

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Методические рекомендации
для студентов специальности
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии
(по направлениям)»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 621.91
ББК 34.63-5
Д77

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»
«18» ноября 2022 г., протокол № 4

Составитель канд. техн. наук, доц. С. Н. Хатетовский

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации предназначены для дипломного проектирования студентам специальности 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)».

Учебно-методическое издание

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 44 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

1 Общие положения	4
2 Тематика, инструментарий и результаты дипломного проектирования.....	5
3 Особенности разработки программного обеспечения	6
4 Особенности компьютерного моделирования	8
5 Структура и объем дипломного проекта	13
6 Содержание дипломного проекта.....	14
Список литературы	15

1 Общие положения

Выполнение дипломных проектов является заключительным этапом обучения студентов в высшем учебном заведении.

Цель дипломного проектирования: закрепление и углубление теоретических и практических знаний по избранной специальности и применение их для решения конкретных задач; формирование навыков ведения самостоятельной проектной или научно-исследовательской работы; приобретение навыков обобщения и анализа результатов, полученных другими разработчиками или исследователями.

Тема дипломного проекта, как правило, тесно связана с предприятием, на котором студент проходит преддипломную практику, что отражается в отчете по практике, который вместе с дневником прикладывается к дипломному проекту.

Автор дипломного проекта несет ответственность за защищаемые им технические решения, результаты научно-исследовательских работ, экономические расчеты, содержание и оформление пояснительной записки и графической части.

Дипломный проект проходит рецензирование на предприятии или в специализированном учебном или научном заведении. Рецензия специалиста прикладывается к дипломному проекту.

К дипломному проекту также прикладывается задание и отзыв руководителя.

Рекомендуется выполнять дипломный проект с внедрением результатов на предприятии. Внедрение должно быть подтверждено прикладываемыми к дипломному проекту актами.

Дипломный проект защищается студентом перед Государственной экзаменационной комиссией (ГЭК). По уровню выполнения дипломного проекта и результатам его защиты делается заключение о возможности присвоения выпускнику соответствующей квалификации.

2 Тематика, инструментарий и результаты дипломного проектирования

Тематика дипломных проектов должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки и техники.

Темы дипломных проектов и их руководители определяются выпускающими кафедрами и утверждаются приказом ректора.

Студент может предложить свою тему дипломного проекта. В этом случае он должен обратиться к заведующему кафедрой с письменным заявлением. При положительном решении вопроса тема дипломного проекта включается в перечень тем кафедры.

Тема дипломного проекта по специальности 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)» должна соответствовать направлению специальности. Для направления «Информационные системы и технологии (в проектировании и производстве) вышеуказанной специальности тема подбирается и формулируется с учетом специфики машиностроительного предприятия. Как правило, рассматривается то предприятие, на котором студент проходил преддипломную практику.

В результате выполнения дипломного проекта должна быть решена конкретная задача или комплекс задач, связанных с техническими объектами машиностроительного производства. В круг таких задач попадают проблемы автоматизации инженерного труда и управления машиностроительным производством.

В качестве технических объектов могут рассматриваться машины, механизмы, узлы, детали, технологические процессы, инструменты, структурные подразделения машиностроительного предприятия, системы автоматизированного проектирования (САПР) и т. п.

Тема дипломного проекта может быть научно-исследовательской (например, в случае прохождения преддипломной практики в специализированном учебном или научном заведении). При этом решается задача, требующая проведения научных исследований.

Допускается выполнение комплексных тем.

Инструментарий дипломного проектирования включает средства программирования, системы управления базами данных (БД), математические программные пакеты, электронные таблицы, САПР и т. п.

В результате дипломного проектирования должно быть создано или усовершенствовано программное обеспечение (ПО) и / или компьютерные модели. При необходимости разрабатывается база данных. Результатом дипломного проектирования также может являться новый или усовершенствованный технический объект.

3 Особенности разработки программного обеспечения

3.1. Требования к программному обеспечению

Требования можно разделить на сервисы (т. е. функциональные требования) и ограничения. Сервисы могут быть разделены на требования к функциям и требования к данным. К ограничениям относятся требования к интерфейсу, требования к производительности, требования к безопасности, эксплуатационные требования, политические и юридические требования, другие ограничения.

