантов об отношении студента к выполнению проекта, о его самостоятельности в принятии решений и профессиональной подготовке выпускника учитываются руководителем проекта при составлении упомянутого выше отзыва о работе дипломника над проектом.

Направление студента-дипломника к рецензентам производится заведующим кафедрой. Состав рецензентов утверждается приказом ректора академии по представлению деканата. В качестве рецензентов назначаются специалисты НИИ и производства, а также профессора, доценты

и старшие преподаватели, если они не являются консультантами и не работают на выпускающей кафедре, на которой выполняется проект.

Рецензентам выдается памятка, в которой указывается, на какие вопросы необходимо обратить внимание при рецензировании.

Проекты, выполненные по заказу хозяйства или предприятия, предварительно рассматриваются заказчиком, который дает соответствующее заключение. Дипломник на заседании ГАК должен быть ознакомлен с содержанием рецензии, чтобы иметь возможность при защите проекта ответить на замечания рецензента.

Рецензии, не содержащие замечаний по существу проекта, ГАК не принимаются и не оплачиваются в установленном порядке. В заключении рецензии ее автор представляет оценку проекта по четырехбальной системе. Неудовлетворительная оценка, поставленная рецензентом, не может служить основанием для снятия проекта с защиты. Окончательное решение о степени подготовленности выпускника и качестве выполненного им проекта принимается на заседании ГАК.

Рецензия заверяется печатью предприятия где работает рецензент.

## Библиографический список

### *Учебно-методическая литература*

1. Абрамов Н.Н. Курсовое и дипломное проектирование по дорожно-строительным машинам. –М. : Высшая школа, 1972. – 122 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. - М.: Машиностроение, 1992. - 720 с.
3. Атлас конструкций узлов и деталей машин: Учебное пособие / Б.А. Байков, А.В. Клыпин, И.К. Занулич и др.; Под ред. О.А. Ряховского. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 384 с.
4. Белкин И.М. Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости): Учебное пособие. - М.: Механика, 1992. - 528 с.
5. Ганенко А.П., Милованов Ю.В., Лапсарь М.И. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ. - М.: ПрофОбрИздат, 2001. - 352 с.
6. Гаркави Н.Г. Машины для земляных работ: Учебник/; под ред. Н. Г. Гаркави.- М.: Высш. школа, 1982.— 335 с.
7. Детали машин и основы конструирования : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Н. Ерохина. - М. : КолосС, 2004. - 462 с.
8. Дипломное проектирование. –Брянск. : Изд-во БГСХА, 1996.- 266 с.
9. Добронравов С.С., Добронравов М.С. Строительные машины и оборудование. Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк. , 2006. -445с.
10. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации. – М. : Высшая школа, 2001. -575 с.

11. Дорожно-строительные машины : Орг. работ и эксплуатация. [Учеб. пособие для подгот. рабочих на пр-ве] / В. П. Мигляченко, 224 с. ил. 21 см., М. Лесн. пром-сть, 1980 – 224 с.

12. Иванов А.С. Конструируем машины шаг за шагом: В 2-х ч. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. - Ч. 2. - 384 с.

13. Иванов М.Н. Детали машин: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1991.-383 с.

14. Каверзин С.В. Курсовое и дипломное проектирование по гидроприводу. - Красноярск: ПИК "Офсет", 1997. - 384 с.

15. Курсовое и дипломное проектирование сельскохозяйственных машин и оборудования : учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей / Ю.И. Ермольев [и др.]; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высшего проф. образования Дон. гос. техн. ун-т : Ростов-на-Дону: [Изд. центр ДГТУ], 2006. - 435 с.

16. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2001. - 429 с.

17. Мальцев Ю.А. Основы научных исследований: Учебное пособие для вузов. - Москва-Балашиха: Изд-во ВТУ при Спецстрое России, 2003. - 277 с.

18. Мер И.И. Курсовое и дипломное проектирование по мелиоративным машинам. М.: Колос, 1978. - 175 с.

19. Надежность технических средств: Учебник для вузов / Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, И.Н. Кравченко и др. - М.: Изд-во УМЦ «Триада», 2005. -353 с.

20. Наземцев А. С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Ч.2: Гидравлические приводы и системы. Основы.- М.: Форум, 2007. – 240 с.

21. Окунев Г. А. Учебное пособие к курсовому и ди-

пломному проектированию: (справочный материал) / [Окунев Г.А. и др.]; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Департамент науч.-технол. политики и образования, Челяб. гос. агроинженер. ун-т, Каф. эксплуатации машинно-трактор. парка - Челябинск: Челябинский государственный агроинженерный университет, 2006. - 111 с.

22. Плешков, Д. И. Бульдозеры, скреперы, грейдеры : учеб. пособие для с.-х. техникумов / Д. И. Плешков, Хейфец М. И., Яркин А. А. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1976. - 320 с.

23. Ронистон Э.Г., Полосин М.Д. Устройство дорожно-строительных машин. Альбом. –М., 2004г. – 32 с.

24. Саньков, В. М. Основы эксплуатации транспортных и технологических машин и оборудования : учеб. пособие для вузов / В. М. Саньков, Евграфов В. А., Юрченко Н. И. - М. : Колос, 2001. - 256 с.

25. Строительные дорожные машины. Каталог. -М: Группа ГАЗ, 2009г. -71с.

26. Суриков В.В. Строительные машины для механизации гидромелиоративных работ / под ред. В.В.Сурикова - М.: Агропромиздат, 1985. – 347 с.

27. Суслов Г.В.; Совков А.Ф.; Кондратьев А.Г.; Сконадобов В.В. Курсовое и дипломное проектирование по мелиоративным машинам : Учеб. пособие для студентов . по спец. "Машины и оборудование природоустройства и защиты окружающей среды" / Под ред. Суслова Г.В. : М.: Колос, 1997. - 143 с.

28. Сухарев, Э. А. Оптимизация рабочих процессов и параметров строительных и мелиоративных машин : учеб. пособие для вузов / Э. А. Сухарев, С. Ф. Медвидь. - Киев : УМК ВО, 1992. - 92 с.

29. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ, Москва «Агропромиздат» 1986г.-350с.

### *Журналы*

30. Agrartechnik.
31. Автомобильные дороги. Реферативный журнал.
32. Вестник машиностроения.
33. Дорожная держава.
34. Коммунальная и дорожная техника.
35. Машиностроительные материалы, конструкции и расчёт деталей машин.
36. Механизация и электрификация сельского хозяйства.
37. Механизация строительства.
38. Строительные и дорожные машины.
39. Строительные, дорожные и коммунальные машины и оборудование.
40. Строительные материалы и конструкции.
41. Стройтех-эксперт.
42. Техника в сельском хозяйстве.
43. Тракторы и сельскохозяйственные машины.
44. Тракторы, сельскохозяйственные машины и орудия. Реферативный журнал.
45. Транспортное строительство.

### *Нормативно-справочная литература*

46. ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам. - М.: Издательство стандартов, 1996. - 37 с.
47. ГОСТ 2.114-95. Технические условия. Единая система конструкторской документации. - М.: Госстандарт, 1995. - 12 с.
48. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги. - М: ЦИТП Госстроя, 1986. -16 с.

Учебное издание

Кузнецов Владимир Васильевич  
Прудников Сергей Николаевич

# **ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 23.01.2014. Формат 60x84 1/16.  
Бумага печатная. Усл. п.л. 3,60. Тираж 30 экз. Изд. №2524.

---

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии  
243365 Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХ

