



**Министерство образования и науки
Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»**

С.Н. Козлов, В.В. Гриценко

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Учебное пособие по организации, содержанию, оформлению
и защите курсового проекта по дисциплине «Оборудование
литейных цехов» для студентов направления «Машиностроение»
всех форм обучения

*Рекомендовано Рубцовским индустриальным институтом (филиалом)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова» в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки «Машиностроение»*

Рубцовск 2017

УДК 621.74

Козлов С.Н., Гриценко В.В. Курсовое проектирование оборудования литейных цехов: Учебное пособие по организации, содержанию, оформлению и защите курсового проекта по дисциплине «Оборудование литейных цехов» для студентов направления «Машиностроение» всех форм обучения / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2017. – 101 с.

Предназначено в качестве руководства при выполнении курсового проекта по дисциплине «Оборудование литейных цехов» студентами направления «Машиностроение» всех форм обучения. В пособии представлены общие вопросы организации, выполнения и защиты курсового проекта. Указаны цели и задачи, содержание и объем проекта; приведены методические указания по выполнению и оформлению пояснительной записки и графической части. Приведен список литературы, необходимой для выполнения проекта.

Рассмотрено и одобрено на заседании научно-методического совета Рубцовского индустриального института.
Протокол №4 от 27.06.17г.

Рецензент:
зам. главного металлурга
Рубцовского филиала АО «Алтайвагон»

О.И. Рутц

© Рубцовский индустриальный институт, 2017

Содержание

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	6
2 ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ	6
3 ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ПРОЕКТА	7
3.1 Руководство проектными работами	7
3.2 Порядок работы над проектом	8
3.3 Защита курсовых проектов	9
4 СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	10
4.1 Общее содержание и объем проекта	10
4.2 Структура и объем пояснительной записки	11
4.3 Содержание и оформление структурных элементов пояснительной записки	13
4.3.1 Титульный лист	13
4.3.2 Задание	13
4.3.3 Реферат	13
4.3.4 Содержание	13
4.3.5 Введение	14
4.3.6 Основная часть	14
4.3.7 Заключение	15
4.3.8 Список использованных источников	15
4.3.9 Приложения	16
4.4 Содержание и объем графической части	17
5 РЕКОМЕНДАЦИИ К РАЗРАБОТКЕ ОСНОВНОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА С АКАДЕМИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКОЙ	18
5.1 Технико-экономическое обоснование выбора варианта машины и ее узлов для модернизации	18
5.1.1 Технические условия и характеристика продукции, для выпуска которой модернизируется (проектируется) машина	18
5.1.2 Литературный обзор современных машин для проведения заданной технологической операции	18
5.1.3 Патентный обзор машин для проведения заданной технологической операции или их отдельных узлов	19
5.1.4 Технико-экономическое обоснование темы проекта	20
5.1.5 Задачи проекта	20
5.2 Описание машины, выбранной для проведения заданной технологической операции	20
5.2.1 Назначение, область применения, техническая характеристика выбранной машины	20
5.2.2 Описание конструкции и принципа действия выбранной машины	21
5.2.3 Описание конструкции и принципа действия модернизируемых или разрабатываемых сборочных единиц	21

5.2.4 Описание особенностей конструкции и технологии изготовления проектируемых деталей	22
5.2.5 Охрана труда и окружающей среды	23
5.3 Расчеты модернизируемой или разрабатываемой машины	25
5.3.1 Технологические расчеты	25
5.3.2 Определение основных конструктивных параметров оборудования	26
5.3.3 Кинематические расчеты	28
5.3.4 Разработка циклограмм	33
5.3.5 Энергетические расчеты	36
5.3.6 Прочностные, конструктивные, динамические расчеты	51
6 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	54
6.1 Специальные расчеты	54
6.1.1 Расчеты пневматических и гидравлических приводов	54
6.1.2 Тепловые расчеты	55
7 НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА	56
8 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	58
8.1 Этапы проектирования	58
8.2 Проработка и выбор конструктивного решения	61
8.3 Проработка конструкции сборочных единиц и деталей	61
9 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	63
9.1 Общие положения	63
9.2 Правила оформления пояснительной записки	66
9.3 Изложение текста	68
9.4 Оформление иллюстраций и приложений	73
9.5 Построение таблиц	74
9.6 Сноски	76
9.7 Правила оформления графических документов	76
9.8 Правила оформления программных документов	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Примерные темы курсовых проектов бакалавров	84
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Форма и пример заполнения задания	85
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Форма и пример заполнения титульного листа пояснительной записки	86
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Основные надписи для конструкторских документов	87
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Примеры заполнения основных надписей для конструкторских документов	89
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Форма и расположение дополнительной основной надписи	91
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Значения параметров шероховатости	92
ПРИЛОЖЕНИЕ К. Типовые поверхности и их показатели шероховатости	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Л. Рекомендации по назначению допусков и посадок	93

ПРИЛОЖЕНИЕ М. Механические характеристики некоторых конструкционных материалов, применяемых в машиностроении	96
ПРИЛОЖЕНИЕ Н. Международная система единиц (СИ)	97
ПРИЛОЖЕНИЕ П. Образцы выполнения технической характеристики и технических требований	98
ПРИЛОЖЕНИЕ Р. Форма спецификаций изделий	99
ПРИЛОЖЕНИЕ С. Примеры заполнения спецификаций	100

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовое проектирование является заключительным этапом в изучении дисциплины «Оборудование литейных цехов» и ставит цели:

- систематизацию, закрепление и расширение знаний по данной дисциплине в процессе решения конкретных профессиональных задач;
- овладение методами исследования при выполнении заданий научно-исследовательского характера;
- формирование у студентов универсальных и предметных компетенций при решении ситуативных вопросов в процессе разработки заданий.

Задачами выполнения и защиты проекта являются:

- формирование навыков применения теоретических и практических знаний по соответствующему направлению образования при решении конкретных проектно-конструкторских и научно-исследовательских задач;
- развитие умений студентов работать с литературой, находить необходимые источники информации, анализировать и систематизировать результаты информационного поиска;
- развитие навыков ведения самостоятельной работы, овладение методиками теоретических и экспериментальных научных исследований;
- приобретение опыта систематизации результатов исследований, формулировки выводов и положений выполненной работы и приобретение опыта их публичной защиты.

Проект выполняется в течение предпоследнего семестра обучения студента в вузе и представляет собой итог изучения циклов дисциплин, предусмотренных основной профессиональной образовательной программой подготовки. Курсовой проект – важный этап подготовки студентов к выполнению ими более сложной выпускной квалификационной работы.

Затраты времени на подготовку и защиту курсового проекта бакалавра определены учебным планом направления подготовки бакалавра.

За качество проектных разработок, используемый фактический материал, обоснованность выводов и защищаемых положений нравственную и юридическую ответственность несет студент – автор проекта.

2 ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Темы курсовых проектов бакалавров разрабатываются выпускающей кафедрой в соответствии со стандартом дисциплины «Оборудование литейных цехов» и ежегодно обновляются с учетом рекомендаций представителей предприятий (организаций, учреждений), на базе которых студенты работают и (или) проходят производственную практику, с учетом практических и (или) научных интересов обучающихся, включая их участие в научно-исследовательских работах.

Темы курсовых проектов могут быть академическими или научно - исследовательскими. Они должны носить ситуативный характер, предполагающий нестандартный подход к разработке задания.

Тематика проектов должна соответствовать объектам профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки, установленным соответствующими ФГОС ВО. Темы работ должны быть актуальными, содержать элементы новизны и учитывать перспективы развития техники и технологии.

Задание на курсовое проектирование может предусматривать следующие формы выполнения:

-индивидуальная, выполняемая студентом самостоятельно по отдельным темам;

-групповая, выполняемая по единой теме группой студентов в составе не более 2-3 человек, каждый из которых разрабатывает самостоятельно определенную часть задания. При выполнении группового проекта в задании должна быть указана индивидуальная часть каждого исполнителя.

Перечень рекомендуемых тем и руководителей проектов утверждается на кафедре и доводится до сведения обучающихся в начале соответствующего семестра.

Студент имеет право выбрать одну из объявленных тем или предложить собственную, согласовав её с руководителем. Целесообразность разработки собственной темы обучающийся должен обосновать в личном заявлении на имя заведующего кафедрой (в произвольной форме). Кафедра имеет право её аргументированно отклонить или, при согласии обучающегося, переформулировать. Решение оформляется протоколом заседания кафедры и доводится до сведения обучающегося.

За соответствие тематики проектов и решаемых студентом задач профилю направления, актуальность работы, руководство и организацию ее выполнения несет ответственность выпускающая кафедра и непосредственно руководитель курсового проекта.

Примерные темы курсовых проектов бакалавров представлены в приложении А.

3 ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ПРОЕКТА

3.1 Руководство проектными работами

Руководителями курсового проекта могут быть:

-ведущий преподаватель, читающий курс «Оборудование литейных цехов»;

-преподаватели кафедры;

-аспиранты и научные сотрудники кафедры, имеющие достаточный опыт работы;

-научные сотрудники научно-исследовательских подразделений университета, профилированные по технологическому оборудованию литейных производств;

-ведущие специалисты предприятий и НИИ, профилированные по технологическому оборудованию литейных производств.

По предложению руководителя проекта кафедре предоставляется право приглашать консультантов по отдельным разделам проекта из числа сотрудни-

ков других кафедр университета, сторонних предприятий, организаций и учреждений.

В обязанности руководителя проекта входит:

- разработка и выдача задания на курсовой проект;
- организация процесса проектирования;
- выдача студенту рекомендаций по подбору научно-технической, справочной литературы, нормативно-технической документации и иных источников информации по теме проекта;
- оказание консультативной помощи студентам во время выполнения проекта;
- осуществление систематического контроля выполнения проекта студентами дневной (очной) формы обучения;
- информирование кафедры о ходе выполнения проектов;
- проверка законченного проекта, оценка объёма и качества выполнения разделов (частей) и их оформления.

3.2 Порядок работы над проектом

Выполнение проекта должно осуществляться по графику, приведённому в задании на выполнение курсового проекта.

Задание на выполнение курсового проекта выдается студенту руководителем проекта на первой неделе семестра, в течение которого должен выполняться курсовой проект. В задании должны быть указаны: учебная дисциплина, по которой выполняется проект; Ф.И.О. студента (-ов); его (их) группа; тема проекта; разделы проекта и сроки их выполнения; срок представления проекта к защите; Ф.И.О. руководителя, его должность, подпись и дата выдачи задания. Форма и пример заполнения задания представлен в приложении Б.

Контроль выполнения проекта регулярно осуществляется руководителем в ходе консультаций (в том числе не менее двух контрольных проверок с отчетом студента для дневной формы обучения). Результаты контрольных проверок рассматриваются на заседаниях кафедры.

Окончательная версия выполненного, полностью оформленного проекта, подписанного студентом, консультантами (при наличии их), представляется студентом руководителю проекта не позднее, чем за неделю до назначенной даты защиты.

Руководитель проверяет окончательно оформленный проект и подписывает его, если работа отвечает требованиям, предъявляемым к проектам.

В случае если руководитель не допускает студента к защите проекта, обсуждение этого вопроса выносится на заседание кафедры с участием автора и руководителя проекта. Если кафедра принимает решение не допускать студента к защите проекта, то протокол заседания кафедры с решением представляется на утверждение декану факультета. Не допущенный к защите студент подлежит отчислению, как имеющий академическую задолженность.

3.3 Защита курсовых проектов

Завершающим этапом выполнения студентом курсового проекта является его защита. К защите допускаются студенты, чьи проекты подписаны руководителями, а также студенты, получившие разрешение на защиту на заседании кафедры.

Защита курсовых проектов проводится публично на заседании специальной комиссии, утвержденной заведующим кафедрой. В состав комиссии включаются 2-3 преподавателя кафедры, в том числе руководители курсового проектирования.

На защите проекта студенты могут пользоваться иллюстративным материалом, оформленным в виде слайдов электронной презентации, служащим для облегчения и наглядности представления проекта в процессе доклада. Вместе с тем, графическая часть проекта должна быть представлена на защите в полном объеме на листах формата А1.

В комиссию могут быть представлены и другие материалы, характеризующие научную и практическую ценность выполненной выпускной работы (печатные статьи, макеты, образцы материалов, изделий, слайды и т.д.).

Защита проекта начинается с краткого сообщения автора о выполненной им работе (продолжительностью, как правило, 5-6 минут), в котором в сжатой форме обосновывается актуальность темы проекта, его цели и задачи, излагается основное содержание работы по разделам, полученные результаты и выводы, определяется теоретическая и практическая значимость работы.

По окончании доклада автор проекта отвечает на вопросы, которые могут задавать как члены комиссии, так и присутствующие на защите. Продолжительность защиты курсового проекта одним студентом не должна превышать 30 минут.

Качество проекта и его защиты оценивается членами комиссии с учётом:

- уровня проработки проблемы, широты и качества изученных литературных источников, логики изложения материала, глубины обобщений и выводов, а также теоретического обоснования возможных решений проблемы;
- наличия у автора навыков ведения самостоятельной работы;
- обоснованности применённых методов исследования и анализа полученных результатов;
- умения автора проекта обобщать результаты работы, формулировать практические рекомендации в исследуемой области;
- качества оформления работы, последовательности, аккуратности изложения материала, грамотности и правильности оформления документов;
- ритмичности выполнения проекта (для студентов очной формы обучения).

Решения комиссии принимаются на закрытой части заседания простым большинством голосов членов комиссии.

Результаты защиты определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и выставлением рейтинга по 100-балльной шкале.

Кроме оценки за проект, комиссия может принять следующие решения:

- отметить в протоколе проекты, как выделяющиеся из ряда других;
- признать проект реальным, если он удовлетворяет следующим требованиям:
 - тема курсового проекта предложена предприятием, организацией, НИИ;
 - имеется запрос предприятия, организации на передачу материалов проекта для реализации;
 - тема проекта посвящена разработке (созданию) лабораторного стенда, установки, прибора, используемых в учебной или научно – исследовательской работе кафедры;
 - имеются патенты на изобретения, дипломы или грамоты на экспонаты, являющиеся предметом разработки курсового проекта.

Отмеченные и реальные проекты могут быть рекомендованы кафедрой к дальнейшему участию в конкурсах работ различных уровней: институтского, университетского, городского, краевого, республиканского, международного.

Принятые комиссией решения фиксируются в протоколе. Результаты защиты проектов объявляются публично в тот же день.

Студенты, не защитившие курсовой проект, а также не явившиеся на защиту по уважительным причинам, могут быть допущены к повторной защите по разрешению кафедры и деканата.

Выпускающая кафедра в обязательном порядке проводит анализ качества выполнения проектов и их соответствия предъявляемым требованиям. Результаты этого анализа обсуждаются на заседании кафедры.

Проекты хранятся на выпускающей кафедре в течение 2 лет. Ответственность за хранение проектов и порядок их использования в учебном процессе возлагается на заведующего кафедрой.

По истечении указанного срока хранения проекты подлежат уничтожению в установленном порядке.

4 СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

4.1 Общее содержание и объем проекта

Содержание проекта определяется заданием (приложение Б).

В общем случае курсовой проект академической тематики включает конструкторско – технологическую и специальную части.

Конструкторско – технологическая часть курсового проекта должна содержать:

- литературно-патентный обзор аналогов существующих конструкций вида оборудования, выбранного в качестве объекта разработки, а также технико-экономическое обоснование темы и задач проекта;
- описание технологического процесса производства продукции либо операторную модель системы (подсистемы) производства продукции на базовом

предприятию, а также характеристику сырья (полуфабриката), для переработки которого проектируется или модернизируется машина;

- описание назначения, области применения, технической характеристики машины; разработка предложений по ее модернизации; описание конструкции и принципа действия модернизированной машины по чертежу общего вида; описание конструкции и принципа действия модернизированных или заново разработанных узлов (механизмов) по соответствующим сборочным чертежам; описание особенностей конструкции, технологии изготовления, применяемых заготовок и разработанных деталей и т.д., входящих в модернизированные узлы по соответствующим рабочим чертежам;

- расчеты производительности, кинематические расчеты, расчеты циклограмм, динамические расчеты, расчеты потребляемой мощности и методика выбора элементов привода; прочностные, конструктивные и другие расчеты.

Специальная часть обычно содержит расчеты тепловых, тепломассообменных, гидравлических, электрических, магнитных и других процессов, происходящих в проектируемой машине. Специальная часть разрабатывается в исключительных случаях по заданию руководителя проекта.

При выполнении проекта по научно-исследовательской тематике проект должен содержать как минимум два раздела: 1) «Литературно-патентный обзор», в котором приводится информация по теме исследований, делается обоснование их актуальности, проводится анализ достижений науки и техники в исследуемой области и обозначаются основные этапы выполнения работы; 2) «Исследовательская часть», в которой описываются проведенные исследования, приводятся их результаты, описываются методики выполнения экспериментов и обработки результатов, проводится анализ результатов исследований, делаются рекомендации по практическому использованию результатов и т.д. Раздел должен заканчиваться выводами по проведенной работе.

