

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ульяновский государственный университет»  
Факультет математики, информационных и авиационных технологий  
Кафедра математического моделирования технических систем**

**В.Л. Леонтьев, А. Р. Гисметулин, А.Н. Евсеев,  
А.С. Кондратьева, А.А. Емельянова**

**Методические указания  
по выполнению и оформлению дипломных работ  
для студентов направлений бакалавриата «Авиастроение»,  
«Автоматизация технологических процессов и производств»,  
«Системный анализ и управление»**

Под общей редакцией д.т.н., профессора Ю.В. Полянского

Ульяновск.

E25

УДК 338.4(0758)

ББК: 65.301-551 я73

*Печатается по решению Ученого Совета  
Факультета Математики и информационных технологий  
Ульяновского Государственного университета*

**Рецензенты:**

Заместитель генерального директора по экономике и финансам  
ЗАО «Авиастар-СП» Топорков А.М.

**В.Л. Леонтьев, А. Р. Гисметулин, А.Н. Евсеев,  
А.С. Кондратьева, А.А. Емельянова**

Методическое пособие по выполнению и оформлению дипломных работ для студентов направлений бакалавриата «Авиастроение», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Системный анализ и управление» Под общей ред. Ю.В. Полянскова,- Ульяновск: УлГУ, 2015.- с.

Учебно-методическое пособие разработано в соответствии с рабочими программами прохождения предвыпускной квалификационной практики для студентов направлений бакалавриата «Авиастроение», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Системный анализ и управление» факультета математики и информационных технологий Ульяновского Государственного университета с целью реализации профессиональной компетенции, связанной с умением осуществлять анализ, проектирование и расчет при решении задач реального сектора экономики.

Ил.1. Библиогр.13.

© Ульяновский государственный университет

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>1 ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ .....</b>	<b>5</b>
1.1 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ .....	5
1.2 ОФОРМЛЕНИЕ И ОБЪЕМ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ .....	8
1.3 ОФОРМЛЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	13
<b>2 ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ С РАЗВИТОЙ КОНСТРУКТОРСКО-РАСЧЕТНОЙ ЧАСТЬЮ .....</b>	<b>14</b>
2.1 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ .....	14
2.2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ И ВЫБОРА МЕТОДОВ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ .....	16
2.3 УНИВЕРСАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ – ОСНОВА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНСТРУКЦИЙ ...	18
2.4 УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ХАРАКТЕР МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ .....	18
2.5 КРАЕВЫЕ И НАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КОНКРЕТНЫЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ.....	19
2.6 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕХАНИКИ КОНСТРУКЦИЙ .....	19
<b>3 ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА С РАЗВИТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТЬЮ.....</b>	<b>24</b>
3.1 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ .....	24
3.2 ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАНКОВ С ЧПУ ..	26
3.3 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ .....	26
3.4 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ.....	29
3.5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОСТПРОЦЕССОРА .....	30
<b>4 ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ С РАЗВИТОЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТЬЮ .....</b>	<b>34</b>
4.1 ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ .....	34
4.2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ И ФОРМАЛИЗОВАННОМУ ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССОВ.....	34
4.3 КОМПОНЕНТЫ ПРОЦЕССА .....	35
4.4 ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	36
4.5 АНАЛИЗ МОДЕЛИ.....	36
4.6 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС ПРОЦЕССОВ.....	37
<b>5 ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ СРАВНЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ С ДЕЙСТВУЮЩИМ АНАЛОГОМ.....</b>	<b>38</b>
5.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕТЫ ЗАТРАТ НА РАЗРАБОТКУ ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ .....	38
5.2 РАСЧЕТ ГОДОВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ОСВОЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ.....	41

## **ВВЕДЕНИЕ**

Данное методическое пособие по выполнению и оформлению дипломных работ предназначено для студентов направлений: «Системный анализ и управление», «Авиастроение», «Автоматизация технологических процессов».

В пособии представлены методические рекомендации по оформлению и написанию выпускных квалификационных работ с развитыми конструкторско-расчетной, технологической, организационно-технической частями. Кроме этого, в пособии даны рекомендации по написанию технико-экономического обоснования проектных решений.

Следует помнить, что научное содержание ВКР всегда несет на себе печать творческой индивидуальности автора, в то время как организация их подготовки подчиняется общему порядку, а оформление - действующим государственным стандартам.

# 1 ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

## 1.1 Структура и содержание выпускной квалификационной работы

Выпускная работа студента-бакалавра высшего профессионального образования должна содержать формулировку задачи, варианты её решения, обоснование, расчёты и показатели в соответствии с заданием кафедры и должна отражать высокий научно-технический уровень и практическую направленность.

### 1.1.1 Структура выпускной квалификационной работы

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы по направлениям бакалавриата должна содержать следующие рубрики и разделы: содержание, введение, теоретическая часть, аналитическая часть, проектно-исследовательская часть, технико-экономическое обоснование проектных решений, заключения, списка использованных источников, приложения.

Конкретная структура определяется видом выпускной квалификационной работы, заданием на её выполнение, характером и содержанием и согласовывается с руководителем. Объём каждого из разделов работы определяется её структурой, содержанием и согласовывается с руководителем.

### 1.1.2 Содержание разделов выпускной квалификационной работы

В *содержании* указываются все разделы работы, детализированные до подразделов, пронумерованные арабскими цифрами. Правила оформления содержания указаны в п. 4 настоящих методических указаний.

Во *введении* должны быть отражены: современное состояние решаемой проблемы, актуальность выбранной темы, предмет и объект исследования, четко сформулированы цели и задачи, решение которых необходимо для достижения поставленной цели, а также использованные методы анализа.

Актуальность темы объясняет, почему к данной теме целесообразно обратиться именно сейчас, какова научная и практическая необходимость, в каком состоянии находятся современные научные представления о предмете исследования.

Далее формулируются объект и предмет исследования. Объект – это избранный элемент реальности, который обладает очевидными границами, относительной автономностью существования. Предмет – логическое описание объекта, избирательность которого определена предпочтениями дипломника в выборе точки обзора, аспекта, отдельных проявлений наблюдаемого сегмента реальности. Объект и предмет исследования соотносятся между собой как общее и частное. Именно предмет определяет тему выпускной квалификационной работы, которая обозначена на титульном листе как заглавие.

Рекомендуемый объём раздела – 1-2 листа.

*Теоретическая часть* выпускной квалификационной работы должна содержать:

- обзор научной и методической литературы, посвященной рассматриваемой проблеме;
- анализ теоретических положений по теме;
- описание методов и приёмов исследования составляющей экономики труда, выбранной для анализа в аналитической части. Проводится оценка применимости этих приёмов и методов к выбранным объекту и предмету исследования.

**Аналитическая часть** является основой для разработки проектных решений в рамках темы выпускной квалификационной работы. В аналитической части рекомендуется выделять три подраздела.

1. *Общая характеристика деятельности организации (предприятия)*. Здесь должны быть представлены характеристики, параметры и показатели деятельности организации (предприятия), которые в наибольшей степени отражают содержание выбранной темы:

2. *Анализ и прогноз изменения внешней ситуации*. Внешняя среда создает условия функционирования всех без исключения предприятий. В данном разделе необходимо выявить закономерные взаимосвязи организации с внешней средой, провести анализ и прогноз их развития:

3. *Общая характеристика объекта исследования*. Дается в зависимости от темы выпускной квалификационной работы (например, формы, системы оплаты и стимулирования труда на предприятии; организация и нормирование труда; система управления персоналом; уровень квалификации и система переподготовки специалистов на предприятии; планирование и прогнозирование производительности труда).

При разработке темы следует четко выделить место данной подсистемы управления трудом или отдельного вида функциональной управленческой деятельности в общей системе управления. По окончании анализа формируются выводы о состоянии системы управления исследуемого объекта,

В **проектно-исследовательской части** детально разрабатывается план мероприятий по объекту исследования, проведенного в аналитической части.

В данном разделе дипломником прорабатываются варианты решения поставленных задач: даются схемы решения задач и их сравнительная оценка.

**Технико-экономическое обоснование проектных предложений (оценка возможностей использования)** результатов работы зависит от специфики исследования.

Если в работе предложены конкретные методики, то в данной части оценивается экономическая эффективность указанных мероприятий. При использовании в работе ранее апробированных на практике методик описываются результаты их внедрения.

В работах теоретико-методического характера обосновывается необходимость или целесообразность применения методики расчётов экономической и социальной эффективности.

Критериальным показателем может быть выбран любой, научно обоснованный показатель (рентабельность, трудоёмкость продукции,

производительность труда, текучесть кадров, уровень занятости (безработицы) и т.п.) или группа показателей.

Рассчитываются и анализируются технико-экономические показатели вариантов проектируемого объекта, определяется эффективность предлагаемых решений. При сравнении вариантов надо обращать внимание на обоснованность выбора базы для сравнения, определения показателя для расчёта экономического эффекта.

Если работа носит научно-исследовательский характер, то в данной части отражается научная и практическая значимость полученных результатов.

**Заключение** должно содержать выводы, сделанные по результатам всей работы. В заключении необходимо соотнести полученные выводы с целями и задачами, поставленными во введении. Иногда целесообразно построить текст заключения как перечень выводов, разбив его на пункты, каждый из которых – выделение и обоснование одного конкретного вывода. Кроме того, оценивается технико-экономическая и социальная эффективность проектных предложений и прикладная ценность работы, а также описываются возможные области применения полученных результатов.

Таким образом, в заключении следует акцентировать внимание, на том, что сделано в выпускной квалификационной работе и что рекомендовано к внедрению.

**Список использованной литературы** должен содержать библиографическое описание монографий, учебников и учебных пособий, журнальных статей, инструктивных и методических материалов, организационно-экономической документации, которые использовались для выполнения выпускной квалификационной работы.

Наличие **приложений** не является обязательным. Сюда рекомендуется выносить копии организационно-экономической документации; таблицы, схемы, рисунки, которые не целесообразно располагать в тексте в виду их громоздкости и другие материалы, имеющие вспомогательный или дополнительный характер.

**Графическая часть** выполняется в виде презентации MS Office PowerPoint. Ее назначение – дать в процессе защиты возможно более полное представление о выпускной квалификационной работе в целом или иллюстрация отдельных разделов и результатов работы. Студенту-дипломнику следует подумать, какой графический материал наиболее полно отражает содержание дипломного проекта.

Рекомендуемое количество графических иллюстраций, представленных на отдельном слайде презентации, не менее 9 слайдов. Кроме того, дипломник готовит 5 экземпляров печатных копий слайдов, включенных в презентацию, в качестве раздаточного материала членам ГАК (на формате А4). Каждый слайд должен иметь номер.

Руководитель дипломного проекта может сократить количество обязательных слайдов и ввести новые, объединить несколько слайдов в один за

счёт уменьшения их формата, так как иллюстрации должны подчеркивать специфику каждого дипломного проекта.

Общая структура доклада дипломника должна соответствовать структуре представленных иллюстраций, так как они необходимы для доказательства или демонстрации того или иного подхода, результата или вывода.

Иллюстрации к дипломному проекту, включаемые в презентацию, желательно выполнять ярко, красочно, разнообразно, с хорошей графикой и вкусом, чтобы они отчетливо были видны членам комиссии и гостям на защите, а также заинтересованной аудитории.

## **1.2 Оформление и объём выпускной квалификационной работы**

Оформление выпускной квалификационной работы должно соответствовать межгосударственным стандартам: ГОСТ 7.32-2001 – Отчёт о научно-исследовательской работе, ГОСТ 7.1-2003 – Библиографическое описание документа. Общие требования и правила заполнения.