Требования необходимо специфицировать, т. е. задать. Модели спецификации:

- модели состояний;
- модели поведения;
- модели изменения состояний.

Модели состояний конкретизируют требования к данным. Модели поведения характеризуют функциональные требования. Модели изменения состояний поясняют, каким образом действие функций приводит к изменению данных.

Модели спецификаций представляются в виде диаграмм, например, на языке визуального моделирования UML. Обычно диаграмма отражает один аспект ПО и соответствует модели состояний, модели поведения или модели изменения состояний. Исключение составляет диаграмма классов, которая определяет все три аспекта.

3.2 Входные данные, база данных

Входные данные, используемые ПО, должны быть описаны. Такое описание обычно сопровождается диаграммами. При этом указывается:

- вид данных (бумажный документ, таблица в базе данных, сигнал, сообщение по электронной почте и т. д.);
- структура данных (типы, разрядность и т. д.);
- источник данных (структурное подразделение машиностроительного предприятия, конкретный работник и т. д.);
- режим ввода (ручной или автоматический);
- периодичность ввода (через определенные интервалы или при наступлении определенных событий и т. д.).

При необходимости разрабатывается БД. При этом необходимо привести подробное описание таблиц и их полей, а также связей между этими таблицами.

3.3 Выходные данные

Выходные данные необходимо описать аналогично входным данным.

3.4 Реализация программного обеспечения

3.4.1 Выбор средств реализации программного обеспечения.

Приводится краткая характеристика средств реализации ПО: операционных систем, языков программирования, СУБД и т. д., рассматриваемых в качестве альтернатив. Также приводится обоснование выбора средств реализации ПО.

3.4.2 Структура программного обеспечения.

Приводятся основные компоненты ПО: модули, библиотеки, процедуры и т. д. Это, как правило, сопровождается структурной схемой ПО. Также приводятся необходимые диаграммы.

3.4.3 Разработка программного кода.

Описание разработки программного кода включает схемы основных алгоритмов и описание основных фрагментов этого кода с обязательными пояснениями.

3.4.4 Разработка интерфейса.

Если разрабатывается оконный интерфейс, необходимо привести описание главного окна приложения, диалогов и их элементов управления.

3.4.5 Сообщения.

При наличии сообщений ПО (например, при ошибках) необходимо привести их описание.

3.4.6 Контрольные примеры.

Необходимо привести примеры решения задач с использованием разработанного ПО.

Описания примеров, как правило, должны включать:

- описание исходных данных и ожидаемого результата;
- описание действий по решению задачи, включая подготовку и процесс ввода исходных данных;
- полученные результаты;
- сведения, подтверждающие правильность полученных результатов (например, результаты ручного расчета).

Описания контрольных примеров должны включать копии экранов, иллюстрирующие ход решения задачи.

4 Особенности компьютерного моделирования

4.1 Краткие сведения о моделях и моделировании

Модель – это образ или прообраз какого-либо объекта или системы объектов, используемый при определенных условиях в качестве их заместителя или представителя.

Моделирование заключается в воспроизведении и изучении тех или иных свойств объектов с помощью других объектов.

В технике при решении прикладных задач принято выделять различные виды моделей в зависимости от предметной области и задач моделирования: прочностные, аэродинамические, термодинамические, конструкторские, технологические и др.

По характеру применяемого метода моделирования или используемого математического аппарата различают модели статистические, теоретико-множественные, абстрактно-алгебраические, нечеткие, автоматные и т. п.

Можно классифицировать модели по способу или форме их представления. В технике особенно часто применяются графоаналитические модели, содержащие графические изображения: схемы, графики, диаграммы, эскизы, чертежи и пр.

В зависимости от природы различают материальные и абстрактные модели. Под абстрактными моделями подразумеваются все нематериальные виды моделей, которые иногда называют теоретическими, идеальными, формально-логическими, моделями-описаниями, спецификациями.

К абстрактным моделям относятся математические модели. Математическая модель – это совокупность математических объектов (чисел, переменных, матриц, множеств и т. п.) и отношений между ними, которая адекватно отображает свойства материального объекта, интересующие инженера, разрабатывающего этот объект.

Виды математических моделей, используемых в технике: символические, аналитические, численные или алгоритмические.

При использовании символических моделей оперируют не значениями величин, а их символьными обозначениями (идентификаторами).