Результаты выполнения курсового проекта оформляются в виде графической части и пояснительной записки. Спецификации чертежей графической части подшиваются в конце пояснительной записки после списка использованных источников или приложений, они не относятся к приложениям и являются неотъемлемой частью графической части курсового проекта. Требования к оформлению основных структурных элементов проекта представлены в разделе 9.

4.2 Структура и объем пояснительной записки

Наименование и объем обязательных структурных элементов пояснительной записки для проекта, выполненного по академической тематике, представлены в таблице 1. Наименование и объем обязательных структурных элементов ПЗ для проекта, выполненного по научно-исследовательской тематике, представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Структура и объем пояснительной записки курсового проекта с академической тематикой

Наименование элементов расчетно-пояснительной записки	Объем, страниц
Титульный лист	1
Задание	1
Реферат (по требованию руководителя)	0-0,5
Содержание	1
Введение	1-1,5
Конструкторско – технологическая часть	23-27
Специальная часть	0...6
Заключение	1
Список использованных источников	1
Итого	30-40

Таблица 2 – Структура и объем пояснительной записки курсового проекта с научно-исследовательской тематикой

Наименование элементов расчетно-пояснительной записки	Объем, страниц
Титульный лист	1
Задание	1
Реферат (по требованию руководителя)	0-0,5
Содержание	1
Введение	1-1,5
Литературно – патентный обзор	5...8
Исследовательская часть	18...25
Заключение	1
Список использованных источников	1
Итого:	30...40

Структурные элементы должны брошюроваться в указанной в таблицах 1 или 2 последовательности. Форма титульного листа пояснительной записки приведена в приложении В.

В случае необходимости, в пояснительную записку после списка использованных источников может быть добавлен структурный элемент «Приложения».

В любом случае общий объем пояснительной записки без учета приложений должен быть не менее 30 и не более 40 страниц формата А4 (оформление по СТО АлтГТУ 12 570), при этом объем ее *основной части* должен быть не менее 80% от общего объема пояснительной записки (без приложений). Основная часть пояснительной записки курсового проекта с академической тематикой состоит из конструкторско – технологической и специальной частей; про-

екта с научно-исследовательской тематикой – из литературно-патентного обзора и исследовательской части. Она должна разрабатываться в соответствии с заданием и рекомендациями руководителя проекта.

4.3 Содержание и оформление структурных элементов пояснительной записки

4.3.1 Титульный лист

Титульный лист оформляется на бланке формата А4 и содержит сведения согласно СТП 12 570 (приложение В).

При групповом выполнении курсового проекта на титульном листе указываются все исполнители проекта и разделы, в разработке которых принимал участие каждый исполнитель.

4.3.2 Задание

Задание на курсовой проект содержит сведения согласно п. 3.2 настоящего пособия и оформляется на бланке формата А4 без рамки (см. приложение Б). Задание помещается после титульного листа и включается в общую нумерацию листов пояснительной записки. Номер располагается внизу по центру страницы.

4.3.3 Реферат

Реферат составляется согласно СТП 12 570. Необходимость его составления определяется руководителем проекта.

Реферат содержит сведения об объеме пояснительной записки и графической части, количестве иллюстраций, таблиц и используемых источников; перечень ключевых слов. Собственно текст реферата отражает цель работы, объект исследования, полученные результаты и их новизну, область применения и рекомендации по внедрению результатов, основные конструктивные и технико-экономические характеристики. Объем реферата не должен превышать 1000 печатных знаков (приблизительно 0,5 страницы текста).

4.3.4 Содержание

В структурном элементе пояснительной записки «Содержание» приводят наименования разделов, подразделов, список используемых источников и приложений с указанием номеров страниц, на которых они начинаются.

Слово «Содержание» записывают в виде заголовка симметрично тексту с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, первая буква – прописная (с абзаца).

Содержание включают в общую нумерацию листов пояснительной записки и размещают после задания или реферата (если он имеется).

4.3.5 Введение

Раздел «Введение» является важной частью пояснительной записки, так как он показывает, насколько студент знаком с экономическими и социально-политическими вопросами, знает состояние и проблемы развития литейного производства, представляет актуальность и направленность темы проекта.

Во введении следует привести характерные и конкретные цифровые показатели по состоянию и перспективам развития отрасли, отразить основные направления технического прогресса в ней, особенно в соответствии с темой проекта.

Исходными материалами для написания введения должны служить государственные и отраслевые документы, которые обычно содержатся в отраслевых журналах и информационных изданиях. При составлении этого раздела, особенно при приведении конкретных цифр, обязательно должны быть сделаны *ссылки на использованные источники*.

Введение завершается формулированием целей и задач разработки темы проекта.

Введение должно быть написано в сжатой, лаконичной форме и содержать не более 1,5 страниц.

4.3.6 Основная часть

При выполнении пояснительной записки проекта академической тематики необходимо придерживаться следующей нумерации разделов основной части.

Первым нумерованным разделом является раздел «1 Конструкторско – технологическая часть». В этом разделе рекомендуется следующее содержание:

1 Конструкторско – технологическая часть

1.1 Технико-экономическое обоснование выбора варианта машины и ее узлов для модернизации

1.1.1 Технические условия и характеристика продукции, для выпуска которой модернизируется (проектируется) машина

1.1.2 Литературный обзор современных машин для проведения заданной технологической операции

1.1.3 Патентный обзор машин для проведения заданной технологической операции (или их отдельных узлов)

1.1.4 Технологический процесс производства продукции на базовой модели машины, которую предполагается модернизировать

1.1.5 Технико-экономическое обоснование темы проекта

1.1.6 Задачи проекта

1.2 Описание машины, выбранной для проведения заданной технологической операции

1.2.1 Назначение, область применения, техническая характеристика выбранной машины

1.2.2 Описание конструкции и принципа действия выбранной машины

1.2.3 Описание конструкции и принципа действия модернизируемых или разрабатываемых сборочных единиц

1.2.4 Описание особенностей конструкции и технологии изготовления проектируемых деталей

1.2.5 Охрана труда и окружающей среды

1.3 Расчеты модернизируемой или разрабатываемой машины

1.3.1 Технологические расчеты

1.3.2 Определение основных конструктивных параметров оборудования

1.3.3 Кинематические расчеты

1.3.4 Разработка циклограмм

1.3.5 Энергетические расчеты

1.3.6 Прочностные, конструктивные и динамические расчеты

Вторым нумерованным разделом пояснительной записки является раздел «2 Специальная часть». В этом разделе нумерация и названия подразделов, пунктов и подпунктов приводятся по усмотрению автора проекта (по согласованию с руководителем).

При выполнении пояснительной записки проекта научной тематики необходимо придерживаться следующей нумерации разделов основной части.

Первым нумерованным разделом является раздел «1 Литературно – патентный обзор». Содержание данного раздела определяется темой и заданием курсового проекта.

Вторым нумерованным разделом пояснительной записки является раздел «2 Исследовательская часть». В этом разделе нумерация и названия подразделов, пунктов и подпунктов приводятся по усмотрению автора проекта (по согласованию с руководителем).

4.3.7 Заключение

Заключение представляет собой обобщенные результаты работы и является важным показателем сформированных универсальных и предметных компетенций. В нём отражают основные положения работы, соответствие выполненной разработки заданию, техническим требованиям и современному уровню научно-технического развития объекта проектирования или исследования. Высказывается суждение о возможных путях внедрения результатов работы, даётся оценка технико-экономической эффективности разработки. Если определение технико-экономической эффективности невозможно, необходимо указать учебную, научную, производственную или социальную значимость работы. Желательно отметить целесообразность дальнейших разработок или исследований по данной тематике.

4.3.8 Список использованных источников

Список должен включать в себя только те наименования, на которые имеются ссылки в тексте пояснительной записки. Ссылки даются в тексте ПЗ арабскими цифрами в квадратных скобках. В списке использованных источников

последние располагаются в порядке ссылок в тексте записки или в алфавитном порядке авторов или названий (когда автор не указан). Каждый источник должен иметь библиографическое описание в стандартной форме (ГОСТ 7.1, ГОСТ 7.12). Общее количество ссылок должно быть не менее **10 наименований источников**, включая патенты и источники из интернета.

4.3.9 Приложения

Материал вспомогательного характера (схемы, алгоритмы, программы для ЭВМ, распечатки расчетов на ЭВМ, большие таблицы, осциллограммы и т.д.), дополняющий текст пояснительной записки, допускается помещать в приложениях. Приложения включают в общую нумерацию листов пояснительной записки и размещают после списка использованных источников в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «**Приложение**» полужирным шрифтом, записанного строчными буквами с первой прописной, и его обозначения, например: **Приложение 1** или **Приложение А**.

Допускается размещение на одной странице двух (и более) последовательно расположенных приложений, если их можно полностью разместить на этой странице.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой, под словом «**Приложение**» с обозначением. Заголовок печатают строчными буквами с первой прописной и выделяют полужирным шрифтом.

Приложения обозначают прописными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «**Приложение**» следует буква или цифра, обозначающая его последовательность.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «**Приложение А**» или «**Приложение 1**».

Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. В тексте пояснительной записки должны быть даны ссылки на все приложения.

Все приложения должны быть перечислены в содержании пояснительной записки с указанием их обозначений и заголовков.

Примечание.

Заголовки разделов «Реферат», «Содержание», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников» и «Приложения» **не нумеруются**.

Первые листы всех разделов должны иметь основную надпись по форме 2 ГОСТ 2.104 (см. приложение Г настоящего пособия). На последующих листах каждого раздела выполняется основная надпись по форме 2а ГОСТ 2.104 (см.

приложение Г). Примеры заполнения основных надписей конструкторских документов представлены в приложении Д.

4.4 Содержание и объем графической части

Графическая часть курсового проекта академической тематики выполняется на листах чертежной бумаги формата А1 (594 × 841). Допускается применение кратных форматов, например А2×3 (594×1261 мм). Каждый документ должен иметь основную надпись (угловой штамп) и дополнительную основную надпись (маленький штамп на длинной линии рамки (см. приложение Е)). **Объем графической части проекта должен составлять 3 – 4 листа формата А1.**

Наименование и объем обязательных элементов графической части проекта с академической тематикой представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Структура и объем графической части курсового проекта

Наименование элементов графической части	Объем, (в листах формата А1)
Общий вид или сборочный чертеж машины	1
Схемы: технологическая, кинематическая (принципиальная, функциональная) и другие	0 – 1
Чертежи сборочных единиц	1
Чертежи деталей	1
Итого:	3 – 4

В графическую часть проекта с научно-исследовательской тематикой по согласованию с руководителем включаются плакаты (графики, таблицы, схемы и другие иллюстрации) на листах формата А1 в черно-белом или цветном исполнении.

Плакаты являются демонстрационным графическим материалом. На плакатах показываются упрощенные изображения экспериментальных стендов, поясняющие их конструкцию и принцип действия; результаты проведенных исследований в виде таблиц, графиков, диаграмм, фотографий и т.д.

Каждый плакат должен иметь наименование, выполняться на чертежной бумаге стандартных форматов с рамкой, с основной надписью установленного образца (приложения Г – Е).

Наименование иллюстративного материала (плаката) **выполняется крупным чертежным шрифтом над изображением.**

Плакаты должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.605, отвечать требованиям наибольшей наглядности, свободно просматриваться с расстояния 3 – 3,5 м.

5 РЕКОМЕНДАЦИИ К РАЗРАБОТКЕ ОСНОВНОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА С АКАДЕМИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКОЙ

Нумерация подразделов основной части соответствует приведенной в подразделе 4.3.6 настоящего пособия.

5.1 Технико-экономическое обоснование выбора варианта машины и ее узлов для модернизации

Этот подраздел, как было указано выше, состоит из нескольких подразделов и представляет собой анализ тщательно подобранной научно-технической информации.

Состояние вопроса изучают по монографиям, учебникам, учебным пособиям, справочникам, каталогам, статьям в научно-технических периодических изданиях, патентам и т.д. Из этих информационных материалов получают сведения о научных основах применяемой на базовом предприятии технологии, свойствах исходного сырья, полуфабрикатов, готовой продукции; устройстве и принципах действия оборудования, опыте совершенствования техники и технологии в Российской Федерации и за рубежом.

5.1.1 Технические условия и характеристика продукции, для выпуска которой модернизируется (проектируется) машина (аппарат)

Необходимо дать возможно более подробную характеристику сырью или полуфабрикату, подаваемому в машину и выдаваемому из машины – влажность, плотность, структуру, вязкость и т.д. Привести параметры и особенности технологического процесса обработки на машине – допускаемые температуру, давления, ускорения, соотношения компонентов, продолжительность обработки и т.п. Особое внимание необходимо уделять тем параметрам, которые могут измениться в результате модернизации.

Объем этого подраздела 0,5...1 страницы.

5.1.2 Литературный обзор современных машин для проведения заданной технологической операции

При выполнении этого подраздела необходимо решить следующие задачи: произвести сбор информации о существующих конструкциях оборудования, выбранного в качестве объекта модернизации путем изучения научно-технической литературы соответствующей тематики. Сбор информации необходимо начинать с изучения соответствующих разделов в учебниках по данной дисциплине – «Оборудование литейных цехов» [1], [2], [3]. После этого необходимо ознакомиться с информацией, содержащейся в соответствующих монографиях. Например, при модернизации формовочных машин будет полезно ознакомиться с монографией Орлова Г.М. Автоматизация и механизация про-

цесса изготовления литейных форм. Перечень монографий по литейному оборудованию в количестве 35 наименований приведен в [4].

После ознакомления с учебниками и монографиями необходимо перейти к просмотру периодической научно-технической литературы за последние 3-5 лет, который начинается с реферативных журналов по литейному производству. В последнем номере года каждого журнала помещается указатель статей, опубликованных в реферируемых источниках информации, например, в научно-техническом журнале «Литейное производство», материалах научно-технических конференций и т.д. Подраздел завершается ознакомлением с нормативными материалами (ГОСТами, отраслевыми стандартами, стандартами организаций и т.д.) по теме работы. В [4] содержится перечень около 40 ГОСТ СССР, действующих и в настоящее время.

Объем подраздела – 5...7 страниц.

5.1.3 Патентный обзор машин (аппаратов) для проведения заданной технологической операции или их отдельных узлов

При выполнении этого подраздела необходимо произвести сбор информации об изобретениях (патентах, авторских свидетельствах) по теме проекта.

Патентное исследование зачастую может оказать неоценимую помощь в изучении и поиске методов решения поставленных задач.

Быстрый поиск патентной документации возможен только при использовании справочно-поискового аппарата. Согласно международной классификации патентов (МКП) все изобретения располагаются в логической последовательности по восьми основным разделам, обозначаемым заглавными буквами латинского алфавита от А до Н. В разделе А содержатся патенты «удовлетворение жизненных потребностей человека», в разделе В – «различные технологические процессы» и т.д. Каждый раздел делится на подразделы. Каждый раздел объединяет родственные классы и т.д. Информация о патентах содержится на сайте ФИПС (Федерального института промышленной собственности).

Собрав патентную информацию, студент анализирует ее, выбирает патенты – аналоги, оценивает их технический уровень и степень новизны разрабатываемого объекта. При этом необходимо проанализировать достоинства и недостатки рассматриваемого серийно выпускаемого оборудования, а также технических решений, приведенных в описаниях к изобретениям.

При анализе технических решений, содержащихся в описаниях изобретений, желательно найти такие, которые позволили бы при дальнейшем развитии в процессе проектирования и конструктивного оформления решить задачи, поставленные в задании на проект.

Подраздел должен содержать частичные описания двух – трех изобретений, наиболее близких теме разработки. Описания должны включать выходные данные: авторов патента, название изобретения, индекс по МКП, страну, дату выдачи, номер патента; так называемую формулу изобретения, рисунки и схемы, поясняющие суть изобретения. Полные тексты патентов можно привести в

приложениях. В подразделе также должен содержаться анализ представленных патентов на предмет их применения при разработке курсового проекта.

Объем этого подраздела должен составлять 1,5...2 страницы.

5.1.4 Технико-экономическое обоснование темы проекта

В этом подразделе должно быть сформулировано обоснование темы проекта. Этот материал представляет собой выводы из литературно – патентного обзора. Следует обосновать необходимость создания нового оборудования, устройства или механизма или его модернизации для уменьшения потерь сырья и простоев оборудования, снижения энергозатрат, сокращения обслуживающего персонала, совершенствования технологического процесса, повышения качества продукции и т.п. Желательно, чтобы этот материал базировался и на конкретных экономических показателях.

В данном подразделе, на основании проведенных в предыдущих подразделах исследований, производится обоснование выбора конкретной модели оборудования, подходящего для модернизации. При этом подробно описываются преимущества и недостатки данной модели по сравнению с другими (необходимо доказать, что именно эта модель наиболее подходит для модернизации с технологической и экономической точек зрения).

Объем подраздела 0,5...1,5 страницы.

5.1.5 Задачи проекта

Задачи проекта должны полностью соответствовать заданию и сделанным ранее выводам. Четкости формулировок этого подраздела следует уделять большое внимание, так как содержание следующих разделов проекта должно быть подчинено решению именно этих задач.

Объем подраздела 0,5-1 страница.

5.2 Описание машины, выбранной для проведения технологической операции

Этот подраздел также состоит из нескольких подразделов.