### **1.2.1 Общее оформление выпускной квалификационной работы**

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы относится к текстовым документам и выполняется с применением печатных и графических устройств вывода ЭВМ;

При этом текст печатается на одной стороне листа шрифтом «Times New Roman» размером 14 через 1,5 интервала. Размеры полей: верхнего и нижнего – 2 см., левого – 3см. и правого – 1 см. Выравнивание текста – по ширине. Шрифт заголовков разделов полужирный, размер 16; шрифт заголовков подразделов полужирный, размер 14; межсимвольный интервал обычный.

Объём работы должен составлять примерно 50-60 страниц печатного текста без приложений.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определённых терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты различной гарнитуры. При выполнении работы необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе.

Изложение текста необходимо вести в безличной форме. Текст должен быть кратким и четким. Терминология, сокращения и определения должны соответствовать терминам, установленным стандартами, а при их отсутствии – общепринятыми в научно-технической и экономической литературе. Если в тексте принята особая терминология, то в конце его (перед списком литературы) приводится перечень принятых терминов с их разъяснением. Указанный перечень включается в содержание. Примечания к тексту при необходимости пояснения содержания текста, формулы, таблицы или иллюстрации размещаются внизу страницы, к которой они относятся.

***Пояснительная записка сброшюровывается в следующем порядке:***

- Титульный лист (образец приведен в Приложении В);



- Аннотация;
- Содержание;
- Введение;
- Теоретическая часть;
- Аналитическая часть;
- Проектно-исследовательская часть;
- ТЭО проектных решений;
- Заключение;
- Литература;
- Приложения.

*С новой страницы начинаются:* титульный лист, содержание, введение, каждый из разделов, заключение, список использованной литературы, каждое из приложений.

**Рубрикация текста** подразумевает деление на крупные и мелкие части. Такое деление проявляется в наличии структурных элементов (разделов, подразделов, пунктов, подпунктов), имеющих заголовки и пронумерованных арабскими цифрами. Заголовок подраздела нумеруется двумя цифрами: номером части и номером раздела (например, 2.1).

Если раздел делится на подразделы, последние не должны дублировать по смыслу друг друга, но в своей сумме должны полностью исчерпывать содержание раздела в целом. Ошибочным является такое деление на пункты, когда раздел оказывается уже общего объёма составляющих его элементов. Деление раздела на подразделы (пункты, подпункты) должно осуществляться на протяжении всего раздела по одному и тому же признаку. Разделы и его составные элементы должны быть озаглавлены так, чтобы название точно соответствовало содержанию текста. В заголовках следует избегать узкоспециализированных терминов, сокращений, аббревиатур, математических формул. Заголовки должны быть достаточно краткими, то есть не содержать лишних слов, но в то же время они не должны состоять из одного слова. Односложный заголовок утрачивает конкретность и приобретает нежелательную для отдельного раздела или подраздела широту. Не следует растягивать название раздела или пункта на несколько строк, даже если иначе трудно передать содержание раздела с достаточной точностью.

Простейшим видом рубрикации является деление текста внутри самостоятельной единицы – раздела или пункта – с помощью абзацев. Абзацный отступ должен составлять пять знаков.

**Оформление заголовков** должно быть однотипным по всему тексту. Заголовки от границы листа отделяются абзацным отступом. Заголовки разделов и подразделов оформляются с прописной буквы. В конце заголовка точку не ставят. Расстояние между заголовком раздела и подраздела – 1,5 интервала, расстояние от заголовка до текста – 2 интервала.

В **содержании** выносятся названия всех разделов, перечисленных в пункте 1.1.1. Допускается вынесение в содержание названий отдельных составляющих каждого раздела (подраздела, пункта). Заголовки одинаковых

ступеней рубрикации следует располагать друг под другом. Заголовки каждой последующей ступени смещают на три-пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени. После названия раздела в конце последней его строки проставляется номер страницы, с которой начинается раздел. Между окончанием названия и номером страницы пробиваются точки. Заголовки в содержании должны точно повторять заголовки в тексте. Нельзя сокращать и давать их в другой формулировке, последовательности и соподчинённости по сравнению с заголовками в тексте.

**Нумерация страниц** производится арабскими цифрами посередине нижнего поля, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту работы.

Титульный лист считается первой страницей, второй и третьей – аннотация, третьей или четвертой – содержание.

На титульном листе, аннотации и содержании номера страниц не ставятся. Номера страниц проставляются, начиная с первой страницы введения.

### **1.2.2 Оформление рисунков**

Весь графический материал в пояснительной записке (диаграммы, схемы, графики и т.д.) носит название «Рисунок».

Рисунки должны иметь подрисуночную подпись, т.е. подпись, помещаемую под рисунком и раскрывающую его содержание. **Например.** Рисунок 1.1 - Организационная структура управления ОАО «Авиастар-СП».

После подрисуночной подписи точка не ставится. Каждому рисунку в тексте должна предшествовать ссылка на него. **Например.** Организационная структура управления ОАО «Авиастар-СП» приведена на рисунке 1.1.

Рисунки располагаются в тексте на странице, где сделана на него ссылка, или на следующей странице.

Название рисунка центрируется относительно него.

Нумерация рисунков – сквозная в пределах каждой главы. При присвоении номера рисунку используется двойная нумерация. Первая цифра указывает номер раздела, в которой расположен рисунок, а вторая – номер рисунка в данном разделе по порядку следования.

### **1.2.3 Оформление таблиц**

Назначение таблиц – это упрощение анализа того содержания, которое она передаёт. Не следует в тексте пересказывать содержание таблиц.

Таблицы располагаются в тексте на странице, где сделана ссылка, или на следующей странице.

Ссылка на таблицу с номером «2.4» делается так: «*В таблице 2.4 приведены...*».

Таблицу следует по возможности располагать в тексте по вертикали.

Размерность величин, представленных в таблице показателей, обязательно должна быть указана.

В таблицах не должно быть пустых граф. Значение прочерков следует

объяснить. Повторяющиеся слова заменяются кавычками. Повторяющиеся цифры и знаки не заменяются.

Таблица обязательно должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным и кратким. Название таблицы следует помещать слева над таблицей, без абзацных отступов в одну строку с ее номером через тире. **Например:**

Таблица 1.1 – Показатели рентабельности продукции за период 2010-2012 гг.

Наименование показателя	2010 г.	2011 г.	2012 г.

Нумерация таблиц – сквозная в пределах каждого раздела. При присвоении номера таблице используется двойная нумерация. Первая цифра указывает номер раздела, в котором расположена таблица, а вторая – номер таблицы в данном разделе по порядку следования.

Возможен перенос части таблицы на следующую страницу. При этом на следующую страницу переносится шапка таблицы, название не дублируется. Далее переносится оставшаяся содержательная часть.

Графы таблицы не нумеруются. Не разрешается нумеровать графы и при переносе таблицы.

При переносе таблицы нумерация проставляется следующим образом: если переносится таблица 1.3, то на следующей странице справа над ней пишется «*Продолжение таблицы 1.3*».

Если таблица приведена в приложении, то ее обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с заглавной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с заглавной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Таблицы слева, справа и внизу, как правило, ограничивают линиями. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

#### **1.2.4 Оформление списка литературы**

В список литературы вносятся все использованные в процессе выполнения работы учебники и учебные пособия, монографии, статьи из книг и периодической литературы, организационно-экономическая и управленческая документация (бухгалтерские отчёты, нормативные документы, документы статистической отчётности т.п.).

Список использованной литературы составляется в алфавитном порядке авторов или названия работ, если она издана под общей редакцией; нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа.

***Примеры библиографического описания.***

Книга 1, 2, 3-х авторов

Яковлев Р.А. Оплата труда на предприятии. Изд. 2-ое, перераб. и дополн. – М.: Центр экономики и маркетинга, 2001.- 344 с.

Рощин С.Ю., Разумова Т.О. Экономика труда: экономическая теория труда: Учебное пособие.- М.: ИНФРА-М, 2000.- 400 с.

Базылев Н.И., Гурко С.П., Базылева М.Н. Микроэкономика: Учеб.пособие. – М.: ИНФРА-М, 2003.- 206 с.

Книга коллектива авторов, не вынесенных на титульный лист

Экономика труда: (социально-трудовые отношения) / Под ред. Н.А.Волгина, Ю.Г.Одегова.- М.: «ЭКЗАМЕН», 2002.- 736 с.

Книга, переведенная с иностранного языка

Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: Полный курс: В 2-х т./Пер.с англ. под ред. В.В.Ковалева. СПб :Экономическая школа, 2004. Т.2. - 669 с.

Самуэльсон П.А. Основания экономического анализа / Пер.с англ.под ред. П.А.Ватника. СПб.: Экономическая школа, 2002.- 604 с.

Статья из книги

Бендас Т.В. Методика изучения эффективности лидеров разного пола / Практикум по гендерной психологии. – СПб.: Питер, 2003.- С. 347-362.

Статья из журнала

Лисин В. Инвестиционные процессы в российской экономике // Вопросы экономики. – 2004. №6.-С. 4-27.

Положение об особенностях порядка исчисления средней заработной платы, // Экономика и учет труда – 2003. - № 6.- С. 32-37.

Рекомендации Минтруда РФ по разработке внутрипроизводственных тарифных условий оплаты труда работников предприятий // Экономика и учет труда. – 2002. - № 2. – С. 18.

Статья из газеты

Кабанов А. Хорошие отношения – гарантия инвестиций // Известия. – 2004. – 28 апреля.

Стандарты

ГОСТ 7.32 – 2001. Отчет о научно-исследовательской работе: Структура и правила оформления. - Минск: Изд-во стандартов, 2001.- 16 с.

Источник из Интернета

Вебстер: [www.emsi.ru](http://www.emsi.ru)

Сомбарт: [www.cfin.ru](http://www.cfin.ru)

На использованные источники в тексте *в обязательном порядке* делаются ссылки. Для этого после отрезка текста, по которому производится ссылка, в квадратных скобках проставляется номер или номера (в случае ссылки

одновременно на несколько источников) из списка использованной литературы с указанием соответствующей страницы. *Пример:* [6,с.17]. При ссылке на электронный источник проставляется только его номер.

### **1.2.5 Оформление формул**

Вставка в текст формул производится с помощью специального редактора. (Например, Microsoft Equation 3.0).

Нумеруются только те формулы, на которые имеется ссылка в последующем тексте. Номера проставляются арабскими цифрами.

Нумерация формул сквозная в пределах каждого раздела.

При присвоении номера формуле используется двойная нумерация. Первая цифра указывает номер раздела, в которой расположена формула, а вторая – номер формулы в данном разделе по порядку следования, из числа тех формул, которые пронумерованы.

Номер при переносе формулы располагают на уровне последней строки.

Нумерация групп формул (например, системы уравнений) производится против середины группы формул.

При ссылках на какую-либо формулу её номер ставится в той же форме, что и после формулы.

Формула включается в текст как равноправный её элемент, поэтому в конце формулы и в тексте рядом с ней знаки препинания ставятся в соответствии с правилами пунктуации.

### **1.3 Оформление приложений**

Приложения располагаются в тексте вслед за списком использованной литературы.

Приложения располагаются в порядке ссылки на них в основном тексте.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине слово «Приложение» и его обозначения.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который записывается симметрично относительно текста с заглавной буквы отдельной строкой.

Нумерация приложений - сквозная в пределах всей работы. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность. Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Приложения должны иметь общую сквозную нумерацию страниц.