Аналитические математические модели можно представить в виде явно выраженных математическими формулами зависимостей выходных параметров от внутренних параметров и внешних воздействий.

Численные математические модели всегда подразумевают наличие известного алгоритма вычислений, поэтому их часто называют алгоритмическими. В алгоритмических математических моделях связь между выходными параметрами и внутренними параметрами в совокупности с внешними воздействиями задана не явно, а в виде алгоритма моделирования.

К математическим моделям относят также инженерно-физические, структурные и информационные модели.

Под инженерно-физическими моделями понимается разновидность абстрактных, численных математических моделей, которые отражают основные закономерности физического состояния и функционирования технических объектов. К инженерно-физическим моделям технических объектов можно отнести модели, реализуемые так называемыми сеточными методами, например, с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Инженерно-физическое моделирование чаще всего производится средствами вычислительной математики, основу которых составляют численные методы решения математических уравнений, реализованные в программном обеспечении промышленных автоматизированных систем.

Структурные модели описывают не функционирование, а состав объектов или систем объектов, их устройство, взаимосвязь составных частей. Структурные модели сложных систем на более высоком уровне абстракции часто представляются в виде графов, сетей, различных графиков и схем. Широко используемые в машиностроительных САПР геометрические модели также относятся к структурным математическим моделям. Инженерно-физические и структурные модели тесно связаны между собой. Причем первичными являются описания структуры изделия. Например, конечно-элементная модель, моделирующая состояние конструкции, строится на базе геометрической модели технического объекта.

Информационными называют модели предметной области, определяющие совокупность информационных объектов, их атрибутов и соотношений между ними.

Под компьютерной моделью технического объекта понимается любая из абстрактных моделей, созданная и используемая при помощи компьютерных технологий.

Компьютерное моделирование может быть самым разнообразным по своему содержанию в зависимости от типа реализуемой модели. В технике предметом компьютерного моделирования могут выступать не только деталь или изделие в сборе, а целое промышленное предприятие, автоматизированная система, технологический процесс, и вообще – любая сложная система.

4.2 Выбор системы автоматизированного проектирования

Задачей компьютерного моделирования при дипломном проектировании, как правило, является получение структурных и инженерно-физических моделей таких технических объектов, как машина, механизм, узел, деталь, операция технологического процесса, инструмент и т. п.

Эффективность компьютерного моделирования зависит, кроме прочего, от САПР. В дипломном проекте, исходя из возможностей САПР, необходимо обосновать ее выбор. Также следует ориентироваться на САПР, которая используется на данном машиностроительном предприятии.

4.3 Разработка дерева построения структурной модели

Структурные модели, как правило, являются компьютерными твердотельными моделями детали или сборки. В дипломном проекте необходимо разработать и описать дерево построения структурной модели детали или компонентов сборки. Пример дерева построения модели детали представлен на рисунке 1.