5.2.1 Назначение, область применения, техническая характеристика выбранной машины

Здесь указывается полное наименование оборудования и его модель (марка); технологические операции, которые выполняет машина или аппарат; область применения (отрасль, на предприятиях какой мощности рекомендуется эксплуатировать и т.д.); особенности эксплуатации и ограничения по применению (если таковые имеются).

Далее указываются технические параметры оборудования. Первым указывается основной параметр (производительность, расход, емкость и др.), послед-

ним – габариты, размеры и масса изделия. Размерность всех параметров должна быть указана в соответствии с международной системой измерения (СИ). Особое внимание следует уделить тем параметрам, которые могут измениться в результате модернизации.

5.2.2 Описание конструкции и принципа действия выбранной машины

Подраздел начинают с описания перечня и взаимосвязи основных сборочных единиц, из которых состоит изделие. Описание проводится по чертежу общего вида или сборочному чертежу машины с указанием номера (обозначения) чертежа и ссылками на номера позиций сборочных единиц, механизмов или крупных деталей. Особое внимание при этом следует уделять всему новому и оригинальному, что явилось результатом творчества студента.

Затем следует описание принципа действия проектируемой машины. При этом освещается взаимодействие отдельных механизмов и деталей с обязательным указанием номеров позиций на чертеже общего вида (сборочном чертеже машины). Для лучшего объяснения устройства и принципа действия машины в подразделе можно помещать рисунки (например, технологические, кинематические схемы, циклограммы и т.д.). В этом случае при описании необходимо ссылаться на позиции соответствующих рисунков.

Объем подраздела 2...3 страницы.

5.2.3 Описание конструкции и принципа действия модернизируемых или разрабатываемых сборочных единиц

В данном подразделе приводится подробное техническое описание спроектированных сборочных единиц (узлов). В пункте **«Назначение изделия»** указывается полное наименование сборочной единицы и ее шифр (обозначение); ее служебное назначение; особенности эксплуатации и ограничения по применению (если таковые имеются).

В пункте **«Техническая характеристика»** указываются технические параметры сборочной единицы. Первыми указываются основные параметры (потребляемая мощность, крутящие моменты, скорости, давления, усилия, температура, расход, емкость и др., последними – габариты, размеры и масса сборочной единицы. Размерность всех параметров должна быть указана в соответствии с международной системой измерения (СИ).

В пункте **«Состав изделия»** приводится перечень основных сборочных единиц и деталей, из которых состоит узел.

В пункте **«Устройство и принцип работы»** дается подробное техническое описание конструкции спроектированной сборочной единицы первоначально в статическом состоянии. Описание должно обязательно сопровождаться ссылками на сборочный чертеж узла, помещенный в графической части проекта с указанием номера чертежа и ссылками на номера позиций сборочных единиц и деталей, входящих в данную сборочную единицу.

После описания сборочной единицы в статике рассматривается работа узла в составе машины в порядке выполнения ей технологической операции. Для сборочных единиц, содержащих подвижные детали, необходимо подобрать смазочный материал (твердые, жидкие или консистентные смазки), способ его подачи к трущимся элементам с указанием позиций смазочных устройств на сборочном чертеже, периодичность смазки и ориентировочный расход смазок. Сведения о смазочных материалах, смазочных устройствах, периодичности и расходах смазок содержатся в источниках [5], [6].

Для сборочных единиц, которые не содержат подвижных деталей, работа узла, естественно, не описывается. В таких случаях можно привести описание процесса сборки; особенности процессов сварки; необходимость применения специальных приспособлений для сборки, сварки, контроля и т.д.

Подраздел должен заканчиваться выводами, в которых необходимо описать, как повлияют изменения в конструкциях сборочных единиц на их работу и техническую характеристику, а также на техническую характеристику машины в целом.

Объем подраздела 1,5...3 страницы.

5.2.4 Описание особенностей конструкции и технологии изготовления проектируемых деталей

Рабочие чертежи (чертежи деталей) разрабатываются *только на нестандартные детали*, входящие в разработанный ранее сборочный чертеж. В данном подразделе пояснительной записки приводится описание особенностей конструкции наиболее сложных 2 – 3 разработанных деталей с обязательным указанием шифров (обозначений) соответствующих рабочих чертежей.

Форма и номинальные размеры детали «*снимаются*» с соответствующего сборочного чертежа, при этом часть размеров детали может отсутствовать на сборочном чертеже. В этом случае назначение размеров детали надо производить особенно тщательно. В ряде случаев размеры деталей приходится рассчитывать, используя размеры сборочного чертежа и простейшие алгебраические операции (сложение, вычитание). В некоторых случаях размеры деталей получают в результате проведенных ранее расчетов на прочность, жесткость, износостойкость и т.д., которые впоследствии должны быть включены в соответствующие подразделы пояснительной записки (см. ниже).

Со сборочного чертежа «*снимаются*» также предельные отклонения номинальных размеров деталей; при этом если на сборочных чертежах допускается условное обозначение посадок, например 52 Н7/р6, то на рабочем чертеже необходимо указывать численное значение предельных отклонений соответствующего номинального размера, например $52^{+0,03}$.

Допуски формы и расположения поверхностей деталей, а также шероховатость поверхностей деталей на сборочных чертежах обычно не указываются, поэтому при выполнении рабочих чертежей деталей необходимо назначать и проставлять значение шероховатости поверхностей и, при необходимости, указанные допуски. Необходимо помнить, что чрезмерно высокое качество по-

верхностей деталей и малые допуски формы и расположения могут привести к необоснованно высокой стоимости изготовления деталей, а низкое качество поверхностей и большие допуски формы и расположения могут привести к низкой надежности сборочной единицы и быстрому ее износу. Поэтому указанные величины необходимо назначать в соответствии с рекомендациями, содержащимися в литературе по допускам и посадкам [7], [8].

При выполнении рабочего чертежа студент должен подобрать материал, из которого предполагается изготавливать деталь, а также обосновать выбор заготовки (прокат, литье,ковка, штамповка и т.д.). В реальных производственных условиях выбор заготовок зависит от многих факторов: серийность производства, наличие производственных мощностей для получения тех или иных видов заготовок, структура парка металлорежущих станков, налаженные связи с поставщиками заготовок, соображения экономического характера и т.д. При курсовом проектировании эти факторы не учитываются и студенту предоставляется право самостоятельного выбора метода получения заготовок. Характеристики заготовок и марка материала должны быть приведены в основной надписи рабочего чертежа (приложение Г, графа 3). Ориентироваться в выборе материала для проектируемой детали поможет источник [9], а сортамент проката приведен в [10]. Важные сведения о принципах конструирования деталей, а также примеры оформления рабочих чертежей содержатся в [11].

Объем подраздела 1...2 страницы.

5.2.5 Охрана труда и окружающей среды

Охрана труда – это система законодательных актов и норм, направленных на обеспечение безопасности труда, и соответствующие им социально-экономические, организационные, технические и санитарно-гигиенические мероприятия. Правила и нормы по охране труда направлены на защиту организма человека от физических травм, вредного воздействия технических средств, используемых в процессе труда. Эти правила и нормы, а также производственную санитарную необходимо соблюдать как при проектировании, так и при эксплуатации промышленного оборудования.

Современное машиностроение развивается в направлении разработки новых высокопроизводительных станков, машин, аппаратов самого разнообразного назначения, интенсификации их использования за счет применения рациональных режимов эксплуатации, совершенствования технологии и улучшения технического обслуживания и ремонта. Интенсификация технологических процессов и увеличение мощности машин объективно повышают опасность производственных процессов, поэтому вопросам охраны труда необходимо постоянно уделять серьезное внимание как со стороны разработчиков и производителей оборудования, так и со стороны, эксплуатирующей это оборудование.

ГОСТ 12.2.003 устанавливает общие требования безопасности производственного оборудования. В нем определены требования к основным элементам конструкции, органам управления и средствам защиты, входящим в

конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения. Специфические особенности оборудования учитываются по каждому его виду отдельными стандартами.

Ознакомившись с нормативными материалами, следует изыскать инженерные решения, исключая травматизм. При разработке конструкции следует руководствоваться следующими основными требованиями.

1. Оборудование должно быть безопасно при монтаже, эксплуатации и ремонте как отдельно, так и в составе комплексов и технологических линий, а также при транспортировании и хранении. Оно должно быть пожаровзрывобезопасным.

2. Все виды производственного оборудования должны защищать окружающую среду (воздух, почву, водоемы) от загрязнения выбросами вредных веществ выше установленных норм.

3. Материалы, применяемые в конструкции производственного оборудования, не должны быть опасными и вредными. Не допускается использование материалов, не прошедших проверку на пожаробезопасность.

4. Составные части оборудования не должны быть опасными для обслуживающего персонала при их повреждении.

5. Оборудование литейных цехов, имеющее газовые, паровые, пневматические, гидравлические и другие системы, выполняется в соответствии с требованиями безопасности, действующими для этих систем.

6. Конструкция оборудования должна исключать возможность случайного соприкосновения работников с горячими и переохлажденными частями.

7. Выделение оборудованием теплоты и влаги в производственных помещениях не должно превышать предельно допустимых концентраций в рабочей зоне.

8. Конструкция оборудования должна обеспечивать исключение или снижение до регламентированных уровней шума, вибраций, ультразвука и других вредных излучений.

Хотя указанные общие требования необходимо учитывать при разработке графической части, вопросы охраны труда и окружающей среды должны быть отражены, главным образом, в пояснительной записке проекта.

В курсовом проекте, во многом имеющем характер учебной разработки, вопросы охраны труда не могут быть решены в полном объеме, поэтому часть их освещается схематично или даются указания о необходимости осуществления тех или иных мероприятий по охране труда и окружающей среды. Если проводимая модернизация повлияет каким – то образом (в лучшую или худшую сторону) на безопасность труда и окружающей среды, это обязательно должно быть отражено в пояснительной записке.

Учитывая небольшой объем этого подраздела, изложение материала должно быть конкретным и четким (не следует приводить материалы общего характера из учебников, общие положения нормативных документов).

Правила охраны труда для персонала при обслуживании проектируемого оборудования должны быть лаконичными и применимыми непосредственно к

этому оборудованию. Здесь же следует привести правила по электробезопасности.

Исходным материалом для написания этого подраздела могут служить инструкции по эксплуатации или технические паспорта прототипов либо оборудования аналогичного назначения; различного рода литература для подготовки кадров массовых профессий.

Объем данного подраздела должен составлять 1,5...2 страницы.

5.3 Расчеты модернизируемой или разрабатываемой машины (аппарата)

Расчетная часть проекта – важный раздел пояснительной записки. Он включает технологические, кинематические, энергетические, конструктивные и прочностные и другие расчеты. Подлежащие к выполнению в проекте расчеты должны относиться к тем усовершенствованиям или модернизации, которые выполняются по теме проекта. Их уровень должен соответствовать требованиям высшей школы. ***Предпочтительно*** выполнение расчетов с применением ЭВМ.

В соответствии с ГОСТ 2.106 порядок изложения расчетов определяется характером рассчитываемых величин. В общем случае расчеты должны содержать:

- название расчета;
- объект расчета, исходные данные и задачи (цели) расчета;
- расчетная модель с указанием сделанных приближений, упрощений;
- методика расчета и расчетные формулы (если есть, то программа для ЭВМ);
- результаты расчета после подстановки значений, входящих в формулы величин, распечатка результатов расчета на ЭВМ;
- анализ результатов расчета, выводы.

Расчеты, как правило, должны включать эскиз или расчетную схему рассчитываемого изделия (детали), которые вычерчиваются в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление о рассчитываемом изделии.

Приведение формул и расчетов без пояснений не допускается.

Объем этой части пояснительной записки должен составлять 8...10 страниц.

5.3.1 Технологические расчеты

Под технологическими расчетами проектируемого оборудования обычно понимается совокупность расчетов, связанных непосредственно с видом, особенностями и рабочими параметрами технологического процесса.

Основной целью технологического расчета является определение исходных значений величин, необходимых при выполнении конструкторской проработки проектируемого оборудования, а также для проведения последующих специальных расчетов его отдельных элементов.

Важнейшей характеристикой технологического оборудования является его производительность, под которой понимается количество (массовое, объемное, штучное) продукции, изготовленное за единицу времени.

Производительность – основная исходная величина для расчета всех остальных параметров оборудования. Она определяет размеры как самого объекта, так и отдельных его частей, рабочих органов, деталей привода и т.д. Кроме того, от величины производительности зависят кинематические и силовые характеристики приводных механизмов, количество потребляемой энергии и другие показатели. Поэтому при выполнении курсового проекта технологические расчеты сводятся, в основном, к определению производительности проектируемого оборудования.

За время обучения в институте студенты неоднократно при изучении различных дисциплин решали задачи определения производительности различных объектов. Эта задача при выполнении курсового проекта приобретает особо важное значение, поскольку студент имеет дело зачастую с реальной темой, с разработкой реального объекта. При этом разрабатываемый или модернизируемый объект часто является составной частью определенного производственного процесса или выполняет определенную функцию в общем технологическом процессе, будучи технологически или кинематически связанным с другим оборудованием. Студенты знакомились с основными видами производительности (теоретической, технологической, расчетной, фактической) при изучении дисциплины «Оборудование литейных цехов» [1], [3]. В курсовом проекте особое внимание уделяется фактической производительности, которая учитывает все возможные потери при эксплуатации оборудования. Для этого необходимо тщательно рассмотреть технологический процесс, реализуемый в проектируемом оборудовании, определить потери вещества (отходы, брак и т.д.), неизбежные в реальном производстве, потери времени, связанные с простоем оборудования при осмотрах, техническом обслуживании, ремонте, из-за перебоев в подаче сырья, полуфабрикатов, из-за организационных простоев и т.д. Эти данные необходимо собирать в период учебной или производственной практики. Потери продукции и времени устанавливаются непосредственно на базовом предприятии по соответствующим документам, фотографии рабочего дня и т.д.

Таким образом, производительность проектируемого объекта должна быть немного выше фактической (номинальной) производительности поточной линии, для которой проектируется (модернизируется) объект.

В случае, когда производительность указана в задании, переходят сразу же к дальнейшим расчетам. Например, при проектировании автомата по заданной производительности определяется ритм выдачи изделия, скорости рабочих органов и т.д.

5.3.2 Определение основных конструктивных параметров оборудования

Определение основных конструктивных параметров проектируемого объекта (вместимости, емкости, рабочих объемов, размеров отдельных элементов

конструкции и т.д.) в значительной степени зависит от принципа его работы: является ли объект машиной периодического или непрерывного действия.

В первом случае конструктивные параметры зависят как от величины производительности и времени обработки продукции, так и от времени загрузки и выгрузки. Во втором случае время загрузки и выгрузки не учитывают, так как они совмещены с обработкой продукции, но при этом должна быть известна (задана или найдена) скорость вещества.

Для определения конструктивных параметров обычно используют величину объемной производительности W ($\text{м}^3/\text{с}$), которую находят из отношения:

$$W = G / \rho , \quad (1)$$

где G – массовая производительность, $\text{кг}/\text{с}$; ρ – плотность или насыпная масса вещества, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Зная объемную производительность и суммарное время $\sum t$, затраченное на загрузку, обработку и выгрузку определенной рабочей емкости объекта, находят вместимость V (в м^3) этой емкости

$$V = W \cdot \sum t . \quad (2)$$

Полученную вместимость корректируют, умножая ее на соответствующий коэффициент, учитывающий определенные поправки (на запас емкости, расширение или вспенивание вещества, неравномерное его распределение и т.д.), а затем определяют габаритные размеры емкости, задаваясь ее формой и некоторыми размерами, исходя из конструктивных соображений.

Для объекта непрерывного действия объем V (в м^3) элемента, пропускающего поток продукции (вещества), определяется величиной объемной производительности W (в $\text{м}^3/\text{с}$) и временем t (в секундах) технологической обработки вещества в этом объеме (или временем технологической операции)

$$V = W \cdot \sum t . \quad (3)$$

Как было отмечено выше, для объекта непрерывного действия обычно определяют скорость потока вещества. Эту величину обычно принимают на основании опыта эксплуатации подобных устройств или по данным экспериментальных исследований. При известной скорости потока v (в $\text{м}/\text{с}$) можно определить его фактическое сечение F (в м^2),

$$F = W / v , \quad (4)$$

а также длину потока L (м), если при этом происходит его обработка

$$F = v \cdot t , \quad (5)$$

где t – длительность технологической операции, с.

По найденной величине сечения потока легко определить сечение канала, учитывая реальный процесс течения материала, т.е. вводя поправочные коэффициенты на неравномерность заполнения канала, неравномерность или колебания скорости, установку в канале различных конструктивных элементов, сопротивление потоку и т.п. По найденному таким образом сечению канала можно определить его размеры при известной или задаваемой геометрической форме.

Если технологический процесс связан с передачей теплоты через поверхность теплообмена, то площадь последней F (м^2) можно определить, пользуясь известными уравнениями:

$$Q = G \cdot c_m \cdot (\Theta_2 - \Theta_1) , \quad (6)$$

и

$$F = Q / (k \cdot \Delta\Theta \cdot t) , \quad (7)$$

где Q – количество передаваемой теплоты, Дж; G – количество вещества, кг; c_m – средняя теплоемкость вещества, Дж/(кг·К); Θ_1 и Θ_2 – соответственно начальная и конечная температуры вещества, К или °С; k – коэффициент теплопередачи, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$); $\Delta\Theta$ – средняя разность температур теплоносителей, К или °С; t – продолжительность процесса передачи теплоты, с.