## **2 ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ С РАЗВИТОЙ КОНСТРУКТОРСКО-РАСЧЕТНОЙ ЧАСТЬЮ**

### **2.1 Требования к содержательной части работы**

1. В работе с развитой конструкторско-расчетной частью, как правило, выбирается и строится математическая модель (совокупность нескольких моделей) состояния авиационной техники (АТ), сборочного технологического оборудования (СТО) и процессов, протекающих в них. При построении и использовании моделей должен быть проведен аналитический обзор близких по назначению моделей с анализом их существенных достоинств и недостатков. Должны быть сделаны выводы, основанные на этом обзоре и определяющие выбор существующей математической модели или обосновывающие актуальность создания новой математической модели. Должна присутствовать оценка адекватности выбранной или создаваемой новой модели исследуемому состоянию АТ, СТО и оценка области применения такой модели. При несоответствии области применимости модели условиям состояния объекта проводится модификация модели или ее полная замена.

2. При использовании для исследования модели того или иного численного метода (метода конечных элементов, метода конечных разностей, метода граничных элементов, метода Канторовича, метода Рунге-Кутты и т.д.) необходимо дать краткое описание его алгоритма. Требуется также обосновать преимущества использования выбранного метода и соответствующего ему пакета программ для решения данной задачи, проверить выполнение условий сходимости последовательности приближенных решений, которые дает такой пакет программ, к искомому точному решению задачи, убедиться в принадлежности решаемой задачи области применения выбранного метода, указать достоинства и недостатки других возможных способов решения. Раскрываются основные характеристики выбранного пакета программ, в среде которого создается модель и применяется численный метод для исследования созданной модели.

3. Характеризуются особенности реализации алгоритма численного метода в пакете программ.

4. Проводится формирование геометрической модели в рамках пакета программ и дается краткое описание выполняемых при этом шагов.

5. Проводится обоснование выбора конечных элементов, их связи с математической моделью и с численным методом. Проводится построение сеток конечных элементов с контролем их размеров и числа, а также с контролем физических свойств различных материалов, соответствующих конечным элементам той или иной части сетки. Даются краткие описания используемых конечных элементов и характеристики значений их параметров.

6. Обосновывается выбор типов численных расчетов (статический, динамический, свободные колебания, вынужденные колебания, устойчивость, ...).

7. Задаются граничные условия (силы, моменты, приложенные к точкам границы области конструкции; температура или поток тепла на границе; перемещения точек границы и повороты малых окрестностей этих точек). В динамических задачах задаются начальные условия (перемещения, скорости и температура всех точек авиационной конструкции или СТО в момент начала их движения на некотором интервале времени).

8. Задаются объемные нагрузки (механические и тепловые), действующие на АТ и СТО и связанные с условиями их эксплуатации.

9. Задаются параметры численного метода решения динамической задачи (промежутки времени, рекомендации по выбору алгоритмом численного метода величин шагов по времени в процессе решения задачи).

10. Определяются параметры результатов расчета, сохраняемых в процессе решения динамической задачи (указывается, что сохраняется и на каких шагах по времени – на всех, или на указанной части шагов по времени).

11. Проводятся численные расчеты, выполняется анализ достоверности их результатов на основе сравнения приближенных решений одной и той же задачи на сетках с различным числом конечных элементов (при наличии сходимости приближенные решения сгущаются в окрестности аналитического точного решения и при этом по мере сгущения сетки изменяются незначительно, что и является критерием их практической сходимости). Рекомендуется построение таблиц, диаграмм и графиков, основанных на использованных экспериментальных данных, и таблиц, диаграмм и графиков, полученных расчетным путем с применением разработанной математической модели с помощью пакета программ. Такие диаграммы и графики следует вынести в графическую часть работы (на плакаты) для использования во время защиты выпускной квалификационной работы.

12. Проводится количественный и качественный анализ результатов. Рекомендуется показать границы предметной области решения задач выпускной квалификационной работы, установить степень новизны и/или технико-экономической эффективности, полученной от внедрения разработанной в выпускной квалификационной работе тематики.

13. Формулируются выводы, даются рекомендации. При необходимости проводится коррекция некоторых шагов построения модели и коррекция параметров численного метода исследования модели или полная замена использованной математической модели с соответствующей заменой конечных элементов.

В помощь дипломнику далее в дополнение к сформулированным выше требованиям раскрываются основные принципы моделирования и исследования механических конструкций, которые рекомендуется использовать при выполнении и при оформлении выпускной квалификационной работы.

## 2.2 Основные принципы построения моделей и выбора методов их исследования при выполнении выпускной квалификационной работы

При выполнении и оформлении выпускной квалификационной работы следует учитывать общую схему математического моделирования, представленную на рисунке 1.

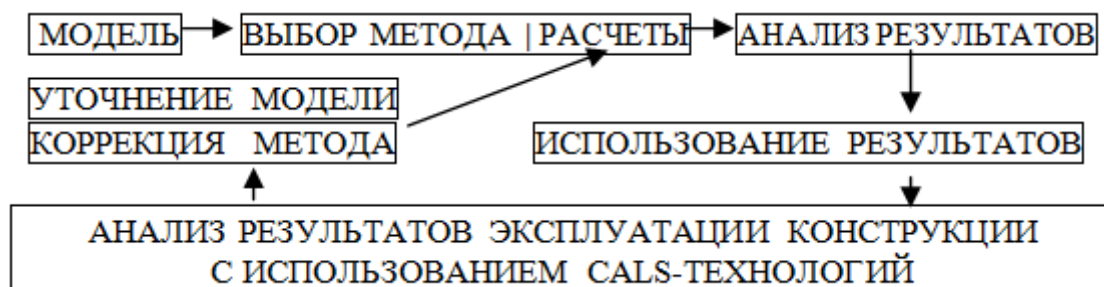


Рисунок 1 – Общая схема математического моделирования

Математическое моделирование включает в себя следующие операции с учетом использования существующих комплексов программ:

- создание компьютерной геометрической модели АТ или СТО, согласование форматов и характеристик файлов, установленных в комплексах программ, для совместного использования нескольких комплексов программ при построении и исследовании математической модели;
- обоснованный выбор физической модели и основных параметров АТ или СТО, связанных с условиями их эксплуатации, с типом расчета, и их отражение в математической модели при ее формировании в рамках комплекса программ;
- обоснованный выбор численного метода исследования математической модели и соответствующих комплексов программ;
- исследование модели, анализ результатов.

Следующая блок-схема, представленная на рисунке 2, дает более детальную характеристику первых шагов математического моделирования – построения первоначальной модели и выбора метода исследования модели.



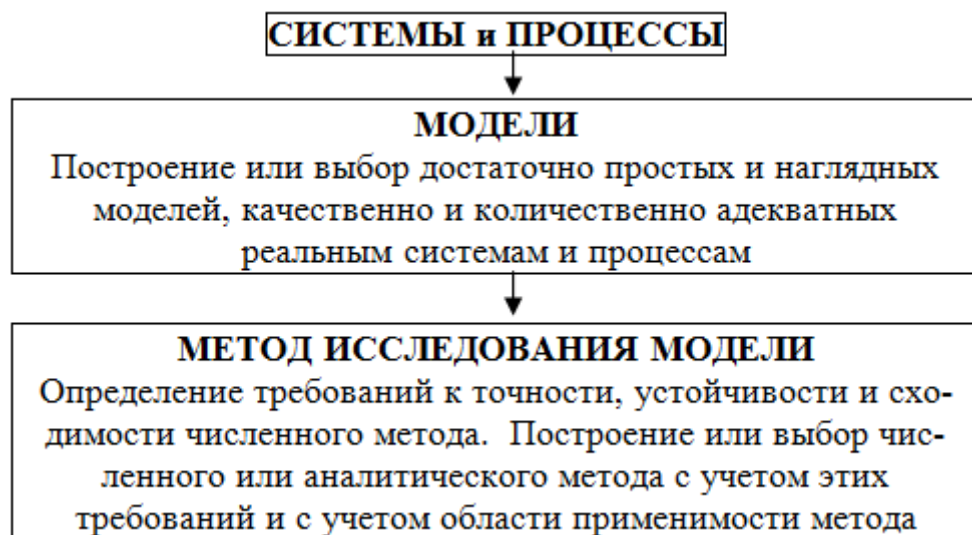


Рисунок 2 – Основные принципы моделирования

Повышение степени сложности модели, связанное с учетом большего числа факторов, влияющих на изучаемые характеристики, как правило, приводит к увеличению адекватности модели, но увеличивает затраты на ее исследование. Модель должна быть адекватной изучаемому объекту, но не чрезмерно, чтобы возможности исследования модели существенно не ограничивались. Избыточно сложная и за счет этого, несомненно, адекватная модель может оказаться недоступной для изучения с использованием самых современных аналитических и численных методов и суперЭВМ. Обоснованное, взвешенное сочетание адекватности и простоты построенной или выбранной математической модели является одним из самых сложных и принципиально важных условий ее формирования. Неадекватная математическая модель может дать результаты, противоречащие очевидным истинам. Моделирование предполагает наличие глубокой и точной информации о физических основах, как самой системы, так и проходящих в ней процессов. Далее приводится пример обоснованного подхода к выбору математической модели на различных этапах рассматриваемого процесса.

### Пример определения адекватности модели

Рассматривается движение частицы малой массы  $m$  под действием сил упругости  $(-cx)$  и вязкого сопротивления  $(-k\dot{x})$ , где  $c$  и  $k$  – известные постоянные коэффициенты. Используется обозначение  $\dot{x}$  производной по времени. Уравнение

$$m\ddot{x} + k\dot{x} + cx = 0,$$

с учетом предположения  $m = 0$  принимающее вид

$$k\dot{x} + cx = 0, \tag{1}$$

а также начальные условия

$$x(0) = x_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0 \quad (2)$$

противоречивы, поскольку произвольно задаваемые начальное положение  $x_0$  и начальная скорость  $\dot{x}_0$  частицы делают невозможным, как правило, удовлетворение уравнения (1). Более простая, за счет учета малости величины массы, модель (1), (2) в общем случае не адекватна процессу движения частицы на его первом этапе, на котором функция  $(m \ddot{x})$  может принимать большие значения за счет ускорения  $\ddot{x}$ . Поэтому эта функция должна обязательно учитываться на первом этапе движения частицы. В конце первого этапа  $\dot{x}$  переходит от значения  $\dot{x}_0$  к значению  $(-cx_0/k)$ , удовлетворяющему (1), и поэтому более простая математическая модель (1), (2) становится адекватной процессу движения на втором этапе и может быть использована на этом этапе.

### 2.3 Универсальные уравнения – основа математических моделей конструкций

Основными элементами математических моделей механики АТ и СТО, используемых в дипломных работах, являются универсальные уравнения: уравнение движения, уравнение моментов количества движения, закон сохранения массы, теорема об изменении главного вектора количества движения, теорема об изменении кинетической энергии, уравнения Сен-Венана (уравнения сплошности – условия отсутствия трещин), уравнение теплопроводности, уравнения Максвелла. Уравнение движения является обязательным элементом всех моделей. Включение в состав модели других уравнений определяется свойствами конструкции, характером происходящих в ней процессов, типом основной используемой системы координат (эйлеровой или лагранжевой), видом постановки задачи (в смешанной форме, ”в перемещениях”, ”в напряжениях”, ”в скоростях”). Закон сохранения массы включается в модель при решении задач о движении жидкостей или газов в эйлеровой системе координат. Уравнения сплошности – необходимый элемент моделей в случае постановки задач ”в напряжениях”. Уравнение теплопроводности учитывает взаимосвязь внутреннего напряженно-деформированного состояния конструкции с температурным полем, уравнения Максвелла характеризуют влияние электромагнитного поля на механическую конструкцию, в том числе в случаях протекания по ней электрических токов, ее электрополяризации и намагниченности.