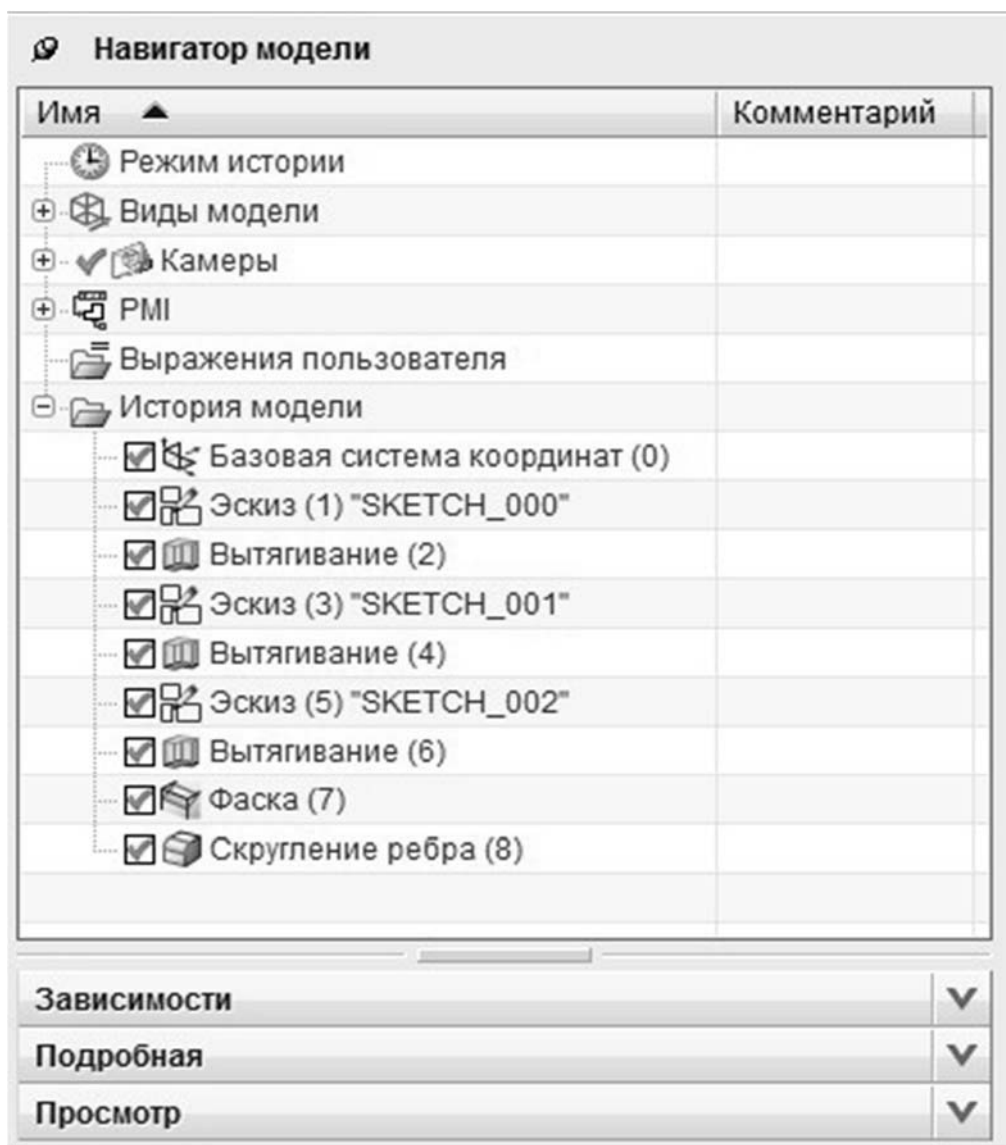


Рисунок 1 – Пример дерева построения твердотельной модели детали в среде САПР NX

Следует описать параметры каждого элемента. Ассоциативные связи между элементами дерева построения также следует описать и представить в виде графа (рисунок 2).

В случае сборки следует описать сопряжения компонентов.

Также следует привести копии экранов с видами твердотельной модели согласно каждому этапу истории построения.