Затем в зависимости от конфигурации поверхности теплообмена определяют ее конструктивные размеры.

Обычно машина имеет несколько различных устройств, пропускающих через себя и обрабатывающих вещество, которые могут быть периодического или непрерывного действия. Студент должен разобраться в технологическом процессе, выполняемом машиной, расчленив его на отдельные технологические операции и переходы, установить их производительность и обосновать выбор конструктивных параметров каждого элемента.

5.3.3 Кинематические расчеты

5.3.3.1 Определение основных кинематических параметров рабочих органов

Величина фактической производительности проектируемого объекта является исходной для определения основных кинематических параметров рабочих органов. Обрабатывая вещество, рабочие органы должны иметь определенный ритм движения, двигаться с определенной скоростью или частотой вращения. Это необходимо для получения единицы продукции (либо единицы массы или объема) в строго определенный промежуток времени (рабочий цикл), который является величиной обратной производительности машины. Таким образом, определив величину рабочего цикла машины, студент может найти нужный ритм работы ее отдельных рабочих органов, а при известных конструктивных параметрах последних определить скорости их движения.

Такова общая схема определения кинематических параметров проектируемого объекта. Конкретные методы их расчета зависят от многих факторов, например, от конструктивных особенностей проектируемого оборудования, свойств обрабатываемой продукции, особенностей технологического процесса, видов применяемых механизмов и многого другого. Поэтому ограниченный объем настоящего пособия не позволяет рассмотреть всевозможные варианты подобных расчетов, а дает возможность ограничиться самыми общими положениями.

1. По заданной или определенной ранее производительности машины определить ритм выдачи изделий.

2. По времени рабочего цикла и известным величинам ходов или шагов рабочих органов определить их скорости или частоты вращения.

3. Для машин, перерабатывающих массу вещества, можно определить указанные кинематические параметры, пользуясь формулами производительности. Для этого формулы преобразовывают в уравнения, выраженные относительно интересующих кинематических параметров (обычно относительно скорости или частоты вращения).

4. Полученные кинематические параметры основных рабочих органов машины необходимо проверить на оптимальные и критические значения. Большое значение имеет величина ускорения рабочего органа, так как при большом ускорении возрастает и сила инерции, действующая как на обрабатываемый объект, так и на рабочий орган. При большом значении силы инерции (критическом ускорении) может нарушиться связь рабочего органа и обрабатываемого вещества, в результате чего технологическая операция будет выполнена некачественно.

5.3.3.2 Структурный анализ кинематических цепей

В общем случае любая кинематическая цепь состоит из следующих элементов: двигателя, преобразующего подводимую к нему энергию в механическое движение; передаточных механизмов, распределяющих это движение между отдельными исполнительными механизмами, начальное ведущее звено которых соединено с передаточным механизмом, а конечное ведомое - с рабочим органом, воздействующим на обрабатываемое вещество или объект. Исполнительные механизмы служат для преобразования движения на ведущем звене в необходимое движение рабочего органа, присоединенного к ведомому звену.

Исполнительный механизм задает определенный закон и параметры движения рабочему органу, который воздействует на обрабатываемый объект, изменяя его форму, свойства, положение в пространстве и т.д. Существует большое количество разнообразных исполнительных механизмов технологических машин, выполняющих самые различные функции. Однако, несмотря на разницу в функциональном назначении механизмов отдельных видов, в их строении, кинематике и динамике много общего. Это вызвано тем, что для привода рабочих органов в основном применяются типовые схемы простейших базисных

механизмов, например, кривошипно-шатунных, кулисных, кулачковых, храповых и т.п. механизмов.

Основные кинематические зависимости базисных исполнительных механизмов студенты изучали в общетехнических и специальных курсах. Поэтому в каждом конкретном случае расчета определенной машины, предложенной студенту в задании на проект, ему предстоит совместно с руководителем выделить эти базисные механизмы из общей кинематической схемы машины, рассмотреть их отдельно, определить их ведущие и ведомые звенья и, пользуясь результатами технологических расчетов, произвести расчеты этих механизмов. Цель расчетов – определение размеров элементов механизма, частоты вращения, периодов и ритмов движения ведущего звена, соединенного с передаточным механизмом кинематической цепи привода машины.

Передаточные или трансмиссионные механизмы служат для передачи движения от двигателя к исполнительным механизмам машины. В приводах многих машин литейного производства применяются электродвигатели разных типов, моделей, параметров и т.д. Так как вал электродвигателя обычно имеет большую частоту вращения, чем ведущие звенья исполнительных механизмов, то задачей передаточных механизмов является снижение скорости вращения с одновременным повышением крутящего момента.

Эта передача вращательного движения может осуществляться путем жесткого механического соединения отдельных звеньев кинематической цепи, обычно при помощи зубчатых или цепных передач, исключая проскальзывание в кинематических парах. Тогда все исполнительные механизмы оказываются связанными с выходным звеном передаточного механизма и поэтому во время работы машины занимают строго определенные положения относительно друг друга. Такая связь исключает, как правило, применение механизмов контроля и регулирования, синхронизирующих работу исполнительных механизмов.

Если в трансмиссии применяются передачи, работа которых основана на использовании сил трения (фрикционные, ременные), гидро- пневмоприводы или многодвигательные электроприводы, то в случаях, требующих синхронности работы исполнительных механизмов, необходима установка устройств, контролирующих и синхронизирующих движение рабочих органов.

К передаточным механизмам относятся также и вариаторы – механизмы, позволяющие плавно регулировать частоту вращения отдельных элементов кинематической цепи, передавая через себя всю мощность, требуемую для исполнительных механизмов.

Расчленив всю кинематическую цепь на отдельные механизмы, студент может разрабатывать или модернизировать кинематическую схему привода машины. Кинематическая схема помещается в пояснительной записке или в графической части проекта.

На этой схеме изображаются все элементы привода, от двигателя до рабочих органов, их соединение и взаимоположение, направленное на осуществление, управление, регулирование и контроль заданных законов движения. При этом следует обратить внимание на взаимодействие отдельных рабочих органов

между собой, направленное на выполнение определенных технологических операций. На кинематической схеме это взаимодействие должно быть отражено.

Все элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями по ГОСТ 2.770 или упрощенно в виде контурных очертаний с обязательными пояснениями, если их обозначение отсутствует в ГОСТ 2.770 .

Механизмы, отдельно собираемые и самостоятельно регулируемые, допускается изображать на кинематической схеме без внутренних связей. Если в состав изделия входит несколько одинаковых механизмов, допускается выполнять подробную кинематическую схему для одного из них, а другие механизмы изображать упрощенно.

Взаимное расположение элементов на кинематической схеме должно соответствовать исходному, среднему или рабочему положению исполнительных органов изделия (механизма). Допускается пояснять надписью положение исполнительных органов, для которых вычерчена схема. Если элемент изделия при работе меняет свое положение, то на схеме допускается показывать его в крайнем положении тонкими штрихпунктирными линиями.

На кинематической схеме, не нарушая ясности схемы, допускается:

1. Переносить элементы вверх или вниз от их истинного положения, выносить их за контур изделия, не меняя положения.

2. Поворачивать элементы в положения, наиболее удобные для изображения. В этих случаях сопряженные звенья пары, вычерченные отдельно, соединяют штриховой линией.

Если валы или оси при изображении на схеме пересекаются, то линии, изображающие их, в местах пересечения не разрываются. Если на схеме валы или оси закрыты другими элементами или частями механизма, то их изображают как невидимые. Допускается валы условно поворачивать.

Элементы схемы вычерчиваются без масштаба, но соотношение размеров условных графических обозначений взаимодействующих элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному соотношению размеров этих элементов в изделии.

На кинематических схемах изделий указывают:

1. Наименование каждой кинематической группы элементов, учитывая ее основное функциональное назначение (например, привод подачи), которое наносят на полке линии – выноски, проведенной от соответствующей группы.

2. Основные характеристики и параметры кинематических элементов, определяющие исполнительное движение рабочих органов изделия или его составных частей.

Основными параметрами механических передач являются: передаваемая мощность, крутящий момент на валу, передаточное отношение и КПД.

После разработки кинематической схемы студент может приступить к кинематическому расчету машины.

5.3.3.3 Кинематические расчеты

Кинематический расчет привода машины предполагает определение всех указанных выше его основных параметров. После определения эти параметры должны быть указаны на кинематической схеме и, кроме того, они могут понадобиться для расчетов элементов привода на прочность.

Кинематический расчет привода машины включает:

1. Определение общего передаточного отношения $u_{i_{общ}}$ от вала двигателя, имеющего частоту вращения $n_{эд}$ до всех рабочих органов, имеющих частоты вращения $n_{i_{раб}}$ или скорости $v_{i_{раб}}$,

$$u_{i_{общ}} = n_{эд} / n_{i_{раб}} , \quad (8)$$

2. Распределение общего передаточного отношения всей кинематической цепи привода, между отдельными механизмами, составляющими эту цепь,

$$u_{i_{общ}} = u_{i1} \cdot u_{i2} \cdot \dots \cdot u_{in} , \quad (9)$$

где $u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{in}$ – передаточные отношения соответственно, начиная от электродвигателя, 1-го, 2-го... n – го механизмов трансмиссии i – й кинематической цепи; в простейших случаях $i=1$.

Передаточные отношения отдельных механизмов выбирают по справочным данным; некоторые значения которых приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Передаточные отношения u для различных передач

Тип передачи	Рекомендуемое значение u	Наибольшее значение u
Зубчатая передача в закрытом корпусе: цилиндрическими колесами коническими колесами	3 – 6	12,5
	2 – 3	6,3
Зубчатая передача открытая	3 – 7	15 – 20
Червячная передача: закрытая открытая	10 – 40	80
	10 – 60	120
Цепная передача	3 – 6	8
Фрикционная передача цилиндрическими катками	2 – 4	8
Ременная передача: плоским ремнем открытая то же с натяжным роликом клиновым ремнем	2 – 5	6
	4 – 6	8
	2 – 5	7

3. Определение конструктивных параметров каждого механизма.
Для зубчатых и цепных передач – определение числа зубьев

$$u_{з.п.} = z_{ВМ} / z_{ВД} , \quad (10)$$

где $z_{ВМ}$ – число зубьев ведомой звездочки или шестерни; $z_{ВД}$ – число зубьев ведущей звездочки или шестерни.

Для ременных передач – определение расчетного диаметра шкивов

$$u_{рп} = D_{ВМ} / D_{ВД} , \quad (11)$$

где $D_{ВМ}$ и $D_{ВД}$ – соответственно диаметры ведомого и ведущего шкивов.

При этом меньшее число зубьев или меньший диаметр шкива выбирают с учетом допустимых норм, указанных в справочных материалах курса «Детали машин» в зависимости от вида механизма.

4. Определение частоты вращения валов каждого механизма кинематической цепи из соотношений:

- для зубчатых и цепных передач

$$u_{зп} = z_{ВМ} / z_{ВД} = n_{ВД} / n_{ВМ} , \quad (12)$$

- для ременных передач

$$u_{рп} = D_{ВМ} / D_{ВД} = n_{ВД} / n_{ВМ} . \quad (13)$$

5. Определение для вариаторов предельных (максимальных или минимальных) значений передаточного отношения и частоты вращения выходного вала.

6. Определение скоростей перемещения поступательно движущихся элементов механизмов (винтов, гаек, реек, плунжеров, толкателей и т.д.) по соответствующим формулам курса «Детали машин».

Расчет кинематических параметров необходимо поместить в пояснительную записку, а результаты расчета (передаточные отношения, скорости вращения валов и др.) отразить на кинематической схеме.

5.3.4 Разработка циклограмм

Разработка циклограмм является необходимой стадией проектирования или модернизации машин циклического действия. Конструкторский документ, связывающий технологический процесс переработки вещества, выполняемый машиной, с кинематикой движения рабочих органов, осуществляющих эту переработку, называется циклограммой.

При компоновке и составлении общей схемы многопозиционных и многооперационных автоматов, полуавтоматов, машин и в ряде других случаев существенную роль играет синхронизация работы механизмов во времени. Чтобы технологический процесс выполнялся нормально, эти действия должны проходить в определенном порядке и согласованно. Наглядное представление о согласованной работе отдельных механизмов и дает цикловая диаграмма (циклограмма) [3].

Циклограмма отображает последовательность и соотношение интервалов, т.е. отрезков времени ходов и остановок рабочих органов автомата, машины в пределах одного кинематического цикла. Циклограмма указывает, когда начинают и когда заканчивают свои движения отдельные рабочие органы. Отсчет времени ведется от начала рабочего хода ведущего звена, принятого за основной. Циклограмма выполняется в определенном масштабе времени t . Составление циклограммы реального действующего автомата производят не только с целью описания работы, но и с целью анализа его работы. По циклограмме можно судить: насколько рационально сконструирован автомат, насколько «уплотнен» кинематический цикл, нет ли скрытых возможностей для повышения его производительности и улучшения работы. При сборке и наладке автомата или машины по циклограмме устанавливают положение ведущих звеньев исполнительных механизмов. Время, отсчитанное от момента начала движения рабочего органа в направлении выполнения технологической операции над данным первым объектом до момента начала движения этого рабочего органа в направлении выполнения аналогичной операции над вторым объектом, называется временем кинематического цикла рабочего органа [1].

$$T_K = t_P + t_{OP} + t_X + t_{OX} , \quad (14)$$

где t_P – время движения рабочего органа в направлении выполнения технологической операции, т.е. время рабочего хода, с; t_{OP} – время остановки (выстоя) рабочего органа после технологической операции, с; t_X – время движения рабочего органа к первоначальному положению холостого хода, с; t_{OX} – время выстоя рабочего органа в исходном положении, с.

Временем технологического цикла называется время, в течение которого производится обработка объектов в машине, – это время, отсчитанное с момента входа исходного объекта в машину до момента выхода готовых изделий из машины (T_T). Время технологического цикла машины обычно больше времени, необходимого на выполнение технологического процесса ($T_T > T_{ТП}$).

$$T_T = T_{ТП} + t_T + t_{yc} , \quad (15)$$

где $T_{ТП}$ – время технологического процесса (технологической операции или перехода), с; t_T – время транспортировки объекта к машине, с; t_{yc} – время установки объекта на машину и съема готового изделия с машины, с.

Наиболее совершенной считается машина, в которой время на транспортировку объекта и съем изделия наименьшее, т.е. последние операции совмещены с технологической обработкой вещества, объекта.

Для выполнения заданного технологического процесса по принятой технологической схеме нужна взаимная согласованность работы всех исполнительных механизмов, что достигается разработкой цикловой диаграммы (циклограммы) машины.

Циклограмма указывает, когда рабочие органы начинают и заканчивают ходы. Отсчет времени ведется с начала рабочего хода ведущего звена механизма, принимаемого за основной, обычно (но не обязательно) за механизм первой по технологическому процессу операции.

Циклограммы выполняют в определенном масштабе времени.

По форме графического изображения циклограммы могут быть прямоугольными или линейными.

В прямоугольных циклограммах каждому интервалу рабочего перемещения соответствует свой прямоугольник с основанием в определенном масштабе и с высотой, выполненной с учетом или без учета какого-либо масштаба. В середине каждого прямоугольника помещается надпись или условное обозначение соответствующего перемещения или выстоя рабочего органа.

В линейных циклограммах каждому интервалу перемещения рабочего органа, отмеренному по оси абсцисс (горизонтальная прямая), соответствует наклонная линия и каждому выстоя – горизонтальная линия. Иногда у линии наносят поясняющие надписи, например, подъем, опускание, ход вперед, выстой внизу и др. Надписи могут быть также технологического содержания (кантовка опок, прессование и др.). Угол наклона линий выбирается произвольно.

Цикловые диаграммы выполняют разную роль в зависимости от того, когда и для какой цели они составляются.

Проектная циклограмма составляется конструктором на ранней стадии проектирования новой машины и постоянно уточняется им в процессе проектирования. В этом случае циклограмма играет роль необходимого и удобного оперативного вспомогательного инструмента. Конструктор начинает свою работу с расчета циклограммы. Исходя из данных условий и возможности совмещения различных операций, он выбирает оптимальные законы движения рабочих органов, конструирует вспомогательные механизмы. При этом он одновременно руководствуется составленной предварительно циклограммой и по мере конструирования все время вносит необходимые коррективы.

Исполнительная циклограмма является окончательным документом, в полной мере отражающим согласованную работу отдельных звеньев уже спроектированного и изготовленного автомата, машины. Это основное руководство для сборщиков и наладчиков.

После разработки циклограммы все проведенные при этом расчеты с пояснениями и самой циклограммой помещают в пояснительную записку. Сложная разветвленная циклограмма с большим количеством передач может быть представлена в графической части на листе формата не более А2.