### 2.4 Уравнения состояния, определяющие характер модели конструкции

При построении математических моделей АТ и СТО наряду с отмеченными выше универсальными уравнениями важнейшую роль играют

уравнения состояния, определяющие свойства материала конструкции в тех или иных условиях. В выпускной квалификационной работе должно быть обосновано применение того или иного уравнения состояния. Различные уравнения состояния определяют отличие одной модели от другой. Феноменологические или статистические уравнения состояния, например, закон Гука, соотношения вязкоупругости, пластичности, закон Навье-Стокса, являются результатами обобщений большого числа экспериментальных исследований и в рамках известных ограничений с высокой качественной и количественной адекватностью характеризуют поведение элементов механических конструкций. Уравнения состояния определяют частные свойства элементов конструкции и их физическую природу. Классические уравнения состояния определяют модели линейно- и нелинейно-упругих тел, вязкоупругих тел, идеальных жидкостей (газов), линейно- и нелинейно-вязких жидкостей (газов), электропроводящих жидкостей в электромагнитных полях и т.д. Универсальные уравнения и уравнения состояния в общем случае записываются в тензорной форме и в безразмерном виде с использованием  $\pi$ -теоремы, что делает математическую модель независимой от особенностей конкретных систем координат и систем единиц измерения.

## **2.5 Краевые и начальные условия, определяющие конкретные обстоятельства применения модели**

После формирования в выпускной квалификационной работе основной части математической модели в виде дифференциальных, интегральных, интегродифференциальных уравнений или равносильных вариационных принципов требуется поставить краевые и начальные условия. Для математической модели в эйлеровой системе координат краевые условия накладываются на скорость, давление, температуру, поток тепла через границу, начальные условия ставятся для скорости и температуры. Математическая модель в лагранжевой системе координат требует постановки силовых, кинематических, температурных краевых условий, а также задания начальных положений, скоростей и температуры всех точек конструкции. В случае учета электромагнитных полей дополнительные краевые и начальные условия накладываются на характеристики электрического и магнитного полей.

## **2.6 Дополнительные принципы формирования математических моделей механики конструкций**

Следующие список и блок-схемы (рис.3, 4) характеризуют дополнительные к изложенным выше принципы формирования математических моделей АТ и СТО, выбора вариантов моделей, контроля

созданных моделей. При построении моделей АТ и СТО и при их исследовании целесообразно также проводить:

- контроль размерностей величин модели;
- контроль порядков величин модели;
- контроль характера зависимостей (например, проверку направлений и скоростей изменения одних величин при изменении других);
- контроль экстремальных ситуаций (поведение модели в случаях, когда переменные приближаются к крайним допустимым для них значениям);
- контроль выполнения краевых и начальных условий;
- контроль математической замкнутости модели (замкнутая система соотношений модели, существование и единственность решения задачи, хорошая обусловленность систем сеточных уравнений);
- контроль физического смысла модели;
- контроль устойчивости модели по отношению к полноте информации о реальном объекте;
- априорные и апостериорные оценки сходимости приближенных решений;
- исследование практической сходимости (решения на различных сетках, различными методами, анализ функциональных “точек” сгущения);
- сравнение приближенных решений с известными точными и приближенными решениями, с экспериментальными данными.

При выборе конечных элементов в библиотеке пакета программ необходимо добиваться соответствия локальной матрицы жесткости выбранного конечного элемента той модели механики сплошных сред, которая наиболее точно характеризует состояние АТ и СТО. Основные типы таких моделей перечисляются на рис. 3.

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ,**  
используемые для исследования  
динамики и прочности механических конструкций  
(физически линейные и нелинейные,  
геометрически линейные и нелинейные)

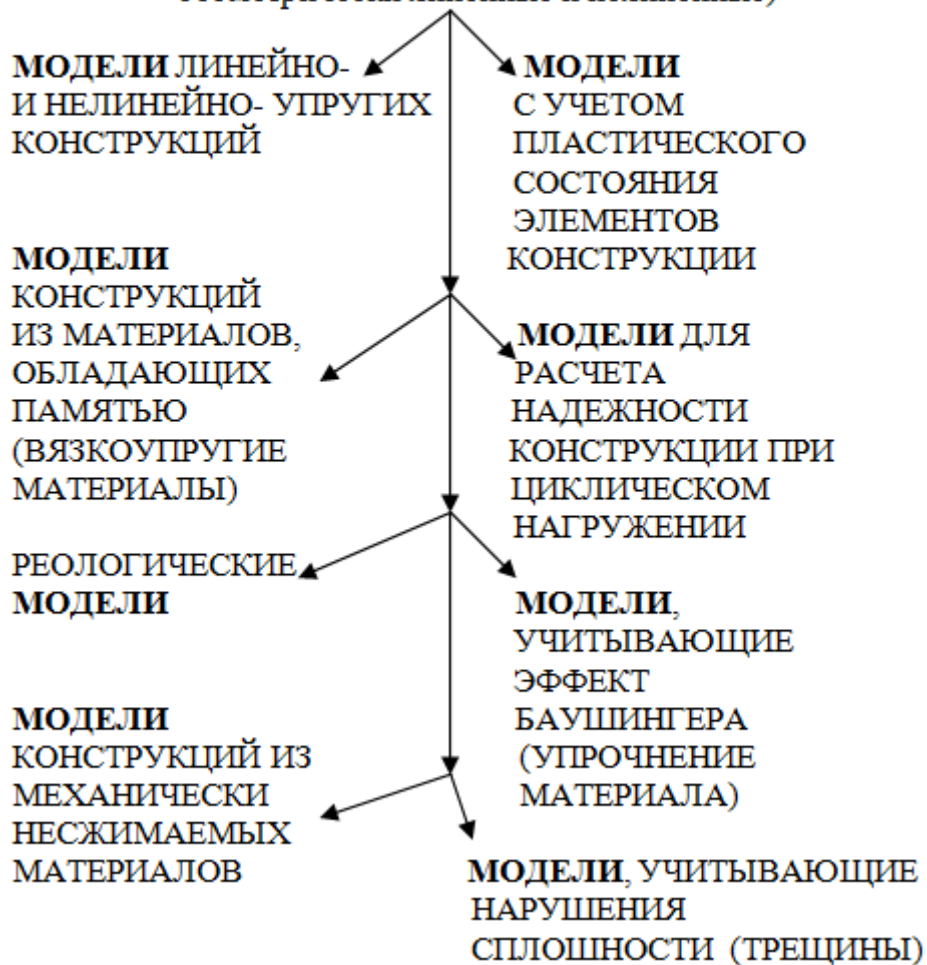


Рисунок 3 – Примеры классических моделей механики АТ и СТО

Перед проведением исследования математической модели следует выяснить характер состояния всех частей АТ и СТО и вид их динамики для того, чтобы корректно использовать тот или иной доступный в рамках пакета программ тип проводимого анализа конструкции и процессов, связанных с ней. Полезным при этом является рис. 4.

## ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ И ПРОЧНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

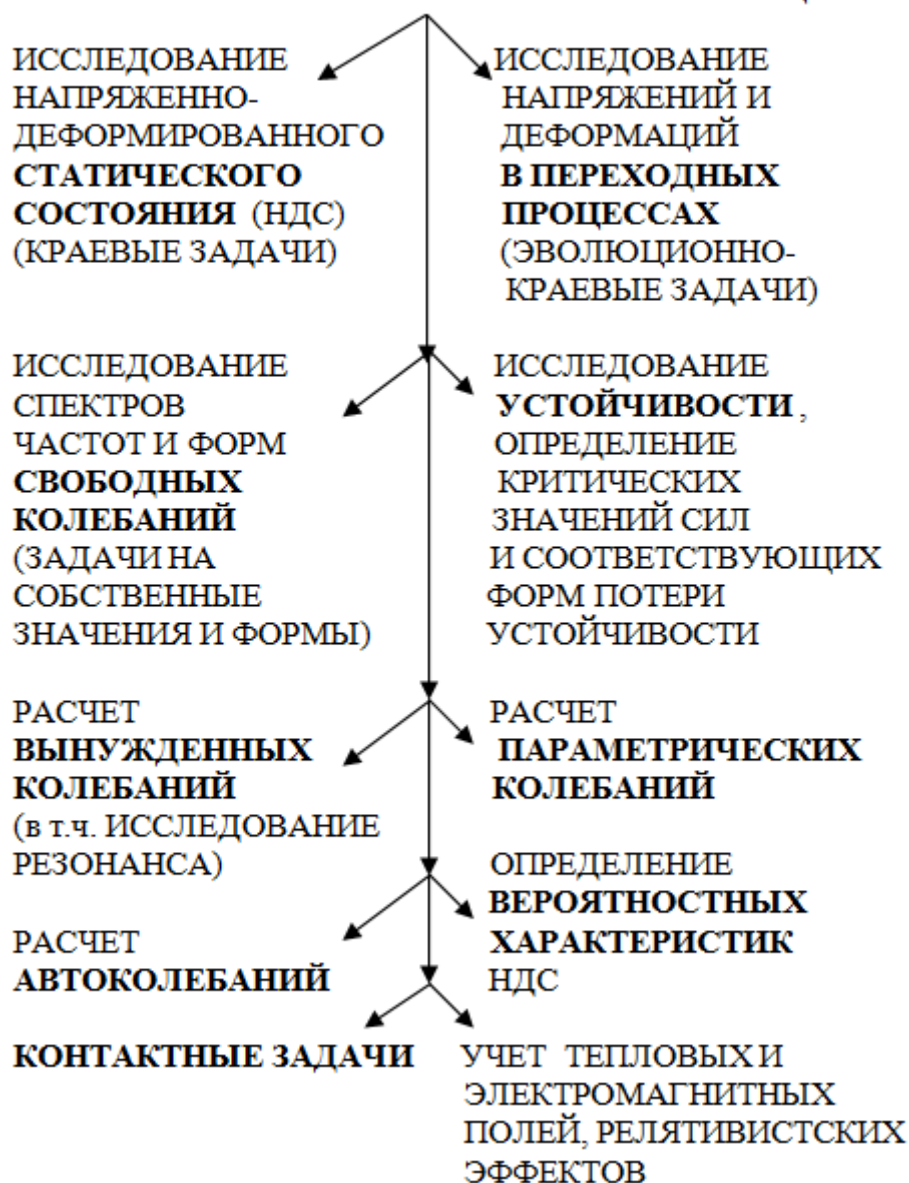


Рисунок 4 – Основные виды исследований моделей АТ и СТО

### Использованная литература

1. Розин Л.А. Метод конечных элементов / Л.А.Розин. Л.:Энергия,1971. 212с.
2. Розин Л.А. Метод конечных элементов в применении к упругим системам / Л.А.Розин. М.: Стройиздат, 1977. 128с.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О.Зенкевич. М.: Мир, 1975. 541 с.
4. Иванов В.В. Методы вычислений на ЭВМ: Справочное пособие / В.В.Иванов. Киев: Наукова думка, 1986. 584с.
5. Марчук Г.И. Введение в проекционно-сеточные методы / Г.И.Марчук, В.И.Агошков. М.: Наука. Гл. редакция физ.-мат. лит-ры, 1981. 416 с.

6. Математическое моделирование / Ред. Дж. Эндрюс, Р. Мак-Лоун. М.: Мир, 1979. 279 с.
7. Митчелл Э. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными / Э.Митчелл, Р.Уэйт. М.: Мир, 1981. 216 с.
8. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред / Дж.Оден. М.: Мир, 1976. 464 с.
9. Самарский А.А. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент / А.А.Самарский // Вестн. АН СССР. 1979. N5. С.38-49.
- 10.Стренг Г. Теория метода конечных элементов / Г.Стренг, Дж.Фикс. М.: Мир, 1977. 349 с.
- 11.Яглом И.М. Математические структуры и математическое моделирование / И.М. Яглом // М.: Сов. радио, 1980. 144с.