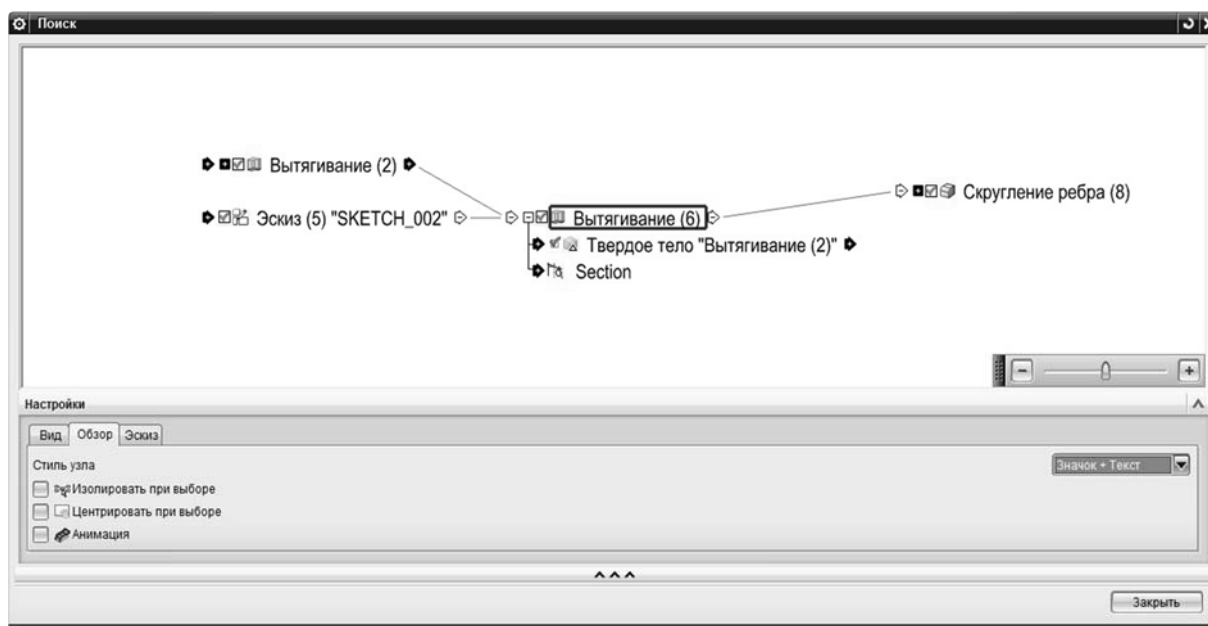


Рисунок 2 – Пример графа, иллюстрирующего ассоциативные связи между элементами дерева построения твердотельной модели детали в среде САПР NX

4.4 Автоматизация структурного моделирования

Построение твердотельных моделей в дипломном проекте, как правило, осуществляется при помощи ПО. Данное ПО может быть разработано как вне среды САПР, так и в среде САПР. В дипломном проекте следует описать указанное ПО согласно разделу 3.

4.5 Инженерно-физическое моделирование

4.5.1 Вид инженерно-физического моделирования.

В дипломном проекте, при необходимости, выполняется инженерно-физическое моделирование, которое служит для анализа работы механизма, напряженно-деформированного состояния детали, движения жидкости, температуры тел.

4.5.2 Моделирование работы механизма.

Моделирование работы механизма в дипломном проекте осуществляется в среде САПР. Предварительно создается структурная модель механизма. Необходимо обосновать и описать объекты симуляции. Желательно выполнить аналитический или численный расчет механизма для верификации компьютерной модели. В дипломном проекте необходимо привести копии экранов компьютерной модели с объектами симуляции, а также результатами моделирования. Могут быть также приведены графические зависимости перемещений, скоростей, ускорений и сил от параметров механизма. Следует сделать заключение о более выгодных параметрах.

4.5.3 Моделирование напряженно-деформированного состояния.

Моделирование напряженно-деформированного состояния детали в дипломном проекте, как правило, осуществляется в среде САПР. Предварительно создается структурная модель. Необходимо обосновать и описать методику построения расчетной сетки и методику определения размера ячеек, а также объекты симуляции. Желательно выполнить аналитический или численный расчет напряженно-деформированного состояния для верификации компьютерной модели. В дипломном проекте необходимо привести копии экранов компьютерной модели с расчетной сеткой, объектами симуляции, а также результатами моделирования. Могут быть также приведены графические зависимости характеристик напряженно-деформированного состояния от параметров детали. Следует сделать заключение о более выгодных параметрах.

4.5.4 Моделирование движения жидкости.

Моделирование движения жидкости в дипломном проекте, как правило, осуществляется в среде САПР. Предварительно создается структурная модель. Необходимо обосновать и описать методику построения расчетной сетки и методику определения размера ячеек, а также объекты симуляции. Необходимо также обосновать режим течения жидкости (ламинарный или турбулентный). Желательно выполнить аналитический или численный расчет для верификации компьютерной модели. В дипломном проекте необходимо привести копии экранов компьютерной модели с расчетной сеткой, объектами симуляции, а также результатами моделирования. Могут быть также приведены графические зависимости характеристик течения жидкости от параметров потока. Следует сделать заключение о более выгодных параметрах.

4.5.5 Моделирование температуры тел.

Моделирование температуры тел в дипломном проекте, как правило, осуществляется в среде САПР. Предварительно создается структурная модель. Необходимо обосновать и описать методику построения расчетной сетки и методику определения размера ячеек, а также объекты симуляции. Желательно выполнить аналитический или численный расчет для верификации компьютерной модели. В дипломном проекте необходимо привести копии экранов компьютерной модели с расчетной сеткой, объектами симуляции, а также результатами моделирования. Могут быть также приведены графические зависимости температуры от параметров тел. Следует сделать заключение о более выгодных параметрах.

5 Структура и объем дипломного проекта

Дипломный проект должен содержать пояснительную записку и графический материал.