5.3.5 Энергетические расчеты

5.3.5.1 Основные силы, действующие в машинах

Энергетический расчет предполагает определение основных силовых параметров проектируемого объекта, т.е. определение нагрузок на рабочие органы конструкции, находящиеся в соприкосновении с веществом и обрабатывающие его, а также влияние внешних сил, давлений, сопротивлений, сил тяжести и сил инерции на отдельные элементы или детали.

Определение действующих сил на рабочие органы и детали конструкции имеет большое практическое значение для расчета на прочность деталей, для определения энергии, потребной для работы механизма, трения в кинематических парах; для расчета надежности и долговечности элементов конструкции и т.д. Зная силы, действующие на детали объекта, можно определить наиболее рациональные их размеры; определить их оптимальные формы с учетом прочности и жесткости конструкции; обоснованно назначить материалы для их изготовления, их технологическую и термическую обработку; обеспечить определенное количество и качество смазочных материалов и т.д.

В соответствии с современными требованиями все быстроходные элементы конструкции, помимо статических расчетов, необходимо рассчитать на динамические нагрузки, возникающие при движении механизма и часто значительно превышающие статические силы.

Определение сил, действующих на различные звенья механизма при его движении, как известно из курса «Теоретическая механика», может быть сделано в том случае, если известны законы движения всех звеньев механизма и внешние статические и динамические нагрузки, приложенные к ним.

В общем случае можно выделить следующие основные силы, действующие в машинах:

1) Силы производственного сопротивления (технологические силы), на преодоление которых затрачивается работа, необходимая для выполнения технологического процесса. Величина этих сил зависит от многих факторов, например, от физико – механических свойств перерабатываемого вещества, скорости обработки, температурных режимов обработки, внешних условий и многого другого. Правильное определение этих сил имеет очень важное значение, так как от того, насколько точно они будут найдены, будет зависеть правильность последующего расчета на прочность основных органов машины и элементов и элементов привода. Величину таких сил можно найти в учебниках и монографиях по оборудованию литейных цехов.

2) Силы непроизводственных сопротивлений (в основном силы трения T_i), на преодоление которых затрачивается дополнительная работа. Эти силы обычно определяют как произведение силы нормального давления P_{ni} на коэффициент трения f_i в каждой трущейся паре:

$$T_i = P_{ni} \cdot f_i . \quad (16)$$

Разумеется, есть и другие формулы для определения сил непроизводственных сопротивлений, например, связанных с гидродинамическими процессами.

3) Динамические силы – силы инерции, возникающие при движении элементов конструкции с ускорениями. Для определения сил инерции P_{II} (Н) используют второй закон Ньютона, по которому сила инерции равна произведению массы тела m (кг) на его ускорение a (м/с²), но с обратным знаком, так как сила инерции и ускорение направлены противоположно:

$$F_{II} = m \cdot a . \quad (17)$$

Все указанные силы во время работы машины, как правило, не остаются постоянными, поэтому очень важно установить тот момент времени, в который элементы конструкции оказываются нагруженными наибольшим суммарным усилием, на которое затем и производят расчет на прочность этих элементов.

Для определения наибольшей суммарной нагрузки можно воспользоваться принципом Д'Аламбера, заключающимся в том, что к определенному звену механизма прикладывают все внешние силы (статические и динамические) с учетом их величины и направления, составляют для полученной системы сил уравнения равновесия, решая которые находят величину равнодействующей силы в данный момент. Таким образом, найдя равнодействующие силы для нескольких моментов времени (если не удалось определить его сразу), выбирают из них наибольшее значение, которое и является основой для расчета деталей на прочность.

5.3.5.2 Приведение моментов и сил сопротивления инерционных масс и моментов инерции к валу двигателя

Электродвигатель приводит в действие рабочие органы машины, как правило, через систему передач, отдельные элементы которой движутся с различными скоростями. При этом одни элементы могут совершать вращательное движение, а другие – поступательное, причем они часто связаны упругими звеньями – канатами, цепями, ремнями, длинными валами, а в соединениях звеньев имеются воздушные зазоры. С учетом указанных факторов расчетная схема механической части привода представляется весьма сложной, особенно для расчета динамики системы. В инженерных расчетах обычно пренебрегают упругостью звеньев и зазорами, представляя механические связи абсолютно жесткими. При этом допущении движение одного элемента дает полную информацию о движении всех остальных звеньев, поэтому сложную расчетную схему механической части привода можно свести к одному обобщенному жесткому звену, чаще всего валу двигателя (одномассовая система) (рисунок 1, а).

Такая система имеет эквивалентную массу m или момент инерции J , на нее действует электромагнитный момент двигателя $M_{ДВ}$ и суммарный приведенный к валу двигателя момент сопротивления M_C , включающий все механические потери, в том числе и механические потери в двигателе.

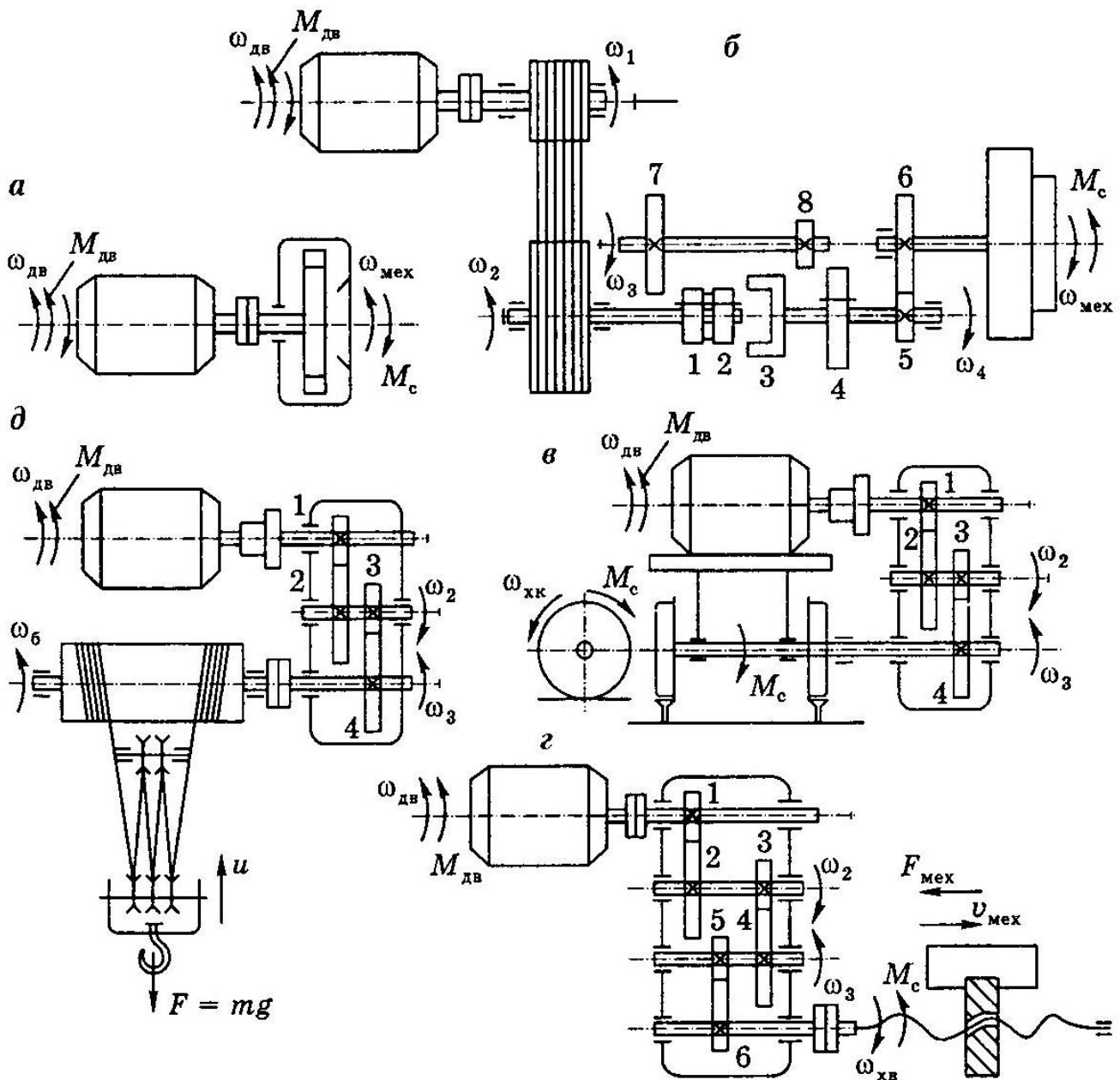


Рисунок 1 – Кинематические схемы электроприводов:
а, б – с вращательным движением исполнительного органа; *в, з, д* – с поступательным движением исполнительного органа

Как известно из механики, для установившегося поступательного движения работа dA силы F на пути dx за время dt и развиваемая этой силой мощность равны:

$$dA = F \cdot dx \quad (18)$$

$$P = dA / dt = F \cdot (dx / dt) = F \cdot v \quad (19)$$

где v – скорость поступательного движения.

Для вращательного движения

$$dA = F \cdot r \cdot d\alpha = M \cdot d\alpha \quad (20)$$

$$P = dA/dt = M \cdot (d\alpha/dt) = M \cdot \omega , \quad (21)$$

где α – угол поворота (рад.); r – радиус (м); $M = F \cdot r$ – вращающий (или, по-другому, крутящий) момент (Н·м); ω – угловая скорость (рад/с).

При ускорении или замедлении привода имеют место избыточные (динамические) момент или сила, которые определяются по упомянутому выше второму закону Ньютона:

$$F_{\text{дин}} = F_{\text{и}} = m \cdot a = m \cdot (dv/dt) . \quad (22)$$

Энергия, затраченная на преодоление силы $F_{\text{дин}}$ на участке от 0 до x , при достижении скорости v равна запасу кинетической энергии:

$$W_{\text{дин}} = W_{\text{кин}} = (m \cdot v^2 / 2) . \quad (23)$$

Аналогично при вращательном движении

$$M = J \cdot \varepsilon = J \cdot (d\omega/dt) , \quad (24)$$

$$W_{\text{дин}} = W_{\text{кин}} = J \cdot (\omega^2 / 2) , \quad (25)$$

где $J = \int r^2 dm$ – момент инерции тела массой m .

В таблице 5 приведены расчетные формулы для определения моментов инерции часто встречающихся вращающихся тел.

Таблица 5 – Моменты инерции некоторых вращающихся тел

Тело	Расположение оси вращения	Момент инерции J
Круглое кольцо, тонкое	Перпендикулярно плоскости кольца	$J = m \cdot r^2$
Сплошной цилиндр	Продольная ось	$J = m \cdot r^2 / 2$
Полый цилиндр, толстостенный	Продольная ось	$J = m \cdot (r_1^2 + r_2^2) / 2$
Круглый диск	Перпендикулярно плоскости диска	$J = m \cdot r^2 / 2$
Круглый диск	Ось вращения в плоскости диска	$J = m \cdot r^2 / 4$
Шар	Через центр	$J = 2 \cdot m r^2 / 5$
Сфера	Через центр	$J = 2 \cdot m r^2 / 3$
Стержень тонкий (длина l)	Перпендикулярно стержню, в середине	$J = m \cdot l^2 / 12$

Если ось вращения не проходит через центр тяжести тела (рисунок 2), то момент инерции относительно оси A определяется по формуле

$$J_A = J_S + a^2 \cdot m , \quad (26)$$

где J_S – момент инерции относительно оси S ; a – расстояние между параллельными осями.

Приведение моментов сопротивления к валу двигателя производится на основе энергетического баланса. При этом потери мощности в звеньях кине-

матической цепи (различные передачи, редукторы и др.) учитываются введением в расчеты соответствующего КПД (таблица 6).

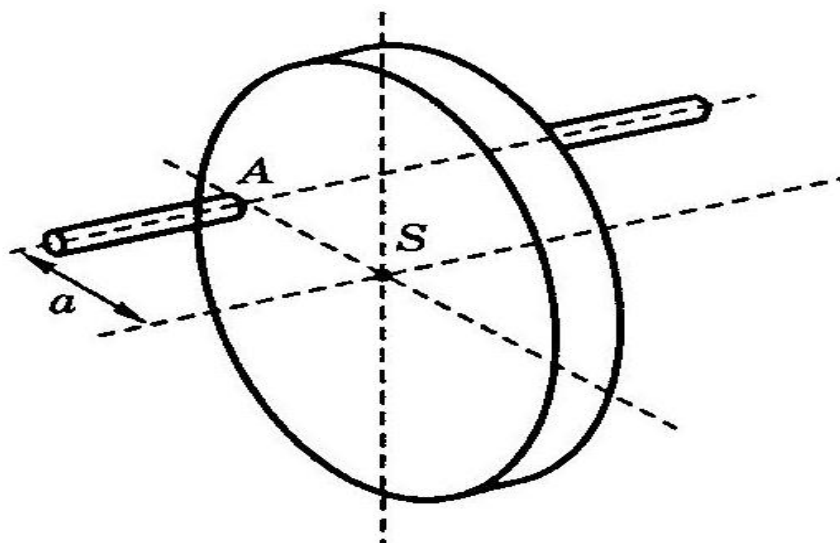


Рисунок 2 – К определению момента инерции

Таблица 6 – Значения КПД некоторых механических передач

Тип передачи	Закрытая (в масляной ванне)	Открытая
Зубчатая передача: цилиндрическими колесами	0,96...0,98	0,93...0,95
коническими колесами	0,96...0,97	0,92...0,94
Червячная несамотормозящая передача при числе заходов червяка:		
$Z_{\text{ч}} = 1$	0,65...0,7	0,5
$Z_{\text{ч}} = 2$	0,7...0,75	0,6
$Z_{\text{ч}} = 3$	0,8...0,85	-
$Z_{\text{ч}} = 4$	0,85...0,90	-
Червячная самотормозящая передача	0,25...0,4	-
Кулачково – червячная передача	-	0,8...0,85
Цепная передача	0,94...0,97	0,9
Ременная передача	-	0,95...0,96
Фрикционная передача	0,9...0,96	0,7...0,88
Пара подшипников качения	0,99	-
Пара подшипников скольжения	0,8...0,85	-

На основе баланса мощностей получают:

$$M_C \cdot \omega_{\text{ДВ}} = M_{\text{СМ}} \cdot \omega_M / \eta_{\text{П}} , \quad (27)$$

откуда следует

$$M_C = M_{\text{СМ}} \cdot (\omega_M / \omega_{\text{ДВ}}) / \eta_{\text{П}} = M_{\text{СМ}} / (i \cdot \eta_{\text{П}}) , \quad (28)$$

где M_{CM} – момент сопротивления рабочего органа (производственного механизма); M_C – тот же момент, но приведенный к валу двигателя; $i = \omega_{ДВ}/\omega_M$ – передаточное отношение трансмиссии; $\eta_{П}$ – общий КПД всех передач трансмиссии.

Следовательно, величина M_C может быть как меньше M_{CM} (встречается гораздо чаще), так и больше, в зависимости от значения передаточного отношения трансмиссии (анalogии: рычаг с различными соотношениями плеч; трансформатор понижающий и повышающий).

При наличии в трансмиссии n передач между двигателем и рабочим органом (см. рисунок 1, б) с передаточными отношениями $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ и КПД $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n$ приведенный момент сопротивления будет

$$M_C = M_{CM} \cdot (1/i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n) \cdot (1/\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n) . \quad (29)$$

Если вращательное движение вала двигателя преобразуется в поступательное движение рабочих органов (см. рисунок 1, в, г, д), то приведение сил сопротивления производится аналогично.

$$M_C \cdot \omega_{ДВ} = F_{CM} \cdot v / \eta_n , \quad (30)$$

где F_{CM} – сила сопротивления рабочего органа.

Приведенный момент в этом случае:

$$M_C = (F_{CM} \cdot v) / (\omega_{ДВ} \cdot \eta_n) . \quad (31)$$

Приведение моментов инерции к одной оси вращения также основано на законе сохранения энергии, а именно: суммарный запас кинетической энергии движущихся частей, отнесенный к одной оси, остается неизменным. При этом

$$J \cdot \omega_{ДВ}^2 / 2 = J_{ДВ} \cdot \omega_{ДВ}^2 / 2 + J_1 \cdot \omega_1^2 / 2 + J_2 \cdot \omega_2^2 / 2 + J_3 \cdot \omega_3^2 / 2 + \dots + J_n \cdot \omega_n^2 / 2 , \quad (32)$$

Отсюда суммарный момент инерции, приведенный к валу двигателя

$$J = J_{ДВ} + J_1 \cdot (\omega_1 / \omega_{ДВ})^2 + J_2 \cdot (\omega_2 / \omega_{ДВ})^2 + J_3 \cdot (\omega_3 / \omega_{ДВ})^2 + \dots + J_n \cdot (\omega_n / \omega_{ДВ})^2 , \quad (33)$$

где $J_{ДВ}$ – момент инерции ротора двигателя и других элементов, установленных на валу, например, муфта, шкив, звездочка и т.д.

В каталогах иногда указывают маховые моменты роторов электродвигателей. Момент инерции $J_{ДВ}$ связан с маховым моментом $m \cdot d^2$ соотношением

$$J_{ДВ} = (m \cdot d^2) / 4 , \quad (34)$$

где m – масса ротора, кг; d – диаметр ротора, м.