### **3 ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА С РАЗВИТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТЬЮ**

#### **3.1 Требования к содержательной части работы**

В выпускной квалификационной работе студентом должны быть решены задачи в области автоматизации технологической подготовки производства связанные с повышением эффективности операций механообработки, оптимизацией технологического процесса, повышением качества обработанных деталей, сокращением трудоемкости этапов проектирования и изготовления, разработкой новых методов и средств автоматизации.

За время прохождения практики по теме выпускной квалификационной работы (ВКР) бакалавром должны быть изучены ряд аспектов, связанных с автоматизацией технологической подготовки производства.

**1. Назначение и условия работы деталей и сборочной единицы.** Студент должен подробно ознакомиться с конструкцией и технической характеристикой изделия или сборочной единицы и его служебным назначением. Изучается также назначение деталей, функции, которые они выполняют в изделии, технические требования к их изготовлению, марки применяемых материалов, их химический состав и механические свойства. Кроме того, следует определить нагрузки, действующие на детали в процессе работы, для установления их работоспособности в изделии и в процессе изготовления для оптимизации технологического процесса механической обработки.

**2. Технологичность конструкции.** Нужно сделать критическую оценку технологичности конструкций заданных деталей и разработать свои предложения, направленные на ее улучшение с точки зрения повышения эффективности технологии их изготовления.

**3. Технологические процессы механической обработки деталей.** Необходимо проанализировать цель каждой операции техпроцесса: подготовки баз, удаления лишнего припуска, достижения заданной точности размеров, формы, качества и взаимного расположения поверхностей и т. д. По литературным и другим данным сравнить существующий на предприятии техпроцесс с процессами обработки аналогичных деталей на ведущих отечественных и зарубежных предприятиях. Необходимо изучить заводские материалы и методы, применяемые при назначении и расчете операционных припусков, режимов резания и технических норм времени; ознакомиться с методами наладки станков на участках обработки заданных деталей; изучить методику расчета и назначения стойкости режущего инструмента на различных операциях технологического процесса.

Необходимо изучить также планировку расположения оборудования на участках обработки заданных деталей, межоперационную их транспортировку, хранение на участке и обеспечение необходимых межоперационных заделов.



**4. Режущий, вспомогательный инструменты и приспособления.** В инструментальном цехе изучаются методы изготовления и конструктивные особенности специального режущего инструмента, применяемого при обработке заданных деталей. Необходимо ознакомиться с новыми инструментальными материалами, применяемыми на предприятии, с организацией переточки и замены затупившегося инструмента, сложным и оригинальным вспомогательным инструментом, его конструкцией и правилами эксплуатации. В конструкторском бюро управления главного технолога (УГТ) и механическом цехе изучается конструкция и принцип работы одного-двух сложных станочных или контрольных приспособлений, применяемых при обработке заданных деталей.

**5. Системы автоматизированного проектирования и организации производства.** Необходимо ознакомиться со структурой PDM системы завода, тематикой и характером решаемых ею задач, программным обеспечением, с технологией подготовки данных, принципами разработки автоматизированной системы управления производством (АСУП) и автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП).

Изучить особенности разработки управляющих программ для станков с числовым программным управлением. По литературным источникам и имеющимся на предприятии материалам изучить методику и порядок автоматизации разработки техпроцессов.

Рассматривая организацию работы одной из служб, подразделений или лабораторий УГТ данного предприятия, согласно индивидуальному заданию, необходимо изучить функции и задачи, которые она выполняет, ее структуру и состав.

**6. Экономика производства.** В планово-экономическом отделе предприятия следует собрать данные о технико-экономических показателях действующего механообрабатывающего производства. Определить нормативные и другие величины, принимаемые для проектных расчетов: годовой объем выпуска продукции в натуральном измерении, общая стоимость основных фондов, количество единиц оборудования, коэффициенты его загрузки и использования по машинному времени, производственная площадь на один станок, коэффициент использования основных материалов (заготовки), общая численность работающих (в том числе рабочих), средний тарифный разряд производственных рабочих, трудоемкость изготовления единицы продукции и этапов технологической подготовки производства, общий годовой фонд заработной платы, среднемесячная заработная плата рабочих, цеховая и полная себестоимость единицы продукции, норматив оборотных средств, оптовая цена единицы продукции (если она имеется), а также калькуляция изделия по статьям затрат. Имея эти показатели, студент сможет рассчитать и другие величины по базовому варианту, которые представляются в таблице основных технико-экономических показателей проекта с целью обоснования его эффективности.

### **3.2 Проектирования технологических процессов с применением станков с ЧПУ**

Одним из основных направлений автоматизации единичного и мелкосерийного производства является применение станков с программным управлением. Их особенностью является универсальность, сочетаемая с автоматизацией процессов обработки, высокая точность обработки, повышение производительности обработки, возможность сравнительно быстрой переналадки при переходе от обработки детали одного типоразмера к другому. Так как станок автоматически выполняет разработанную заранее программу, потребность в рабочих-станочниках высокой квалификации уменьшается. Однако технологическая подготовка производства усложняется и увеличивается по объему.

Технологические процессы обработки деталей на станках с программным управлением имеют свои особенности. В наибольшей степени это проявляется при проектировании процессов обработки на многокоординатных станках. Многооперационные станки снабжены инструментальным магазином, осуществляющим автоматическую смену режущего инструмента, которая выполняется за 5—6 с. С помощью программного управления на них может осуществляться автоматическое перемещение вдоль трех координатных осей и вращение вокруг этих осей. На многооперационных станках могут осуществляться почти все процессы обработки резанием: сверление, зенкерование, развертывание, растачивание, нарезание резьбы, фрезерование сложных поверхностей, зубообработка.

Установление последовательности обработки и содержания операций, выбор типов и моделей оборудования, приспособлений и инструментов, расчет режимов резания в целом выполняются по тем же правилам, что и для станков без программного управления. Однако имеются и некоторые специфические особенности проектирования, обусловленные тем, что в технологическом процессе появляется принципиально новый элемент - программа автоматической работы станка (управляющая программа). Управляющая программа является детализированным (до рабочих ходов) описанием операционного технологического процесса для станка с ЧПУ, а процесс ее разработки в САМ-системе включает в себя задачи, характерные именно для разработки операционного технологического процесса: определение последовательности и содержания переходов, выбор режущего и вспомогательного инструмента, задание режимов обработки. В связи с этим следует рассматривать технологическое проектирование в САМ-системе как процедуру разработки операционного технологического процесса для станка с ЧПУ.

### **3.3 Расчет режимов резания для станков с ЧПУ**

Расчет режимов резания для составления управляющих программ по

проектируемому или действующему технологическому процессу с помощью САМ-систем осуществляются на основе нормативов, распространяющихся на обработку деталей из углеродистых и легированных, коррозионностойких, жаропрочных и жаростойких сталей, чугунов, медных и алюминиевых сплавов на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. При назначении режимов резания должна быть решена задача обеспечения расчетно-обоснованного минимального основного времени обработки в зависимости от точности заготовки и необходимой точности обработки, которые требуют разного числа рабочих ходов инструмента на разных подачах и глубинах резания, а также от ряда других технологических ограничений производительности обработки: жесткости деталей и инструмента, точности и жесткости станков и т.д.

В процессе расчета режимов резания необходимо определить:

- конструкцию и материал режущей части инструмента;
- необходимые стадии обработки;
- глубину резания для каждой стадии обработки;
- подачу для каждой стадии обработки;
- скорость резания для каждой стадии обработки;
- мощность, необходимую для резания;
- крутящий момент от сил резания.

*Конструкцию и материал режущей части инструмента* выбирают в зависимости от конфигурации обрабатываемой детали, стадии обработки, характера снимаемого припуска, обрабатываемого материала и др. Предпочтительно применение инструмента, оснащенного пластинами из твердого сплава, если нет технологических или каких-либо других ограничений по их применению. К таким ограничениям относятся, например, прерывистая обработка жаропрочных сталей, обработка отверстий малых диаметров, недостаточная частота вращения детали или инструмента, недостаточная мощность станка и т.п.

Выбор конструкции инструмента, его геометрических параметров, марок инструментального материала производится в зависимости от вида, характера и условий обработки и обрабатываемого материала.

*Необходимые стадии обработки* выбирают исходя из требований к точности обрабатываемых поверхностей и точности применяемой заготовки.

Стадии обработки выбирают из соответствующих карт для каждого вида обработки. При обработке отверстий выбор стадий обработки сводится к выбору последовательности переходов. Число стадий в нормативах соответствует обработке на станках нормального класса точности, удовлетворяющих требованиям ГОСТов и ТУ на нормы точности и жесткости. Для станков повышенной точности и жесткости число стадий обработки может быть скорректировано к конкретным условиям обработки.

*Глубина резания для каждой стадии обработки* должна обеспечивать выполнение следующих требований:

- снятие погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя,

полученных на предшествующей стадии обработки;

- компенсацию погрешностей, возникающих на выполняемой стадии обработки. Для обеспечения этих требований глубину резания для  $i$ -й стадии выбирают по формулам:

**при точении**

$$t_i = R_{z_{i-1}} + T_{c_{i-1}} + \frac{\delta_i + \delta_{i-1}}{2}, \quad (1)$$

где  $R_{z_{i-1}}$  - параметр шероховатости поверхности, образовавшейся на предшествующей стадии, мкм;  $T_{c_{i-1}}$  - глубина измененного слоя, образовавшегося на предшествующей стадии, мкм;  $\delta_i; \delta_{i-1}$ , - допуск размера соответственно на выполняемой и предшествующей стадиях обработки, мкм;

**при обработке отверстий**

$$t_i = R_{z_{i-1}} + T_{c_{i-1}} + \frac{\delta_i + \delta_{i-1} + \rho_i + \rho_{i-1}}{2}, \quad (4)$$

где  $\rho_i; \rho_{i-1}$  - точность расположения отверстий соответственно на выполняемой и предшествующей стадиях, мкм;

**при обработке торцовыми фрезами**

$$t_i = R_{z_{i-1}} + T_{c_{i-1}} + \delta_i + \delta_{i-1} + \rho_i + \rho_{i-1}, \quad (5)$$

где  $\rho_i; \rho_{i-1}$  - отклонение от параллельности и перпендикулярности поверхности соответственно на выполняемой и предшествующей стадиях, мкм.

При фрезеровании концевыми фрезами в основном имеет место значительное колебание припуска на обработку, которое во много раз превышает допуск на заготовку. Распределение припуска на обработку в этом случае производится исходя из требуемой точности получения обрабатываемого размера и значений минимального и максимального вдоль обрабатываемого контура припуска.

Глубина резания для первой (черновой) стадии обработки должна зависеть от возможностей инструмента и условия обеспечения максимальной производительности обработки.

*Подачу для каждой стадии обработки* назначают с учетом размеров обрабатываемой поверхности, заданных значений точности и шероховатости, обрабатываемого материала и выбранной на предыдущем этапе глубины резания.

Подачу, выбранную для черновой и получистовой стадий обработки, проверяют по прочности механизма станка. Если выбранная подача не удовлетворяет этим условиям, необходимо установленную по нормативам подачу снизить до значения, допустимого прочностью механизма станка. Подачу, выбранную для чистовой и отделочной стадий обработки, проверяют по условию получения требуемой шероховатости. Окончательно выбирают

максимально допустимую подачу.

*Скорость и мощность резания* выбирают в соответствии с ранее определенными параметрами инструмента, глубиной резания и подачей.