Общими требованиями к пояснительной записке к дипломному проекту являются: четкость и логическая последовательность изложения материала; краткость формулировок, исключающих неоднозначность толкования. При этом пояснительная записка к дипломному проекту должна раскрывать творческий замысел, при необходимости должна быть проиллюстрирована фотографиями, графиками, диаграммами, схемами и т. п.

Пояснительная записка переплетается и сдается в стандартной папке для дипломных работ. Пояснительная записка к дипломному проекту должна включать титульный лист; задание; содержание; перечень условных обозначений, символов и терминов (если в этом есть необходимость); введение; обзор литературных источников; основная часть, включая организационно-экономическую часть и раздел охраны труда; заключение; список использованных источников; приложения, включая ведомость технического проекта. Требования к оформлению пояснительной записки определяются ГОСТ 2.105.

Объем пояснительной записки, как правило, составляет 80–100 листов без учета приложений.

Графический материал дипломных проектов оформляется на 8 и более листах формата А1. Для научно-исследовательских дипломных проектов допускается 6 листов формата А1. Графический материал включает чертежи и плакаты. Количество чертежей не менее двух.

Чертежи оформляются по требованиям ЕСКД.

Требования к оформлению плакатов:

- как правило, на плакатах приводятся схемы, для которых отсутствуют официальные стандарты, в частности, диаграммы, а также изображения, оформляемые в произвольной форме (например, схемы форм документов и т. п.);

- плакат должен иметь рамку и угловой штамп, оформленный согласно ЕСКД;

- допускается использование цветных изображений (например, копий экранов), а также подписей к отдельным элементам изображения.

Содержание графического материала научно-исследовательских дипломных проектов определяется руководителем.

Примерный перечень листов графического материала дипломного проекта:

- технические чертежи – 2 листа;

- диаграммы, схемы алгоритмов, графические зависимости, компьютерное моделирование – 5 листов;

- технико-экономические показатели – 1 лист.

При выполнении комплексных тем не допускается дублирование частей пояснительных записок и графического материала.

6 Содержание дипломного проекта

6.1 Введение

Во введении необходимо изложить цель и задачи работы, а также обосновать необходимость ее проведения.

6.2 Обзор литературных источников

Конечным результатом обзора должен явиться критический анализ рассмотренных решений с целью применения лучших из них в проектируемом объекте.

6.3 Научно-исследовательская часть

Научно-исследовательская часть является необязательной. Ее содержание определяет руководитель.

6.4 Основная часть

6.4.1 Техническая часть.

В технической части описывается технический объект машиностроительного предприятия и само предприятие. Приводятся инженерные методики расчета технического объекта, его математические модели. Материал сопровождается необходимыми техническими схемами. Также в данную часть включается материал, соответствующий разделу 3 или 4 настоящих методических рекомендаций.

6.4.2 Организационно-экономическая часть.

Организационно-экономическая часть дипломного проекта обосновывает эффективность принятых технических решений.

Организационно-экономическая часть включает:

- организационную часть;
- экономическую часть.

В организационной части рассматривается один из вопросов организации производства. Тема организационного вопроса выдается руководителем организационно-экономической части дипломного проекта.

Экономическая часть содержит все необходимые технико-экономические расчеты и определение экономического эффекта от принятых технических решений.

Результатом расчета являются технико-экономические показатели проекта, которые представляются на защите в виде итоговой таблицы.

6.4.3 Охрана труда.

В этом разделе излагаются конкретные мероприятия, отвечающие специфическим условиям осуществления безопасной работы. Выявляются опасные факторы и приводятся мероприятия по их устранению. Рассматриваются мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Содержание вопроса определяется руководителем соответствующей части дипломного проекта.

6.5 Заключение

Этот раздел должен содержать основные выводы и рекомендации, которые можно сделать на основании всего проекта. Необходимо отразить отличие проектируемого объекта от аналогов, применение новых идей.