При наличии масс, движущихся поступательно (см. рисунок 1, в, г, д), приведение выполняется аналогичным образом:

$$J \cdot \omega_{ДВ}^2 / 2 = m \cdot v^2 / 2 . \quad (35)$$

При наличии вращающихся и поступательно движущихся элементов суммарный приведенный момент определяется на основании (33) и (35)

$$J = J_{ДВ} + J_1 \cdot (1/i_1^2) + J_2 \cdot (1/i_2^2) + J_3 \cdot (1/i_3^2) + \dots + J_n \cdot (1/i_n^2) . \quad (36)$$

Таким образом, в результате приведения реальная кинематическая схема заменяется расчетной энергетически эквивалентной одномассовой схемой (см. рисунок 1, а).

5.3.5.3 Уравнение движения электропривода

При работе машин силами сопротивления, действующими на их рабочие органы, и различными силами трения в механизмах на валу электродвигателя создается момент сил сопротивления M_C . При вращении вала двигателя с постоянной скоростью крутящий момент M , развиваемый двигателем, равен и противоположно направлен моменту сил сопротивления M_C . При всяком изменении M или M_C скорость вращения вала двигателя изменяется. Этот процесс можно описать уравнением, называемым уравнением движения:

$$M = M_C \cdot M_i = M_C + J \cdot (d\omega/dt), \quad (37)$$

где M , M_C , M_i – вращающий момент двигателя, момент сил сопротивления, называемый также статическим моментом, динамический момент, обусловленный силами инерции движущихся масс машины соответственно, Н·м; J – момент инерции подвижных масс машины, приведенный к валу двигателя, (Н·м·с²) или (кг·м²); $d\omega/dt$ – угловое ускорение вала двигателя, с⁻².

При установившемся движении скорость вращения постоянна и динамический момент M_i равен нулю. При $d\omega/dt \neq 0$ в электроприводе имеет место переходный процесс, причем при $d\omega/dt > 0$ ускорение, а при $d\omega/dt < 0$ – замедление движения привода машины.

В машинах литейного производства переходные процессы возникают при пуске и торможении, при всяком изменении момента сил сопротивления или крутящего момента двигателя. Многие машины и их электроприводы находятся в состоянии непрерывного переходного процесса. Это, например, различные смесители периодического действия, дробилки, выбивные решетки, машины для зачистки отливок, насосы гидрофицированных агрегатов и т.д.

В зависимости от скорости вращения вала момент двигателя M изменяется в соответствии с его т.н. механической характеристикой. Момент сил сопротивления M_C зависит от многих самых разнообразных факторов, например, количества и качества обрабатываемого вещества. Таким образом, моменты M и M_C непостоянны во времени и могут выражаться весьма сложными функциями, значительно усложняющими решение дифференциального уравнения (37). В таких случаях пользуются приближенными графическими или графоаналитическими методами решения [12], [13].

Обычно уравнение движения (37) решается в предположении постоянства моментов M и M_C во время переходного процесса. Тогда при изменении скорости вращения вала двигателя от ω_1 до ω_2 получают:

$$t = \int_{\omega_1}^{\omega_2} [(J \cdot d\omega)/(M - M_C)] = [J \cdot (\omega_2 - \omega_1)/(M - M_C)]. \quad (38)$$

Учитывая, что $\omega = \pi \cdot n/30$, где n – скорость вращения вала двигателя в оборотах в минуту, получают

$$t = [J \cdot (n_2 - n_1)]/[9,55 \cdot (M - M_C)] \quad (39)$$

При $n_1 = 0$ и $n_2 = n$ из соотношения (23) определяют продолжительность пуска t_{II} двигателя машины, приняв в качестве M так называемый пусковой

момент электродвигателя M_{II} , обычно превышающий номинальный момент M в несколько раз (рисунок 3):

$$t_{II} \approx (J \cdot n) / [10 \cdot (M_{II} - M_C)]. \quad (40)$$

Для пуска на холостом ходу $M_C = 0$, $\omega_1 = 0$, $\omega_2 = \omega_H$, при $M_{II} = const$

$$t_{II} = (J \cdot \omega_H) / M_{II} = (J \cdot n) / (10 \cdot M_{II}). \quad (41)$$

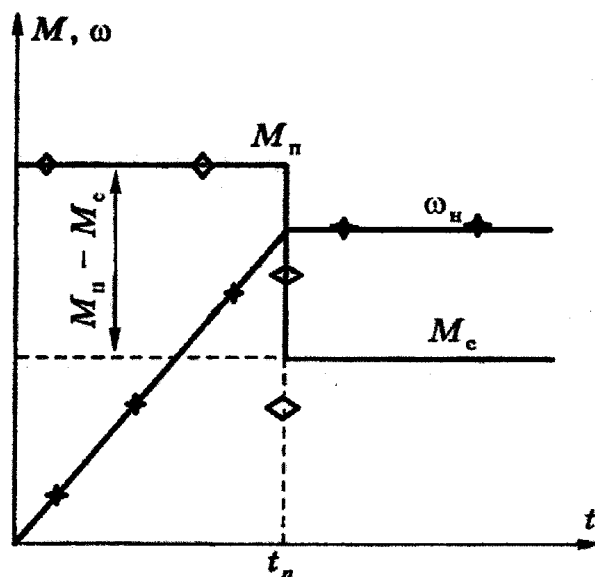


Рисунок 3 – График пуска электропривода

При $n_1 = n$ и $n_2 = 0$ продолжительность самоторможения t_T машины при обесточенном (выключенном) двигателе:

$$t_T \approx (J \cdot n) / (10 \cdot M_C). \quad (42)$$

При электрических способах торможения момент M двигателя направлен против вращения и входит в уравнение движения со знаком минус. Продолжительность торможения $t_{TЭ}$ в этом случае уменьшается и ее определяют из выражения (рисунок 4).

$$t_{TЭ} \approx (J \cdot n) / (10 \cdot M_C + M). \quad (43)$$

Из рисунков 3 и 4 видно, что при принятых допущениях зависимости $\omega(t)$ являются прямыми, наклон которых зависит от момента $(M - M_C)$ или $(M + M_C)$ и момента инерции.

Формулы (40)...(43) могут использоваться при разработке или корректировке циклограмм.

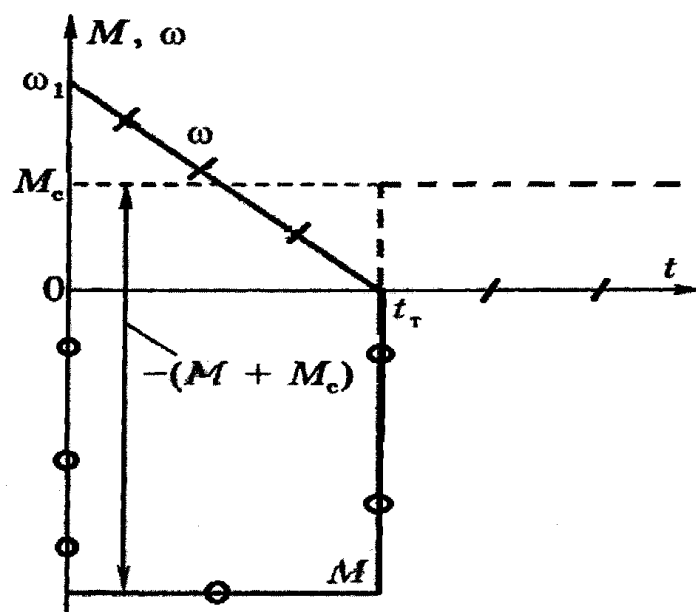


Рисунок 4 – График торможения электропривода

5.3.5.4 Общие сведения о выборе электродвигателя

Надежная и экономичная работа электропривода возможна только при соответствии двигателя режимам, в которых он должен работать совместно с рабочими органами, и ожидаемой нагрузке.

Перечисленные выше параметры: производительность, конструктивные размеры основных рабочих органов машины, действующие на них силы, а также кинематические характеристики в совокупности определяют требуемое количество энергии для ее привода.

Единой методики определения мощности привода машины не существует ввиду большого разнообразия их типов, а также технологических процессов и операций, которые осуществляются на этих машинах, предназначенных для переработки различных веществ.

В курсе «Оборудование литейных цехов» рассматривались формулы и рекомендации для расчета полезной мощности различных групп технологического оборудования. В этой связи, в первую очередь необходимо определить, к какой из известных групп оборудования относится разрабатываемое или модернизируемое оборудование, и в соответствии с аналогами определить полезную мощность. Далее необходимо определить потери мощности, обусловленные режимом работы, особенностями перерабатываемого сырья и материалов, конструкцией привода и т.д. Эти коррективы учитываются путем введения соответствующих коэффициентов: коэффициент запаса, коэффициент динамичности и т.д. Кроме того, надо учитывать, что в целом ряде технологических машин, перерабатывающих вязкие вещества, пусковая мощность может значительно превысить номинальную, вычисленную для установившегося режима, в связи с значительным изменением свойств вещества при его переработке. Подобное явление может наблюдаться и при пусках после аварийных остановок машины во время выполнения технологического процесса. Следовательно,

необходимо еще раз очень внимательно рассмотреть технологический процесс машины, с тем чтобы определить моменты времени, в которые потребление энергии достигает наибольших значений, и исходя из этого рассчитывать мощность привода машины.

В основе методик расчета мощности привода машины лежит общее положение: при равномерном движении потребная мощность (Вт) равна работе, совершенной в единицу времени (см. формулы (19), (21)).

Формула (21) может применяться при расчете мощности, затрачиваемой на трение в подшипнике. В этом случае M_{TP} равен:

$$M_{TH} = f \cdot G \cdot d / 2 , \quad (44)$$

где f – коэффициент трения в подшипнике; G – сила тяжести вращающегося на валу тела, приходящаяся на этот подшипник, Н; d – диаметр цапфы подшипника скольжения или диаметр окружности центров тел качения в подшипниках качения, м.

В ряде машин, в основном транспортирующих, момент сил сопротивления обусловлен силами трения в механизмах. При запуске момент сил сопротивления у таких машин в 2...3 раза больше, чем при установившемся режиме, так как коэффициент трения покоя значительно больше коэффициента трения движения. Несмотря на это, момент сил сопротивления обычно считают постоянным и следят лишь за тем, чтобы пусковой момент двигателя был больше момента сил сопротивления при пуске.

Таким образом, если нагрузка на рабочем органе в течение времени существенно не изменяется, то, определив ее и умножив на скорость рабочего органа, можно определить мощность для приведения в движение этого органа.

Часто в машинах кинематическая цепь разветвляется для привода нескольких рабочих органов или транспортирующих устройств. В этих случаях мощности для их привода суммируются на валу, на котором начинается разветвление кинематической цепи.

Сумма мощностей всех рабочих органов дает общую (полезную) мощность привода. Учтя все сопротивления, находят суммарную мощность, необходимую для преодоления полезных и вредных сопротивлений, по которой можно выбирать мощность приводного электродвигателя машины.

При выборе электродвигателя следует стремиться использовать асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, как наиболее надежные, простые по устройству, экономичные, требующие минимального ухода. В случае, если не удастся подобрать такие двигатели, следует искать подходящий синхронный двигатель переменного тока. Использование электропривода постоянного тока допустимо лишь в том случае, если указанные выше электродвигатели не удовлетворяют требованиям технологии по условиям регулирования скорости, плавности пуска и торможения и т.д.

Основным требованием при выборе электродвигателя является соответствие его мощности условиям технологического процесса. Определяющими при выборе мощности являются нагрев его обмоток, а также возможные кратковременные перегрузки. Следовательно, можно сформулировать требование:

при работе двигателя температура изоляции обмоток не должна превышать предельно допустимых значений для используемого класса изоляции.

При недостаточной мощности будет повышенный нагрев, ускоренное старение изоляции и выход двигателя из строя; возможно нарушение нормальной работы машины, снижение ее производительности и даже возникновение аварийной ситуации.

При завышенной мощности растут начальная стоимость привода, потери энергии из-за снижения КПД, а для асинхронного – и коэффициента мощности.

При переменном характере нагрузки вторым критерием выбора мощности двигателя (кроме нагрева) является обеспечение преодоления возможных перегрузок пикового характера. При пиках нагрузки инерционные массы отдают часть запаса кинетической энергии, облегчая работу двигателя. При таких нагрузках иногда искусственно увеличивают момент инерции, приведенный к валу двигателя, устанавливая маховик. Поэтому выбранный по условию нагрева двигатель должен быть проверен по перегрузочной способности. Методика такой проверки изложена в [12].

Таким образом, рекомендуется следующий порядок выбора электродвигателя [12]:

- 1) расчет мощности и предварительный выбор двигателя;
- 2) проверка выбранного двигателя по условиям пуска и перегрузки;
- 3) проверка выбранного двигателя по нагреву.

Если выбранный в п.1 двигатель удовлетворяет условиям пп. 2 и 3, то на этом выбор заканчивается, если не удовлетворяет, то выбирают другой двигатель, как правило, большей мощности, и проверка повторяется.

Основой для расчета мощности и выбора двигателя является нагрузочная диаграмма и диаграмма скорости (тахограмма) рабочих органов машины.

Нагрузочная диаграмма машины – это зависимость приведенных к валу двигателя статических моментов нагрузки всех рабочих органов от времени $M_C(t)$.

При предварительном выборе двигателя по известной нагрузочной диаграмме можно найти средний момент статической нагрузки $M_{C.sp}$ за цикл работы машины:

$$M_{C.sp} = \sum_{i=1}^n M_{Ci} \cdot t_i / \sum t_i, \quad (45)$$

где M_{Ci} – момент статической нагрузки на i – м интервале, продолжительность которого t_i ; n – число интервалов в цикле работы машины.

Номинальный момент выбираемого двигателя определяют из выражения:

$$M_H = K_3 \cdot M_{C.sp}, \quad (46)$$

где $K_3 = 1,1 \dots 1,5$ – коэффициент, учитывающий динамические режимы работы привода; должен быть тем больше, чем резче пики нагрузки рабочей машины и больше включений в час должен иметь двигатель.

Диаграмма скорости – это зависимость средней скорости движения рабочих органов, приведенных к валу двигателя, от времени; изображается в виде графика $\omega(t)$.

На рисунке 5, а, б в качестве примера приведены нагрузочная диаграмма и тахограмма рабочей машины; на рисунке 5, в, г – график динамического момента (пуск и торможение) и момента двигателя $M(t)$. Цикл состоит из участков разгона t_p , движения с установившейся скоростью t_{ycm} , торможения t_m и паузы t_0 . Время цикла $t_{\text{ц}} = t_p + t_{ycm} + t_m + t_0$. На примере приведенных диаграмм порядок расчета мощности, предварительного выбора и проверки двигателя следующий.

1. Ориентировочно определяется номинальный момент двигателя по формулам (29), (31). Для диаграммы на рисунке 5 $M_{C.cp} = M_C = const$.

2. Определяется номинальная скорость двигателя. Для рассматриваемого случая (см. рисунок 5) $\omega_H = \omega_{ycm}$.

3. Рассчитывается номинальная мощность двигателя $P_H = M_H \cdot \omega_H$.

4. По каталогу выбирается электродвигатель ближайшей большей мощности и скорости соответствующего исполнения.

5. Проводится проверка выбранного двигателя по перегрузочной способности.

Момент двигателя, в зависимости от времени, на основании уравнения движения

$$M = M_C + J \cdot (d\omega / dt) = M_C + M_{дин} . \quad (47)$$

Для примера (рисунок 5, б), ускорение $(d\omega/dt) = const$; $M_{дин} = const$. Следовательно, нагрузочная диаграмма двигателя представляет собой алгебраическую сумму моментов M_C и $M_{дин}$ в зависимости от времени (рисунок 5, г). Таким образом, для рассматриваемого случая должно выполняться условие:

$$M_{ПУСК} > M_1 \quad \text{или} \quad M_{МАХ} > M_1, \quad (48)$$

если динамический режим возникает не при пуске двигателя, а, например, в результате сопротивлений со стороны обрабатываемого вещества. Здесь $M_{ПУСК}$ и $M_{МАХ}$ – пусковой и максимальный моменты электродвигателя; для асинхронных трехфазных двигателей эти моменты могут превосходить номинальный момент в 2...3 и более раз. Если выбранный двигатель удовлетворяет условиям (31), то проводится проверка по его нагреву.

5.3.5.5 Нагрев и охлаждение электродвигателей

В соответствии с международной классификацией предусматривается восемь номинальных режимов работы электродвигателей, в зависимости от условий их нагрева, имеющих условные обозначения S1...S8.

S1 – продолжительный номинальный режим работы электрической машины при неизменной нагрузке, продолжающийся столько времени, что превышение температуры всех ее частей достигает установившегося значения. В таком режиме работают двигатели насосов, воздуходувок, компрессоров, барабанных сушил, галтовочных барабанов непрерывного действия и т.д.