Режим резания на черновых и получистовых стадиях проверяют по мощности и крутящему моменту станка с учетом в каждом случае его конструктивных особенностей.

Если выбранный режим не отвечает указанным условиям, необходимо установленную скорость резания понизить до значения, допускаемого мощностью или крутящим моментом станка.

### 3.4 Разработка управляющих программ

Эффективная и рациональная эксплуатация станков с ЧПУ возможна только с использованием специального программного обеспечения для создания управляющих программ вне оборудования, на рабочем месте технолога.

Процесс подготовки УП с использованием САМ системы можно разделить на следующие шаги:

- создание файла обработки;
- подготовка данных в файле обработки;
- создание и настройка операций обработки;
- проведение контроля управляющей программы;
- оформление технической документации.

Данное разделение на шаги условное, так как можно часть шагов объединить или разбить на несколько. Рассмотрим этапы подготовки управляющей программы на примере САМ-системы Siemens NX.

**Создание файла обработки.** На данном этапе осуществляется либо переход в САМ модуль непосредственно в файле детали либо создание нового файла с внесением файла детали в САМ проект в виде подборки без внесения изменений в файл с моделью детали.

**Подготовка данных в файле обработки.** При подготовке новой управляющей программы необходимо внести в файл обработки необходимые ему модели и данные и производит дополнительные настройки САМ-проекта. Объем вносимой информации варьируется, однако эту информацию можно разделить на следующие части:

- а) структурирование данных в модуле САМ (дерево программ, дерево геометрии, разнесение по слоям);
- б) подготовка информации для операций обработки (инструмент, ограничения, режимы);
- в) подготовка контроля УП (промежуточные заготовки, станочная оснастка, ограничения станка, модели оправок);
- г) подготовка оформления технической документации (атрибуты проекта, листы черчения, указатели, маркеры, символы пользователя).

Структурирование данных в САМ-системе необходимо для последующего корректного постпроцессирования созданных операций обработки, а так же для соблюдения принятых на предприятии стандартов хранения данных. Подготовка информации для операций обработки в САМ проекте включает создание моделей инструмента, используемого на данном оборудовании для различных групп обрабатываемых материалов, назначению режимов резания и т.п.

**Создание операций обработки.** На данном этапе выбирается тип операции механообработки, разрабатывается стратегия обработки в зависимости от используемого инструмента, режимов резания, геометрии детали и снимаемого припуска. Технология обработки определяется с учетом имеющегося в САМ-системе набора процедур или стратегий обработки. Так, для чернового фрезерования могут быть определены стратегии послойной выборки материала параллельными проходами, по спирали и др.; при чистовом фрезеровании может выполняться обработка контуров или поверхностей с применением различных стратегий. Правильный выбор типа операции и стратегии обработки во многом определяют производительность и точность обработки, а также качество обработанной поверхности детали.

Для обработки крупногабаритных деталей сложной геометрии на многокоординатных станках целесообразно создание моделей переходной заготовки, станочной и инструментальной оснастки, а также модели станка.

**Контроль качества управляющей программы.** Для 3-х координатных фрезерных станков достаточно разграничить зоны обработки и проверить траекторию движения инструмента в каждой зоне. На этом уровне контроля, как правило, проверяются наличие зарезов, правильность распределения межоперационных припусков на обработку, режимы резания, коррекции на вылет инструмента, величина гребешка, направление фрезерования, маршрут обработки.

**Оформление документации.** Процесс подготовки управляющих программ завершается оформлением технической документацией в электронном виде в соответствии с принятыми на предприятии требованиями. Технологическая часть документации содержит: эскизы крепления детали, эскизы зон обработки, схемы контроля, карты наладки инструмента, описание технологических переходов.

### 3.5 Проектирование постпроцессора

Постпроцессор занимает промежуточное звено между решателем САПР и оборудованием с ЧПУ. Огромное многообразие систем ЧПУ, заставило разработчиков САПР отказаться от необходимости напрямую выводить программы для ЧПУ. Массив всех выводимых рассчитанных САПР данных по траектории движения инструмента выводится в специальном общепринятом формате (промежуточном языке) – CLDATA. Основное назначение постпроцессора - это перекодирование информации из формата CLDATA

непосредственно в управляющую программу станка. Типовыми функциями постпроцессора являются:

- a) считывание данных, подготовленных процессором;
- b) перевод координат траектории движения инструмента в систему координат станка;
- c) проверка по пределам перемещений исполнительных органов станка;
- d) линеаризация траектории движения инструмента с учетом кинематической схемы станка;
- e) назначение подачи с учетом ограничений, связанных с характером движения, допустимым диапазоном подач;
- f) формирование и выдача в кадр дополнительных функций;
- g) формирование команд на перемещение с учетом значения единицы дискретности (цены деления) УЧПУ;
- h) кодирование и вывод в кадр значений подач и скоростей шпинделя;
- i) вывод команд на включение охлаждения, команд зажимов – разжимов;
- j) формирование команд обеспечивающих цикл смены инструмента;
- k) формирование команд коррекции длины и радиуса инструмента;
- l) синтаксический контроль правильности задания операторов управления постпроцессором и др.

#### **Основные этапы проектирования постпроцессора:**

- 1) анализ данных об оборудовании с ЧПУ (паспортные данные станка, общая схема станка, инструкция по программированию ЧПУ).
- 2) составить компоновочную схему, на которой должны быть представлены:
  - взаимное пространственное расположение основных узлов и исполнительных органов станка;
  - положение осей координатных перемещений, а также осей и центров вращательных движений;
  - положительные направления перемещений и вращений.
- 3) описание ограничений станка по геометрическим и динамическим характеристикам:
  - пределы перемещений исполнительных органов станка;
  - допустимые скорости перемещений исполнительных органов станка;
  - допустимые мгновенные перепады скоростей перемещения исполнительных органов станка;
  - допустимое ускорение перемещения исполнительных органов станка;
  - совместимость перемещений исполнительных органов станка.
- 4) изучить функции системы ЧПУ:
  - управление координатными движениями по осям станка X, Y, Z, U, V, W и т. д.;
  - управление вращательными движениями вокруг осей станка A, B, C и т. д.;

- управление сменой инструмента;
  - перемещения инструмента (подача);
  - управление выбором коррекционных установок;
  - подготовительные операции (функции типа G);
  - вспомогательные операции (функции типа M). Сведения о технологических командах должны быть максимально подробными, поскольку они существенно влияют на правила комплектования кадра в постпроцессоре. Эти сведения должны содержать:
    - a) кодирование команды;
    - b) время исполнения команды;
    - c) наличие ответа от станка в систему управления;
    - d) механизм реализации команды;
    - e) действия оператора станка в процессе исполнения команды;
    - f) возможность совмещения с перемещениями;
    - g) возможность совмещения с другими командами;
    - h) команды, отменяемые данной командой;
    - i) команды, необходимые после данной команды;
    - j) действия оператора станка до и после исполнения команды.
- 5) изучить программно-управляемые функции с применением ручных способов программирования:
- технологический останов;
  - коррекцию размеров (компенсацию) инструмента;
  - коррекцию величины подачи и др.
- б) изучить программно-неуправляемые возможности оборудования:
- структурных функций системы управления;
  - выбор закона разгона-торможения;
  - выбор величины ускорения разгона-торможения;
  - режим ввода информации с носителя и т. п.
- 7) Тестирование правильности функционирования постпроцессора.

Исходными данными для ВКР бакалавра являются: чертеж детали, величина выпуска, модель станка, система ЧПУ, номенклатура применяемого на предприятии режущего инструмента и технологической оснастке. ВКР может включать следующие этапы разработки технологического процесса:

### **Разработка маршрутного технологического процесса**

Осуществляется анализ конструкции детали, требований к точности, качеству поверхностного слоя, характеристик материала.

На основании этих данных определяется последовательность выполнения операций, а так же выбор оборудования и наиболее эффективного режущего инструмента, ориентировочный расчет норм времени, требуемой квалификации рабочих.

### **Подготовка управляющей программы для станков с ЧПУ**



По имеющемуся маршрутному технологическому процессу студент разрабатывает управляющую программу, которая обеспечит получение параметров, заданных в технологическом процессе. При этом, возможна оптимизации путем сравнения нескольких способов обработки.

#### **Оптимизация технологического процесса**

Студентом определяются режимы резания в процессе отработки УП на оборудовании предприятия. Может быть проведена оценка стойкости режущего инструмента, с целью обеспечения максимальной производительности обработки.

#### **Разработка постпроцессора**

Для разработки студентом могут быть использованы генераторы постпроцессоров CAD/CAM-системы.

#### **Верификация управляющей программы**

Верификации управляющих программ позволяет в автоматизированном режиме выявить соответствие исходной модели и полученной детали. Для верификации управляющих программ студентом могут быть использованы специальные программные средства, либо разработаны собственные кинематические модели станка.

## **4 ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ С РАЗВИТОЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТЬЮ**

### **4.1 Оптимизация бизнес-процессов**

Оптимизация (информатика) — модификация системы для улучшения её эффективности.

Оптимизация — процесс нахождения наилучшего (оптимального) решения какой-либо задачи (набора параметров) при заданных критериях.

Критерий оптимальности (критерий оптимизации) — характерный показатель решения задачи, по значению которого оценивается оптимальность найденного решения, то есть максимальное удовлетворение поставленным требованиям. В одной задаче может быть установлено несколько критериев оптимальности.

Типовое распределение содержания выпускной квалификационной работы по главам:

Первая глава содержит описание существующей системы, выявление и формулирование существующих проблем. Определяется цель, которую нужно достичь в ходе выполнения выпускной квалификационной работы (желаемое состояние системы). Проводится обзор существующих примеров решения подобных задач, проводится их критический анализ.

Во второй главе предлагаются собственные варианты решения задачи, выбирается один или несколько сочетающихся подходов, позволяющих добиться желаемого состояния системы. Описывается алгоритм решения задачи с помощью выбранного метода.

В третьей главе описывается выполнение примера решения задачи с использованием реальных данных, проводится проверка адекватности полученных результатов.

Критериями оптимизации могут быть время, стоимость, качество продукции, и др. Критерии обязательно должны быть измеримыми, чтобы по результатам оптимизации можно было точно оценить на сколько улучшен процесс.

Примерные тематики содержания дипломных работ, связанных с оптимизацией бизнес-процессов:

- Оптимизация технологического процесса изготовления изделия.
- Внедрение информационной системы.
- Адаптация специализированного программного продукта под нужды конкретного предприятия.
- Оптимизация организационной структуры подразделения.
- Оптимизация процессов подразделений.
- и др.

### **4.2 Общие требования к разработке модели и формализованному описанию процессов**

Создаваемая модель, прежде всего, должна обеспечивать достижение поставленных целей. Таким образом, прежде чем приступить к сбору

информации об объекте, нужно четко определить границы области моделирования, цели и количественные показатели их достижения.

Под моделью понимается представление существующих процессов организации с целью описания их ключевых характеристик. Объектом моделирования (предметной областью) являются организационная структура, цели и функции, материальные и информационные потоки, технология бизнес-процессов организации, данные и знания сотрудников организации, необходимые для их выполнения, а также существующее в организации оборудование и программное обеспечение.

Построение полнофункциональной модели описания процессов организации выполняется для:

а) отражения текущего состояния процессов организации (как есть) в целях:

- выявления и локализации существующих проблем;
- оценки организационных, функциональных, информационных и экономических параметров;
- автоматизации процессов;
- структурирования и формализации знаний организации;
- создания условий для оптимизации выполнения основных процедур;

б) моделирования изменений состояния процессов организации в целях:

- оценки организационных, функциональных, информационных и экономических параметров планируемых изменений;
- поддержки принятия решений руководством организации;

в) создания системы оценки процессов организации в целях:

- формирования методического и нормативного документационного обеспечения деятельности организации;

– контроля соответствия документации и реального состояния процессов организации.