Список литературы

- 1 Общие правила оформления конструкторско-технологической документации: методические указания для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Сост. В. М. Шеменков, С. Н. Хатетовский, М. А. Белая. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – 47 с.
- 2 Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск : Изд-во Гревцова, 2010. – 399 с.
- 3 **Брайант, Р. Д.** Компьютерные системы: архитектура и программирование. Взгляд программиста: пер. с англ. / Р. Д. Брайант, О. Халларон. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. – 1104 с.
- 4 **Орлов, С. А.** Технологии разработки программного обеспечения. Разработка сложных программных систем : учебник / С. А. Орлов. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2004. – 527 с.
- 5 **Леоненков, А. В.** Самоучитель UML / А. В. Леоненков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.
- 6 **Буч, Г.** UML. Классика computer science: пер. с англ. / Г. Буч, А. Якобсон, Дж. Рамбо. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2006. – 736 с.
- 7 **Буч, Г.** Язык UML. Руководство пользователя: пер. с англ. / Г. Буч, Д. Рамбо, И. Якобсон. – 2-е изд. – Москва : ДМК Пресс, 2007. – 496 с.
- 8 **Рамбо, Дж.** UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка / Дж. Рамбо, М. Блаха. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2007. – 544 с.
- 9 **Заботина, Н. Н.** Методы и средства проектирования информационных систем: учебное пособие / Н. Н. Заботина. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 331 с.
- 10 **Шустова, Л. И.** Базы данных: учебник / Л. И. Шустова, О. В. Тараканов. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 304 с.
- 11 **Агальцов, В. П.** Базы данных: учебник: в 2 кн. Кн. 2: Распределенные и удаленные базы данных / В. П. Агальцов. – Москва : ФОРУМ; ИНФРА-М, 2020. – 271 с.

- 12 **Гагарина, Л. Г.** Технология разработки программного обеспечения: учебное пособие / Л. Г. Гагарина, Е. В. Кокорева, Б. Д. Сидорова-Виснадул ; под ред. Л. Г. Гагариной. – Москва : ФОРУМ; ИНФРА-М, 2021. – 400 с.
- 13 **Макконнелл, С.** Совершенный код. Мастер-класс=Code Complete. Second Edition : пер. с англ. / С. Макконнелл. – Санкт-Петербург : БХВ, 2020. – 896 с.
- 14 **Макаровских, Т. А.** Документирование программного обеспечения. В помощь техническому писателю : учебное пособие / Т. А. Макаровских. – 2-е изд. – Москва : ЛЕНАНД, 2015. – 266 с.
- 15 **Бедердинова, О. И.** Моделирование информационных систем на платформе SOFTWARE IDEAS MODELER: учебное пособие / О. И. Бедердинова, Л. В. Кремлева, С. В. Протасова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 166 с.
- 16 **Магазанник, В. Д.** Человеко-компьютерное взаимодействие: учебное пособие / В. Д. Магазанник. – 2-е изд., доп. – Москва : Университетская книга, 2020. – 408 с.
- 17 **Хорев, П. Б.** Объектно-ориентированное программирование с примерами на C#: учебное пособие / П. Б. Хорев. – Москва : ФОРУМ; ИНФРА-М, 2020. – 200 с.
- 18 **Федорова, Г. Н.** Разработка, внедрение и адаптация программного обеспечения отраслевой направленности: учебное пособие / Г. Н. Федорова. – Москва: КУРС; ИНФРА-М, 2021. – 336 с.
- 19 Гидравлика : учебник и практикум для академ. бакалавриата / Под ред. В. А. Кудинова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2018. – 386 с.
- 20 **Кудинов, А. А.** Тепломассообмен: учебное пособие / А. А. Кудинов. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 375 с.
- 21 Инженерный анализ. NX Advanced Simulation / П. С. Гончаров [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 504 с.
- 22 **Гуриков, С. Р.** Введение в программирование на языке Visual Basic for Applications (VBA): учебное пособие / С. Р. Гуриков. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 317 с.
- 23 **Карманов, Ф. И.** Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad : учебное пособие / Ф. И. Карманов, В. А. Острейковский. – Москва : ИНФРА-М, 2018. – 208 с.
- 24 **Берлинер, Э. М.** САПР конструктора-машиностроителя : учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : ИНФРА-М, 2015. – 288 с.
- 25 **Культин, Н. Б.** C/C++ в задачах и примерах / Н. Б. Культин. – 3-е изд., доп. и испр. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2019. – 272 с.
- 26 **Лустенков, М. Е.** Детали машин: учебное пособие / М. Е. Лустенков. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – 240 с.
- 27 **Лустенков, М. Е.** Детали машин : учебное пособие / М. Е. Лустенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2020. – 258 с.