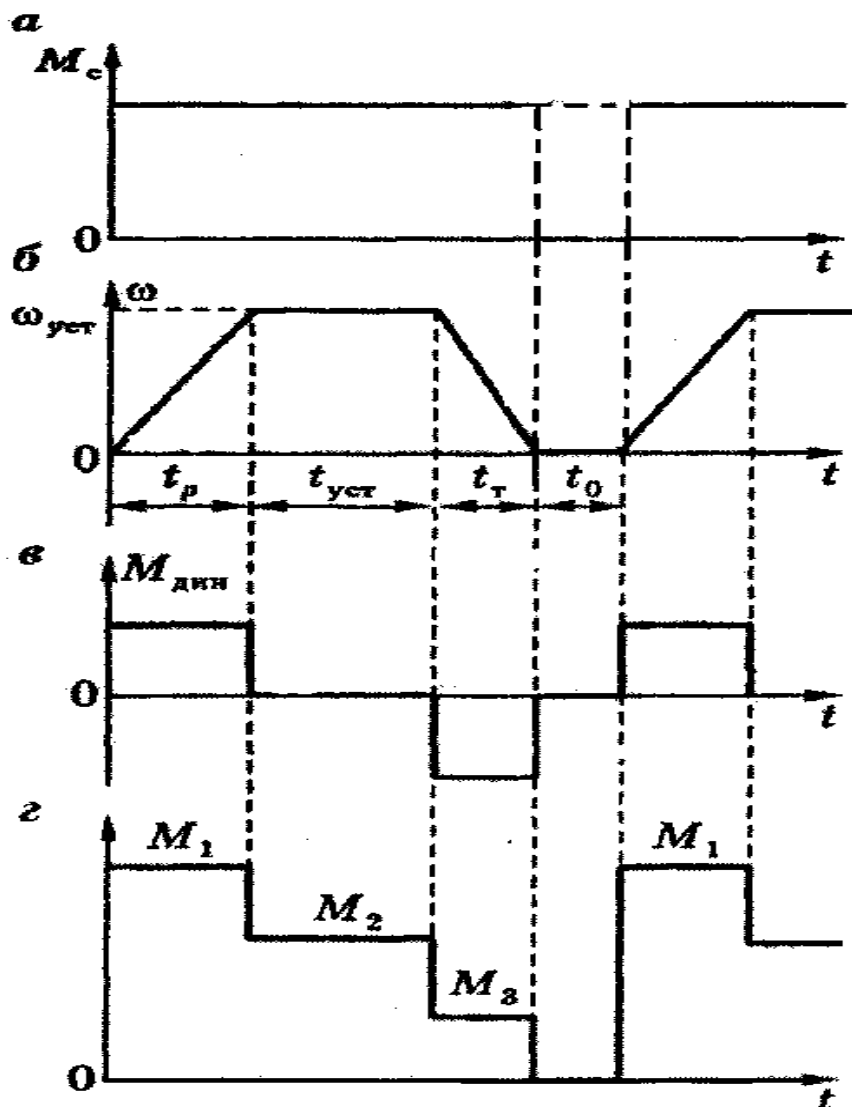


Рисунок 5 – К расчету мощности и проверке двигателя:

a – нагрузочная диаграмма рабочего органа; *б* – диаграмма скорости вала двигателя; *в* – график динамического момента; *г* – зависимость момента двигателя от времени

S2 – кратковременный номинальный режим работы, при котором периоды неизменной нагрузки чередуются с паузами; при этом за время работы температура двигателя не достигает установившегося значения, а за время отключения (паузы) все части двигателя охлаждаются до температуры окружающей среды ($40\text{ }^\circ\text{C}$). Стандартные значения длительности работы – 10, 30, 60, 90 минут. В таком режиме работают двигатели различных вспомогательных механизмов машин: дозаторов периодического действия, фиксаторов, толкателей и т.п.

$S3$ – повторно – кратковременный номинальный режим работы, при котором периоды неизменной нагрузки чередуются с паузами, причем за время работы и пауз температура не достигает установившихся значений. При этом максимальная продолжительность цикла $t_{\Sigma} = t_P + t_0$ принята равной 10 минутам, а сам режим характеризуется продолжительностью включения $ПВ\%$

$$ПВ\% = (t_P / t_{\Sigma}) \cdot 100\% . \quad (49)$$

Стандартные значения $ПВ$ составляют 15, 25, 40, и 60%. В таком режиме работают двигатели основных механизмов машин циклического действия высокой производительности – выбивных решеток, смесителей и дробеметных камер периодического действия, кантователей и т.д.

Режимы $S4...S8$ являются более сложными, включают периоды пуска, холодного хода, торможения, реверса, работы при разных скоростях. Основным же остается то, что по диаграммам нагрузки в итоге определяются допустимые потери.

В дальнейшем оценка нагрева двигателя проводится только для режимов $S1, S2, S3$.

5.3.5.6 Проверка двигателей для продолжительного режима работы

В режиме $S1$ двигатели могут работать с постоянной или переменной (циклической) нагрузкой.

Графики, приведенные на рисунке 6, соответствуют постоянной нагрузке режима $S1$. При этом $\omega = const, P = M \cdot \omega = const$, двигатель подбирается по условию $P < P_H$, следовательно, выполняется и условие: потери двигателя $\Delta P < \Delta P_H$, температура двигателя $\Theta_{MAX} = \Theta_{уст} < \Theta_{доп}$, где $\Theta_{доп}$ – допустимое превышение температуры (свыше 40 °С); $P_H, \Delta P_H$ – номинальные мощность и потери двигателя соответственно. Очевидно, что здесь не потребуются дополнительных расчетов по проверке теплового режима двигателя. Если в каталоге нет двигателя по рассчитанной мощности, то выбирается ближайший больший по мощности.

Если в режиме $S1$ нагрузка на валу периодически изменяется, то периодически будут изменяться потери в двигателе и его температура. Обязательным остается условие

$$\Theta_{MAX} < \Theta_{доп} . \quad (50)$$

Отметим, что Θ_{MAX} – усредненное значение температуры, а сама оценка нагрева двигателя может быть выполнена различными методами. Наиболее просты методы эквивалентного момента или эквивалентной мощности.

Метод эквивалентного момента используется при известном графике $M(t)$. Условие соблюдения нормального теплового режима в этом случае будет выглядеть:

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{1}{t_{\Sigma}} \cdot \sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i} < M_H . \quad (51)$$

При методе эквивалентной мощности условия соблюдения теплового режима записываются в виде

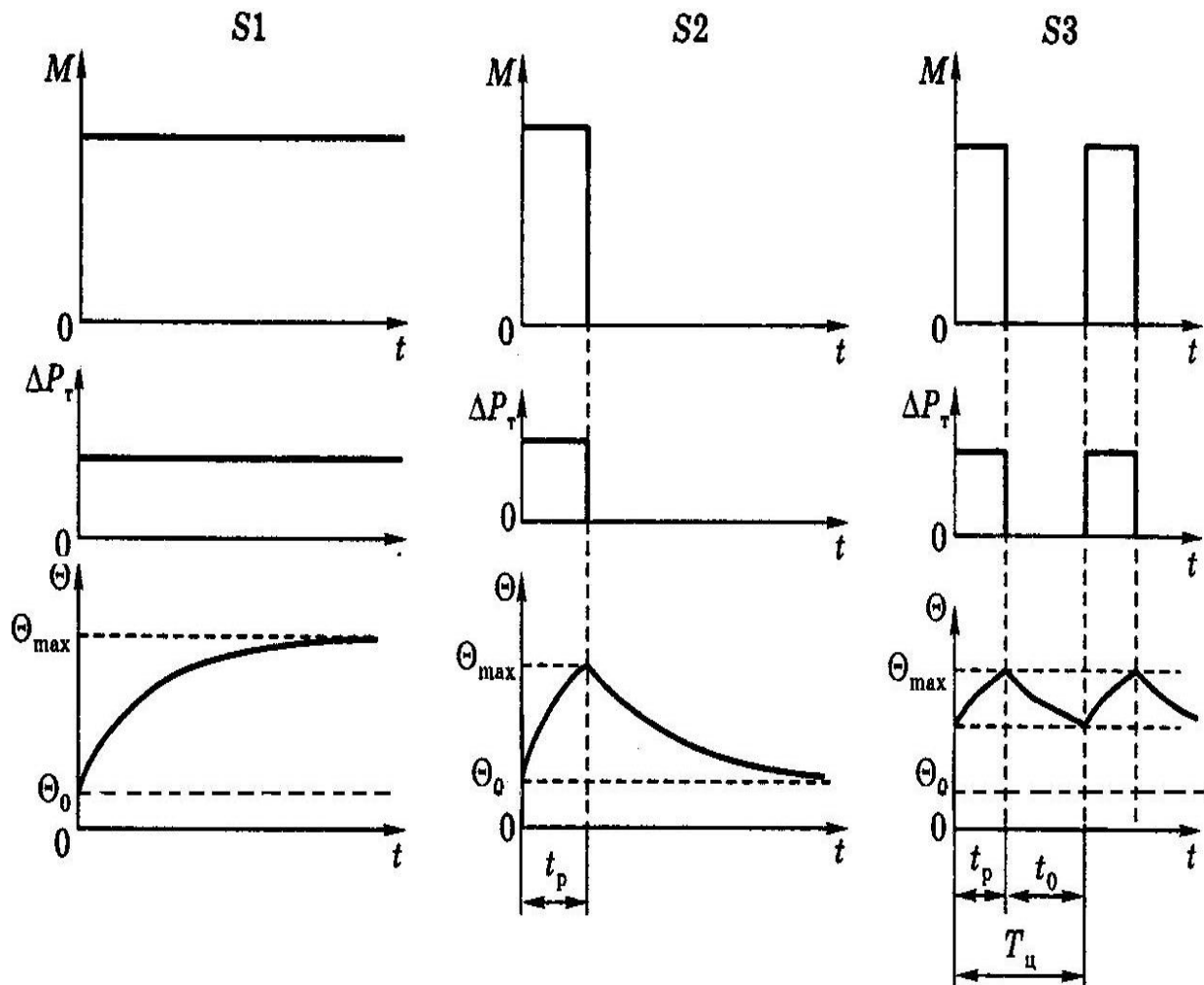


Рисунок 6 – Наиболее распространенные режимы работы электродвигателей:
S1 – продолжительный номинальный режим;
S2 – кратковременный номинальный режим;
S3 – повторно – кратковременный номинальный режим.

$$P_{\Theta} = \sqrt{\frac{1}{t_{\text{ц}}} \cdot \sum_{i=1}^n (M_i \cdot \omega_H)^2 \cdot t_i} = \sqrt{\frac{1}{t_{\text{ц}}} \sum_{i=1}^n P_i^2 \cdot t_i} = M_{\Theta} \cdot \omega_H < M_H \cdot \omega_H . \quad (52)$$

5.3.5.7 Проверка двигателей, работающих в кратковременном режиме

При кратковременном режиме работы *S2* (см. рисунок 6) двигатель в течение времени t_p нагружен мощностью P_K , а затем длительное время отключен, так что его температура достигает температуры окружающей среды. За время работы температура двигателя не успевает достигнуть установившегося значения.

Для полного использования в режиме *S2* двигателя, предназначенного для режима *S1*, его следует перегружать, то есть $P_K > P_H$. Степень перегрузки зависит от продолжительности времени работы и постоянной времени нагрева двигателя. При этом к концу рабочего периода температура двигателя не должна превышать предельно допустимого значения.

Для количественной оценки возможной перегрузки пользуются коэффициентами термической и механической перегрузки, методика расчета которых приведена в [12].

Промышленность выпускает специальные двигатели для номинального кратковременного режима $S2$. Основная их особенность – повышенные перегрузочная способность и постоянные потери. Предполагается, что двигатель при номинальной нагрузке P_{KH} за каталожное время – 10, 30, 60 или 90 минут (нормированное) нагревается до допустимой температуры. В таких двигателях проверка по нагреву требуется, если нагрузочная диаграмма не соответствует номинальным данным двигателя по времени работы t_P и мощности P_K . Порядок проверки по нагреву также изложен в [12].

5.3.5.8 Проверка двигателей для повторно – кратковременного режима работы

Основными показателями режима $S3$ являются момент M на рабочих участках t_P , продолжительность интервалов работы t_P и пауз t_0 , величина относительной продолжительности включения $ПВ$ %.

Для режима $S3$ выпускаются специальные серии двигателей. В каталогах указывается номинальная мощность P_H для стандартной продолжительности включения $ПВ = 15, 25, 40$ и 60% . При этом длительность цикла $t_{ц} \leq 10$ минут. Если мощность и $ПВ$ по нагрузочной диаграмме равны или близки к номинальным, то проверка двигателей по нагреву не требуется. Если указанные величины отличаются от нормативных, требуется проверка термической перегрузки, порядок которой также изложен в [12].

С целью уменьшения объемов вычислений, для режимов $S2$ и $S3$ студенты должны ограничиваться лишь подбором необходимых двигателей с указанием отклонений действительных режимов от стандартных. Проверки двигателей по перегрузкам проводятся в исключительных случаях по указанию руководителя проекта.

После окончания подбора двигателя его основные параметры необходимо указать на кинематической схеме. В некоторых случаях, по указанию руководителя проекта, необходимо произвести подбор и расчеты элементов трансмиссии – редукторов, муфт, различных передач и т.д. Методика подбора редукторов изложена в [14].

5.3.6 Прочностные, конструктивные, динамические расчеты

Подлежащие к выполнению расчеты должны относиться к тем сборочным единицам и деталям, на которые разрабатываются чертежи графической части проекта. Рекомендуемый порядок проведения расчетов изложен выше (см. п. 5.3).

При проектировании любой машины или аппарата необходимо рассчитывать различные механические передачи и их отдельные элементы, соединения, муфты, валы и оси, подшипники, корпуса и другие детали.

Эти расчеты проводятся как с целью определения оптимальных конструктивных размеров механизмов и деталей, так и с целью проверки их на прочность, надежность и долговечность.

Важным показателем совершенства конструкции является условие равнопрочности и равной долговечности элементов. Наличие в конструкции хотя бы одного недостаточно прочного или долговечного элемента снижает надежность конструкции в целом. На практике часто встречаются случаи, когда различные элементы конструкции рассчитывают на различный ресурс наработки до предельного состояния. Например, валы, как правило, рассчитывают на неограниченный, а подшипники на ограниченный ресурс работы. При этом допускают замену подшипников при плановых ремонтах. Расчет подшипников на больший ресурс мог бы привести к неоправданному завышению массы и габаритов конструкции в целом. Ограниченный ресурс имеют цепи, ремни и некоторые другие элементы. Важно, чтобы ни один из этих элементов не выходил из строя раньше намеченного срока очередного планового ремонта.

Практически все рекомендации в области расчетов на прочность с исчерпывающей полнотой приводятся в учебной и справочной литературе по сопротивлению материалов и деталям машин, в различных пособиях по проектированию, в которых часто приводятся расчетные схемы, порядок расчетов и конкретные примеры.

Наиболее ценны расчеты сложных нестандартных деталей, отличающиеся от расчетов простейших деталей машин.

Необходимо помнить, что очень важным этапом расчетов на прочность во многих случаях является составление расчетной схемы. Правильность ее составления во многом определяет правильность полученного результата. Именно разработка расчетных схем чаще всего затрудняет студентов, которым можно рекомендовать перед проведением расчета проконсультироваться у руководителя проекта по разработанному варианту расчетной схемы.

Текстовый и расчетный материал рекомендуется, по возможности, максимально сопровождать иллюстрациями (схемами, эпюрами и т.д.). Эскизы или схемы допускается вычерчивать в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление о рассчитываемом изделии.

В каждом случае студент определяет примерно следующие характеристики и условия работы проектируемой конструкции:

- 1) Род материала конструкции (пластичный, хрупкий и т.п.);
- 2) Характер нагрузки (постоянная, пульсирующая, знакопеременная, ударная и т.д.), ее направление, величину и расчетную комбинацию;
- 3) Температурные условия, при которых работает конструкция;
- 4) Характер и род деформаций в частях конструкции;
- 5) Габариты, за пределы которых не должны выходить размеры;
- 6) Условия эксплуатации (изнашивание, выгорание, действие коррозии и т.д.), сопровождающие работу конструкции.

Некоторые данные, необходимые для расчетов, например, размеры и геометрические параметры, можно брать со сборочных или рабочих чертежей, а после проведения расчетов производить корректировку чертежей.

При выполнении курсового проекта для проведения конструктивных и прочностных расчетов рекомендуется пользоваться справочными данными, представленными в приложениях И – Н.

Динамические расчеты выполняются для:

- 1) определения сил или моментов, действующих на механизм машины при известных параметрах его движения (скоростей, ускорений); после определения их величины они могут быть использованы в прочностных расчетах;
- 2) определения параметров движения механизма (скоростей, ускорений) при известных действующих на него силах, моментах; после определения их величины они могут быть использованы для проверки режимов работы, главным образом, рабочих органов машины;
- 3) расчетов уравнивания машины или ее механизмов.

Все динамические расчеты проводятся на основе законов и методов теоретической механики и теории механизмов и машин.