### **4.3 Компоненты процесса**

Для задания процесса необходимо определить следующие компоненты:

- ◆ название (определение) процесса;
- ◆ реализуемую функцию или их последовательность;
- ◆ участников процесса;
- ◆ ответственное лицо – владельца процесса;
- ◆ границы процесса;
- ◆ входные и выходные потоки, а также их поставщиков (или потребителей);
- ◆ требуемые ресурсы (производственные, технические, материальные, информационные);
- ◆ определяющую цель (цели) процесса;
- ◆ метрики процесса, точки и процедуры мониторинга процесса;
- ◆ возможные риски и влияния процесса на субъекты процесса.

*Входные потоки* – материалы, услуги и/или информация, преобразуемые процессом для создания выходных потоков.

*Выходные потоки* – результат преобразования входных потоков.

*Ресурсы* – содействующие факторы, непреобразуемые, чтобы стать выходным потоком (персонал, оборудование, помещения, информация и т. п.).

*Владелец процесса* – лицо (бизнес-роль), несущее полную ответственность за процесс и наделенное полномочиями в отношении этого процесса.

Основными составляющими модели бизнес-процесса являются:

- ◆ функции (действия, выполняемые участниками процесса);
- ◆ ресурсы (производственные, технические, материальные, системные);
- ◆ документы и данные (как преобразуемые в процессе, то есть входной/выходной поток, так и непреобразуемые, то есть как ресурс);
- ◆ участники процесса (трудовые ресурсы);
- ◆ материалы/продукты, услуги (как преобразуемые в процессе, то есть входной/выходной поток).

#### **4.4 Основные этапы моделирования**

1. Подготовительный этап. На данном этапе определяются и утверждаются цели проекта моделирования и приоритеты, проблемные области организации, выбираются методология и средство моделирования. Также выделяются ключевые бизнес-процессы и их взаимосвязи.

2. Описание и анализ процессов «как есть». На этом этапе осуществляются описание процессов «как есть» в выбранном средстве моделирования, выбор критериев оценки процессов, выявление и оценка «узких» мест и потенциала для совершенствования.

3. Построение процессов «как должно быть». На этом этапе определяются и оцениваются альтернативные сценарии процессов, моделируются процессы «как должно быть» с новой организационной структурой и операционным окружением, формулируются требования к квалификации и знаниям персонала, определяются потребности в техническом и информационном обеспечении.

4. Подготовка к переходу к оптимизированной модели. На этом этапе разрабатывается план перехода от текущего состояния к целевому.

#### **4.5 Анализ модели**

Построенная модель процессов может служить основой для проведения Activity Based Costing - анализа, имитационного моделирования и т.д.

*Method Activity Based Costing* (учет затрат по работам) позволяет построить модель взаимосвязи произведенных затрат со стоимостью продукта или услуги через вычисление стоимости процессов, необходимых для получения готового продукта.

*Имитационное моделирование* – это методика, позволяющая представлять в рамках динамической компьютерной модели протекание процессов, действия людей и применение технологий, используемых в изучаемых процессах. Динамическое имитационное моделирование позволяет генерировать конкретные бизнес-случаи выполнения бизнес-процесса на заданном интервале времени. Для построения оптимального бизнес-процесса разрабатывается несколько альтернатив, которые анализируются с помощью

метода имитационного моделирования. При использовании механизма динамического моделирования для каждого разработанного варианта модели можно получить набор статистики как по процессу в целом, так и по отдельным его элементам. Статистика может включать такие параметры, как среднее время выполнения процесса, общее время ожидания, среднее время выполнения отдельных функций, коэффициент использования исполнителей и других ресурсов и т. д. Полученная статистика служит основой как для оценки текущего процесса, так и для сравнения альтернативных вариантов и выбора наиболее оптимального из них.

Создаваемая модель должна отражать те свойства реального объекта, которые влияют на выбранные показатели эффективности.

Для более полного исследования реального объекта может потребоваться построение нескольких взаимосвязанных моделей, позволяющих описать объект моделирования с разных сторон.

#### **4.6 Инструментальные средства моделирования бизнес процессов**

В России для моделирования и анализа бизнес-процессов достаточно широко используются следующие средства моделирования: *Rational Rose*, *Oracle Designer*, *AllFusion Process Modeler (BPWin)* и *AllFusion ERwin Data Modeler (ERWin)*, *ARIS*, *Power Designer*. За рубежом, помимо упомянутых, активно используются такие средства, как *System Architect*, *Ithink Analyst*, *ReThink* и др.

Конкретная нотация и программное средство моделирования выбираются на основании проведения сравнительного анализа, исходя из требований решаемой задачи и целей моделирования.

## 5 ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ СРАВНЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ С ДЕЙСТВУЮЩИМ АНАЛОГОМ

Если автоматизированного аналога нет, то сравнение нового предлагаемого решения ведется с ручным способом расчета затрат на изменение нормативной документации (СТП).

Новая разработка и аналог обладают следующим набором характеристик:

1. Быстродействие;
2. Точность расчета стоимости СТП;
3. Простота и удобство использования;
4. Гибкость;

Каждому  $i$ -ому ( $i=4$ ) выбранному показателю для сравнения определим коэффициент  $k_i$  [коэффициент его весомости (важности)]. Для этого каждый показатель оценим с использованием 10-ти бальной шкалы. Каждый показатель оценивается экспертом (разработчиком) субъективно, возможно применение любой другой удобной шкалы: 100-; 10-; 5-ти бальной.

Нормированием  $n$  полученных оценок  $K_i$  получают весовые коэффициенты  $k_i$ :

$$k_i = \frac{K_i}{\sum_{i=1}^n K_i}, \text{ где } \sum_{i=1}^n k_i = 1.$$

Данные коэффициенты удобно свести в таблицу 1.:

Таблица 1

Весовые коэффициенты,  $k_i$

№	Характеристика	Оценка характеристики, $K_i$ , балл	Весовой коэффициент, $k_i$
1.	Быстродействие		
2.	Точность стоимости расчета СТП		
3.	Простота и удобство использования		
4.	Гибкость		

### 5.1 Определение сметы затрат на разработку предлагаемого решения

Капитальные затраты на этапе разработки предлагаемого решения  $S_{\text{ПП}}$  состоят из:

1. Зарботной платы разработчиков  $Z_{\text{н}}$ ;
2. Затрат на использование ЭВМ, орг. техники,  $S_{\text{М}}$ ;

3. Затраты на приобретение расходных материалов (дискет, писчей бумаги, картриджа для принтера и т.д.),  $S_{pm}$  ;
4. Накладных расходов,  $S_{np}$  .

В общем затраты на разработку программного продукта будут определяться по формуле (1) [1].

$$S_{ПП} = \left( \underbrace{T_m \cdot c_m}_{S_m} + S_{pm} \right) + \sum_{j=1}^m \left\{ \underbrace{Z_{jd} T_{jp}}_{Z_{оч}} \left[ \left(1 + \frac{W_d}{100\%}\right) \left(1 + \frac{W_c}{100\%}\right) + \frac{W_{np}}{100\%} \right] \right\} \quad (1)$$

где  $T_m$  –машинное время, ч;

$c_m$  – стоимость одного часа машинного времени;

$m$ – количество разработчиков;

$Z_{jd}$  – дневная заработная плата  $j$ -ого разработчика;

$T_{jp}$  – количество дней работы  $j$ -ого разработчика;

$W_d$  – процент дополнительной заработной платы (10–20%);

$W_c$  – процент отчислений на социальные нужды (37,3%);

$W_{np}$  –накладные расходы (100 –200%).

Все данные для расчета затрат на разработку программного продукта удобно свести в таблицу (таблица 2) см. Пример 2.

Таблица 2

Данные для расчета затрат на разработку ПР

№	Параметр	Обозначение	Значение
1.	Машинное время	$T_m$ , ч.	
2.	Стоимость 1 часа машинного времени	$c_m$ , руб./ч.	
3.	Количество разработчиков	$m$	
4.	Зарботная плата эксперта	$Z_{э}$ , руб.	
5.	Зарботная плата разработчика (инженера)	$Z_{и}$ , руб.	
6.	Зарботная плата начальника отдела	$Z_{но}$ , руб.	
7.	Количество дней работы инженера-разработчика	$T_{и}$ , дней	
8.	Количество дней работы начальника отдела по сертификации	$T_{но}$ , дней	
9.	Затраты на приобретение расходных материалов (дискет, бумаги и т.д.) для разработки ПП.	$S_{pm}$ , руб.	

10.	Затраты на приобретение расходных материалов (бумаги чернил для принтера и т.д.) при использовании ПП.	$S_{\text{рм}}^{\text{пп}}$ , руб.	
11.	Процент дополнительной заработной платы	$W_{\text{д}}$ , %	
12.	Процент отчислений на социальные нужды	$W_{\text{с}}$ , %	
13.	Накладные расходы	$W_{\text{нр}}$ , %	

Для расчета затрат на разработку ПР необходимо определить продолжительность каждой рабочей операции (начиная с составления технического задания и заканчивая оформлением документации). Продолжительность работ в данном случае определяется с помощью экспертных оценок по формуле

$$t_j^o = \frac{3t_{\text{min}} + 2t_{\text{max}}}{5},$$

где  $t_j^o$  –ожидаемая длительность j-ой работы;

$t_{\text{min}}$  и  $t_{\text{max}}$  – наибольшая и наименьшая, по мнению эксперта, длительность работы.

Все расчеты сводятся в таблицу 3

Таблица 3

Длительность этапа разработки

№	Наименование работы	Исполнитель	Длительность работ, дней			Машинное время, ч.		
			$t_{\text{min}}$	$t_{\text{max}}$	$t_j^o$	$t_{\text{min}}^{\text{м}}$	$t_{\text{max}}^{\text{м}}$	$t_j^o$
1.	Подготовка исходных данных	Инженер						
2.	Разработка ТЗ	Начальник отдела						
3.	Анализ ТЗ	Инженер						
4.	Утверждение ТЗ	Начальник отдела						
5.	Изучение справочной литературы	Инженер						
6.	Разработка основных этапов работы	Инженер						



7.	Разработка алгоритма программы	Инженер						
8.	Разработка программы	Инженер						
9.	Отладка программы	Инженер						
10.	БЖ и экологичность разработки	Инженер						
11.	Технико-экономическое обоснование	Инженер						
12.	Оформление пояснительной записки	Инженер						
13.	Выполнение плакатов	Инженер						
14.	ИТОГО:							

Для наглядности можно представить выполнение работ графически (рис. 1.1). По графику можно найти продолжительность этапа проектирования  $T_{п}$ .

Зная все данные, рассчитываются **затраты на разработку программного продукта** по формуле (1.1)

$$S_{пп} = (T_{м} \cdot c_{м} + S_{рм}) + \sum_{j=1}^2 \left\{ Z_{jп} \cdot T_{jп} \left[ \left(1 + \frac{W_{д}}{100\%}\right) \left(1 + \frac{W_{с}}{100\%}\right) + \frac{W_{нр}}{100\%} \right] \right\} \quad (1.1)$$

## 5.2 Расчет годового экономического эффекта от освоения предлагаемого решения

Годовой экономический эффект от использования нового ПП определяется по формуле (1.2).

$$\mathcal{E}_{г} = B - E_{н} \cdot S_{пп}, \quad (1.2)$$

где  $B$  – годовая экономия (выигрыш) средств, затрачиваемых на разработку в результате ее внедрения;

$S_{пп}$  – единовременные капитальные затраты на разработку ПП;

$E_{н}$  – нормативный коэффициент [ $E_{н} = 0,25$  (25%)].

Годовая экономия  $B$  считается по формуле: (1.3)

$$B = S_{э} - S_{р} \quad (1.3)$$

Отсюда, годовой экономический эффект составит

$$\mathcal{E}_{г} = B - 0,25 \cdot S_{пп}.$$

## ПРИМЕРЫ

Пример 1.

Каждый показатель необходимых характеристик (быстродействие, точность расчета стоимости, простота и удобство в использовании, гибкость) оценим с использованием 10-ти бальной шкалы.

Оценки характеристик  $K_i$  и их соответствующие весовые коэффициенты  $k_i$  сведем в таблицу (1.1)

Таблица 1.1

Весовые коэффициенты,  $k_i$

№	Характеристика	Оценка характеристики, $K_i$ , балл	Весовой коэффициент, $k_i$
5.	Быстродействие	9	0,26
6.	Точность стоимости расчета СТП	10	0,29
7.	Простота и удобство использования	7	0,21
8.	Гибкость	8	0,24

Пример 2.

Определение сметы затрат на разработку программного продукта (ПР)

$$S_{\text{ПП}} = \left( \underbrace{T_m \cdot c_m}_{S_m} + S_{\text{рм}} \right) + \sum_{j=1}^m \left\{ \underbrace{Z_{\text{доп}}}_{Z_{\text{осн}}} \left[ \underbrace{Z_{\text{jd}} T_{\text{jp}}}_{Z} \left[ \left( 1 + \frac{W_d}{100\%} \right) \left( 1 + \frac{W_c}{100\%} \right) + \frac{W_{\text{нр}}}{100\%} \right] \right] \right\} \quad (1.1)$$

где  $T_m$  – машинное время, ч;

$c_m$  – стоимость одного часа машинного времени;

$m$  – количество разработчиков;

$Z_{\text{jd}}$  – дневная заработная плата  $j$ -ого разработчика;

$T_{\text{jp}}$  – количество дней работы  $j$ -ого разработчика;

$W_d$  – процент дополнительной заработной платы (10–20%);

$W_c$  – процент отчислений на социальные нужды (37,3%);

$W_{\text{нр}}$  – накладные расходы (100 –200%).

Данные для расчета затрат на разработку ПП

№	Параметр	Обозначение	Значение
14.	Машинное время	$T_m$ , ч.	374,4
15.	Стоимость 1 часа машинного времени	$c_m$ , руб./ч.	7
16.	Количество разработчиков	$m$	2

17.	Зарботная плата эксперта по сертификации	$Z_{\text{э}}$ , руб.	4000-30000
18.	Зарботная плата разработчика (инженера)	$Z_{\text{и}}$ , руб.	2000-17000
19.	Зарботная плата начальника отдела	$Z_{\text{но}}$ , руб.	4500-30000
20.	Количество дней работы инженера-разработчика	$T_{\text{и}}$ , дней	159,2
21.	Количество дней работы начальника отдела по сертификации	$T_{\text{но}}$ , дней	20
22.	Затраты на приобретение расходных материалов (дискет, бумаги и т.д.) для разработки ПР.	$S_{\text{рм}}$ , руб.	300-3000
23.	Затраты на приобретение расходных материалов (бумаги чернил для принтера и т.д.) при использовании ПР.	$S_{\text{рм}}^{\text{пп}}$ , руб.	150-1500
24.	Процент дополнительной зарботной платы	$W_{\text{д}}$ , %	20
25.	Процент отчислений на социальные нужды	$W_{\text{с}}$ , %	37,3
26.	Накладные расходы	$W_{\text{нр}}$ , %	200

$$t_j^o = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5},$$

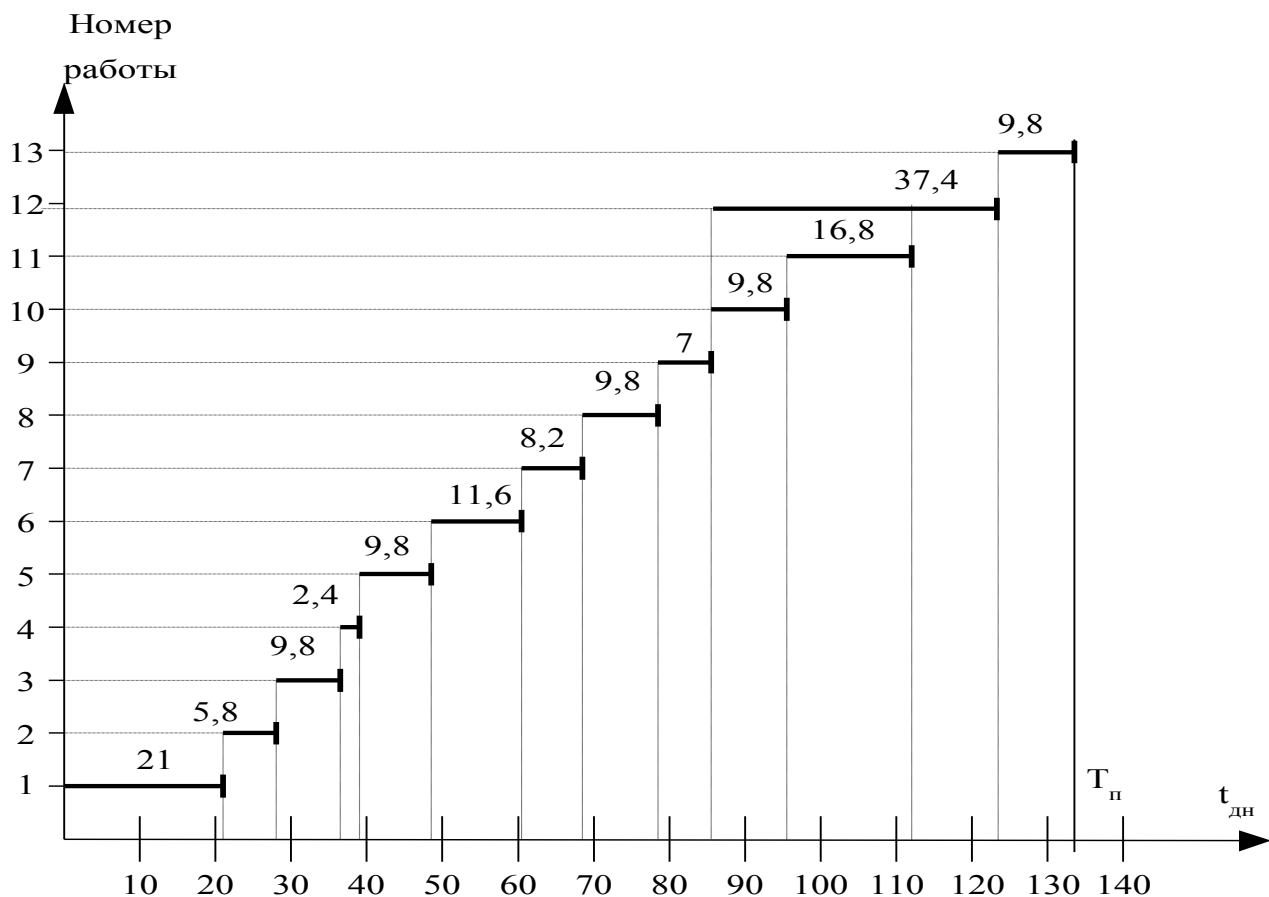
где  $t_j^o$  – ожидаемая длительность  $j$ -ой работы;  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  – наибольшая и наименьшая, по мнению эксперта, длительность работы.

#### Длительность этапа разработки

№	Наименование работы	Исполнитель	Длительность работ, дней			Машинное время, ч.		
			$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_j^o$	$t_{\min}^M$	$t_{\max}^M$	$t_j^o$
15.	Подготовка исходных данных	Инженер	15	30	21	4	6	4,8
16.	Разработка ТЗ	Начальник отдела	5	7	5,8	–	–	–
17.	Анализ ТЗ	Инженер	7	14	9,8	–	–	–
18.	Утверждение ТЗ	Начальник отдела	2	3	2,4	–	–	–

19.	Изучение справочной литературы	Инженер	7	14	9,8	–	–	–
20.	Разработка основных этапов работы	Инженер	10	14	11,6	–	–	–
21.	Разработка алгоритма программы	Инженер	7	10	8,2	–	–	–
22.	Разработка программы	Инженер	7	14	9,8	80	90	84
23.	Отладка программы	Инженер	5	10	7	70	80	74
24.	БЖ и экологичность разработки	Инженер	7	14	9,8	20	24	21,6
25.	Технико-экономическое обоснование	Инженер	14	21	16,8	12	18	14,4
26.	Оформление пояснительной записки	Инженер	25	31	37,4	150	170	158
27.	Выполнение плакатов	Инженер	7	14	9,8	16	20	17,6
28.	ИТОГО:	<b>118</b>	<b>196</b>	<b>159,2</b>	<b>352</b>	<b>408</b>	<b>374,4</b>	

По построенному графику находится продолжительность этапа проектирования  $T_{п}$ . Отсюда  $T_{п}=132,6$  дней



Зная все данные рассчитаем затраты на разработку программного продукта по формуле:

$$S_{\text{ип}} = (T_{\text{м}} \cdot c_{\text{м}} + S_{\text{рм}}) + \sum_{j=1}^2 \left\{ Z_{\text{ип}} \cdot T_{\text{ип}} \left[ \left(1 + \frac{W_{\text{д}}}{100\%}\right) \left(1 + \frac{W_{\text{с}}}{100\%}\right) + \frac{W_{\text{нр}}}{100\%} \right] \right\}$$

$$S_{\text{ип}} = (374,4 \cdot 7 + 300) + \left[ \left( \frac{4500}{22} \right) \cdot 20 + \left( \frac{2000}{22} \right) \cdot 132,6 \right] \cdot \left[ \left(1 + \frac{20}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{37,3}{100}\right) + \frac{200}{100} \right]$$

$$S_{\text{ип}} = 61810 \text{ руб.}$$

### Пример 3.

Расчет годового экономического эффекта от освоения нового программного продукта

Годовой экономический эффект от использования нового ПП определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = B - E_{\text{н}} \cdot S_{\text{п}},$$

$E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент [ $E_{\text{н}} = 0,25$  (25%)].

**Годовая экономия  $B$**  считается по формуле:

$$B = S_{\text{э}} - S_{\text{р}}$$

Используя посчитанные выше данные, получим  $B = 43340$  руб./год

Отсюда, **годовой экономический эффект** составит

$\mathcal{E}_{\text{г}} = B - 0,25 \cdot S_{\text{ип}}$ , следовательно,  $\mathcal{E}_{\text{г}} = 27890$  руб.

#### Литература.

1. Аглицкий И. С. Информационные технологии и бизнес // Эксперт автоматизации. 2007. №29. С. 20-22.
2. Аглицкий И. С. Комплексная автоматизация управления предприятием: от заказных разработок к тиражируемой системе // Эксперт автоматизации. 2007. №12. С. 10-15.
3. Брусницин Ю.В. Методические указания по выполнению курсовых и дипломных проектов на тему: «Экономическое обоснование инженерных разработок». Таганрог, ТРТУ 1993 г.
4. Гольдштейн Г.Я. Инновационный менеджмент. Таганрог, ТРТУ, 1996 г.
5. Дик В. В. Информационные системы в экономике. М.: Солярис, 2006.
6. Непомнящий Е.Г. Экономика и управление предприятием. Таганрог: ТРТУ, 1997.
7. Экономика машиностроительного производства. Учебник для вузов / Под ред. И.Э. Верзина и В. Калинина. М.: Высшая школа, 2008.