Наиболее сложны расчеты по уравниванию. Механизм или машина считаются уравновешенными, если во время работы механизма результирующая всех сил, действующих на опоры стойки (станины, фундамента), и результирующий момент этих сил остаются постоянными по величине и направлению. В противном случае механизм считается неуравновешенным. Влиять на указанные результирующие силу и момент могут только внешние (по отношению к рассматриваемому механизму) силы и моменты, а также массы звеньев механизма, движущихся с ускорениями. Внутренние силы и моменты, приложенные к звеньям механизма, всегда существуют попарно (например, давление газов действует и на поршень, и на крышку цилиндра), и поэтому их суммарное действие на стойку или фундамент равно нулю. Во многих случаях внешние силы и моменты вообще отсутствуют или настолько малы, что ими можно пренебречь. В других случаях внешние силы и моменты остаются практически постоянными и, значит, неуравновешенности не создают.

Скорости машин непрерывно растут, силы инерции могут достигать больших величин и значительно превосходить внешние силы. Поэтому вопросы уравнивания стали весьма актуальными и главной задачей уравнивания становится задача уравнивания сил инерции. Нужно добавить, что при работе механизма силы инерции могут непрерывно изменяться по величине и направлению, из-за чего опоры и фундамент расшатываются, а при недостаточной жесткости начинают вибрировать. Последнее особенно опасно, если частота вибраций, вызванных силами инерции, совпадает с частотой собственных колебаний станины, т.е. при наличии резонанса.

Уравнивание можно проводить различными способами:

- 1) при помощи уравнивающих грузов;
- 2) при помощи колеблющихся в противофазе или возвратно – поступательно движущихся встречно одинаковых масс;
- 3) при помощи пружин.

При первом способе, наиболее распространенном, на механизме закрепляют дополнительные грузы. Величину и расположение масс грузов рассчитывают так, чтобы их силы инерции уравнивались силами инерции движущихся

ся масс деталей механизма. Недостаток способа – утяжеление механизма, при этом обычно не удается достичь полного уравновешивания.

Идея второго способа уравновешивания заключается во взаимном уравновешивании механизма его же деталями, движущимися встречно с одинаковыми скоростями и ускорениями. Это наилучший метод уравновешивания, но его можно использовать только при наличии четного количества одинаковых деталей, что на практике встречается редко.

Третий способ уравновешивания основан на том, что колеблющаяся масса при движении от среднего положения к крайнему (мертвому) деформирует пружину, аккумулирующую кинетическую энергию этой массы и возвращающую ее этой массе при обратном ходе. При сжатии пружины усилие от нее передается на станину, т.е. при этом способе можно разгрузить от переменных нагрузок только движущиеся детали механизма, не освобождая от них корпус (станину).

6 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Материал специальной части оформляется в пояснительной записке отдельным (вторым) разделом. Структуризация материала определяется автором совместно с руководителем. Подразделы специальной части перечисляются в общем содержании с указанием номеров страниц. В качестве основных направлений работы при выполнении раздела могут быть выбраны направления, указанные в подразделе 6.1 настоящего пособия.

Объем этой части пояснительной записки должен составлять 0...6 страниц.

6.1 Специальные расчеты

Помимо перечисленных ранее расчетов при выполнении курсового проекта могут выполняться и специальные расчеты: теоретические, пневматические, гидравлические, теплотехнические и т.д. Они условно относятся к специальным и в зависимости от содержания курсового проекта могут выполняться на различных этапах проектирования и быть вспомогательными либо определяющими. В последнем случае они тесно связаны с технологическими расчетами и могут входить в их состав. Ввиду значимости и особой роли такие расчеты выделяются в проекте в отдельный раздел.

Соответствующие рекомендации по конкретным видам расчетов можно найти в специальной или учебной литературе после консультации с руководителем проекта [15]...[24].

6.1.1 Расчеты пневматических и гидравлических приводов

Помимо электропривода в литейном производстве широко используются машины с пневматическим приводом. Пневмоприводы устанавливаются на формовочные машины, различный ручной инструмент (пневмотрамбовки, пневма-

тические рубильные молотки, пневматические шлифовальные машины и т.д.), подъемники, толкатели и другие вспомогательные механизмы.

По мере совершенствования оборудования литейного производства (увеличения развиваемых ими усилий и расширения скоростного диапазона), а также создания принципиально новых конструкций машин стал применяться и гидропривод.

Если электропривод применяется в машинах с вращательным движением рабочих органов, то пневматический и гидравлический приводы используются, в основном, для осуществления прямолинейных возвратно-поступательных движений рабочих органов, что позволяет значительно упростить конструкцию трансмиссии. Пневмоприводы обладают достаточно высоким быстродействием, пожаробезопасностью и высокой надежностью. Основными достоинствами гидропривода являются: возможность создания больших усилий сравнительно компактными исполнительными механизмами (гидроцилиндрами, гидромоторами), бесступенчатое регулирование скорости рабочих органов в широком диапазоне, плавный ход и бесшумность работы механизмов.

Расчеты пневматических и гидравлических приводов имеют ряд общих черт. При расчетах пневмо- и гидроприводов обычно требуется определять: диаметры поршней гидро- или пневмоцилиндров по известным требуемым усилиям; применяемые давления сжатого воздуха или нагнетаемой жидкости; скорости движения поршней пневмо- или гидроцилиндров; расходы сжатого воздуха или жидкости; внутренние диаметры подводящих и отводящих трубопроводов и т.п.

Вместе с тем, расчеты пневмо- и гидроприводов имеют и ряд существенных различий, обусловленных разными свойствами рабочих жидкостей этих приводов - сжатого воздуха и минерального масла. Минеральные масла, применяемые в гидроприводах, практически несжимаемы в широком диапазоне давлений, имеют сравнительно высокую вязкость и плотность. Сжатый воздух в пневмоприводах значительно легче масла, менее вязок и сильно меняет плотность при изменении давления, что усложняет расчеты пневмоприводов.

Методики расчетов пневмо- и гидроприводов приведены в [18], [19]; примеры расчетов пневмо- и гидроприводов содержатся в [18].

6.1.2 Тепловые расчеты

Некоторые процессы литейного производства протекают при повышенных температурах (отверждение стержней, сушка формовочных материалов, заливка и т.д.), в таких случаях при разработке или модернизации оборудования требуется проведение расчетов расходуемых теплоносителей, максимально достижимых температур обрабатываемых материалов или элементов конструкции машины.

Если отдельные узлы или детали машин литейного производства подвергаются воздействию высоких температур, может потребоваться разработка и применение тепловой изоляции, защиты или принудительного охлаждения. Прочность конструкционных материалов при нагревании существенно снижа-

ется, а износ механизмов, работающих при повышенных температурах, ускоряется. Тепловые расчеты обычно представляются в специальной части проекта.

В основе всех тепловых расчетов подобных узлов, механизмов, деталей лежат основополагающие уравнения материального теплового, а в некоторых случаях и материального балансов. При этом рассчитывают максимальные температуры нагрева, площадь поверхности теплообмена, конструктивные размеры, производят прочностные расчеты нагреваемых узлов и деталей и т.д.

Различают два вида тепловых расчетов:

1) конструктивный и 2) поверочный.

Конструктивный расчет производится тогда, когда известны параметры теплоносителей на входе и выходе и их расход или расход теплоты. В этом случае предварительно выбирают конструкцию узла (детали), затем определяют общую поверхность теплообмена, конструктивные размеры поверхности теплообмена и основных элементов, после чего рассчитывают на прочность основные нагреваемые детали.

Поверочные расчеты выполняют для определения возможности использования готовых узлов для заданного процесса или определенных условий, обеспечивающих оптимальный режим работы машины.

Конструктивные параметры узла (детали) зависят, прежде всего, от способа передачи теплоты. Тепловой расчет любого узла основан на совместном решении уравнений теплового баланса и основного уравнения теплопередачи.

Из уравнения теплового баланса можно найти количество теплоты, расходуемой на тепловой процесс, а также расход теплоносителей или хладагентов (например, электроэнергии, газа, пара или воды). Уравнение теплопередачи позволяет определить температуры нагрева, площадь поверхности теплообмена, необходимую для проведения теплообменного процесса.

Примеры расчета температур нагрева, расхода теплоносителей или хладагентов, определение поверхности теплопередачи, расчет основных конструктивных размеров узлов (деталей) приведены в некоторых литературных источниках [15],[16],[17].

7 НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

При выполнении курсового проекта с научно – исследовательской тематикой в пояснительной записке помещаются материалы проведенной научно – исследовательской работы (НИР) (постановка цели и задач, план проведения НИР, методики проведения экспериментов, описание и протоколы проведения экспериментов, результаты и т.д.).

Как указывалось выше, основная часть пояснительной записки состоит из литературно-патентного обзора и исследовательской части.

Необходимость проведения исследований обосновывается в литературно-патентном обзоре, находит отражение в выводах по обзору и формулируется в задачах проекта. В данном разделе необходимо отразить возможные методы решения поставленных задач и их оценку, обосновать выбор методики проведения научных исследований, провести анализ и обобщение известных резуль-

татов, обосновать необходимость проведения экспериментальных или теоретических исследований.

Методика проведения исследований, схема и описание экспериментальной установки, обработка результатов исследований и их представление в виде таблиц, графиков, диаграмм и т.д. являются содержанием исследовательской части. Она обычно содержит также описания назначения и содержания выполненных теоретических исследований, методы исследований и расчета, принцип действия разработанных устройств, их характеристику, оценку погрешности измерений; соответствие проведенных исследований поставленным задачам, оценку достоверности полученных результатов и их сравнение с известными.

Результаты научных исследований, выводы по ним, рекомендации зависят существенным образом от экспериментальных методов их получения. Поэтому описание методики эксперимента, четкость, ясность, однозначность формулировок, легко читаемые схемы имеют первостепенное значение при аргументации достоверности результатов опытов.

Описание методики проведения экспериментов, экспериментальных установок и приборов должно содержать: цель эксперимента; математическое, физическое либо другое обоснование теории эксперимента; подробное описание схемы и ее элементов; электрические схемы, схемы управления, способы выведения информации и ее фиксации; сведения о сроках, времени, условиях проведения экспериментов и объектах исследования; документально подтвержденные сведения по метрологическому обеспечению всех измерительных приборов и устройств (в виде актов и протоколов); описание мероприятий по технике безопасности при проведении опытов с приложением всех необходимых схем.

Важнейшим документом, отражающим все, что относится к эксперименту, является журнал, в котором ведут записи условий эксперимента, времени его проведения, протоколов измерений, таблиц экспериментальных данных, расчетов, диаграмм и полученных выводов. От тщательности и скрупулезности в ведении журнала во многом зависит успех эксперимента и всей научной работы.

Результаты эксперимента существенным образом зависят от подготовки к нему. При этом форма фиксации результатов тщательно продумывается: заготавливаются таблицы, протоколы, бланки, предусматривается детальное описание условий опытов с указанием времени и даты.

Математическая обработка результатов опытов заключается в оценке характера и величины отклонения измеряемых величин, выявлении связи между ними в виде графиков, уравнений регрессии, алгебраических или дифференциальных уравнений. Важную роль при этом играют методы математической статистики. Кроме уравнений регрессии, для описания связи изучаемых величин используют эмпирические формулы, подобранные специальными методами, различные прикладные программы для ЭВМ.

Приобретение определенных навыков обработки экспериментальных данных вышеназванными методами позволит освоить метод оптимального планирования экспериментов и их обработки.

Анализ полученных зависимостей, построение физической картины изучаемых явлений, ее анализ, оптимизация параметров и разработка рекомендаций по их реализации являются завершающей стадией обработки результатов экспериментов.

Исследовательская часть заканчивается выводами и рекомендациями по практическому или перспективному применению результатов исследований.

Заключение по выполненной НИР должно содержать краткие выводы по результатам работы и рекомендации по их использованию. Если последнее невозможно, – указывают народнохозяйственную, научную, социальную ценность полученных результатов.

Содержание пояснительной записки определяется заданием на проектирование и указаниями руководителя.

Результаты научно – исследовательской работы студент оформляет в виде пояснительной записки. Основой для оформления служит ГОСТ 7.32, однако в силу специфики учебного проекта возможны, а зачастую необходимы отступления от него главным образом при техническом оформлении пояснительной записки. В то же время оформление графиков, формул, иллюстраций, стиль изложения должны соответствовать ГОСТ 7.32: четкая и логическая последовательность изложения материала; убедительность аргументации и точность формулировок, исключая возможность неоднозначности толкования; конкретность изложения результатов работы; обоснованность рекомендаций, выводов, предложений.

8 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Проектирование – это процесс составления описания, необходимого для создания еще не существующего объекта (алгоритма его функционирования или алгоритма процесса), путем преобразования первичного описания, оптимизации заданных характеристик объекта или алгоритма его функционирования, устранения некорректности первичного описания и последовательного представления описаний на различных языках (ГОСТ 22487). Таким образом, проектирование объекта машиностроения можно представить как разработку комплексной документации (проекта), содержащей технико-экономические обоснования, расчеты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для разработки, производства и эксплуатации оборудования, изделий и т.п. [11].

8.1 Этапы проектирования

В машиностроении стадии разработки конструкторской документации установлены ГОСТ 2.103: техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая конструкторская документация.

Исходные данные для разработки проекта машиностроительного изделия составляет, как правило, заказчик в соответствии с ГОСТ 15.001. На основе изучения потребностей, современных достижений науки и техники, передового производственного опыта и т.д. заказчик разрабатывает и представляет разра-

ботчику заявку (по форме). Эта заявка содержит: цель и назначение продукции; ориентировочную потребность в заказе продукции, лимитную цену единицы продукции и т.д.

Исходные требования заказчика выполняются в виде приложения к заявке. Они содержат назначение и область применения, параметры и характеристику, условия эксплуатации, требования к монтажу, технологические и др. требования, расчет себестоимости, цены изделия.

Техническое задание (ТЗ) разрабатывается на основе заявки и исходных требований заказчика, результатов выполненных научно – исследовательских и опытно – конструкторских работ, экспериментальных исследований, научного прогнозирования, анализа передового технического опыта, технического уровня зарубежной и отечественной техники, изучения патентной документации с учетом базовых показателей качества.

Техническое задание является обязательным исходным документом на проектирование новых и модернизируемых изделий (машин, агрегатов, аппаратов и т.д.) в конструкторской документации на них.

Под модернизацией понимают такие изменения в конструкторской документации на изделие, которые влекут изменения основных параметров изделия и нарушают конструктивную и эксплуатационную взаимозаменяемость изготавливаемых изделий с изделиями, изготовленными ранее. Модернизируемому изделию присваивают новое обозначение.

Для курсового проекта роль технического задания играет задание к проекту. При выполнении курсового проекта студент обязан изучить основные положения, порядок построения и содержание разделов ТЗ по ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.106.

На основе ТЗ, согласованного с заказчиком, конструкторская организация разрабатывает техническое предложение и эскизный проект.

Техническое предложение (ГОСТ 2.103, ГОСТ 2.118) – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки документации изделия на основании анализа ТЗ и различных вариантов возможных решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующего изделий.

При разработке технического предложения выполняются следующие работы: выявление вариантов возможных решений и установление их особенностей (принцип действия, размещения и т.д.), их конструктивную проработку, проверку патентной чистоты, соответствие вариантов требованиям безопасной жизнедеятельности; сравнительную оценку рассматриваемых вариантов; выбор оптимального варианта конструктивного решения изделия и обоснование его выбора.

Эскизный проект (ГОСТ 2.103, ГОСТ 2.119) – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

В общем случае при разработке эскизного проекта проводят следующие работы: выполнение вариантов возможных решений, установление особенностей вариантов, их конструктивную проработку; оценку изделия на технологичность; оценку изделия по показателям стандартизации и унификации; оценку изделия в отношении его соответствия требованиям эргономики, технической эстетики; сравнительную оценку рассматриваемых вариантов; выбор оптимального варианта; обоснование выбора, подтверждение (уточнение) предъявляемых к заданию требований (техническая характеристика, показатели качества и т.д.).

Применительно к работе над курсовым проектом стадии технического предложения и эскизного проекта условно определяют в одну – поиск конструктивного решения. На этой стадии проводят работы по анализу прототипа заданного устройства, анализу аналогичных (по назначению и конструкции) машин или аппаратов, выявлению вариантов возможных решений, сравнительной оценке вариантов, выбору оптимального варианта и т.д.

При выборе варианта конструктивного решения уточняют требования технической эстетики и эргономики к разрабатываемому изделию, формируют художественно-конструкторскую задачу.

Дальнейшая работа над курсовым проектом соответствует определенным приближениям разработки технического проекта.

Технический проект (ГОСТ 2.103, ГОСТ 2.120) – совокупность конструкторских документов, которые содержат окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

Так же, как и при разработке технического проекта, в курсовом проекте выполняют работы, необходимые для выполнения предъявляемых к изделию требований соответствия техническому заданию, технологичности проектируемого изделия, возможности сборки, транспортирования, монтажа, удобства эксплуатации и т.д.

В технический проект входит пояснительная записка и ведомость включенных документов, чертежи общего вида и узлов, показывающие разработку конструктивного решения (для курсового проекта – пояснительная записка и чертежи общего вида и сборочных единиц), а также схемы (принципиальные, общие кинематические и т.п.).

Технический проект после согласования и утверждения служит основанием для разработки рабочего проекта (рабочих конструкторских документов). Рабочая конструкторская документация включает чертежи всех деталей, сборочных единиц, спецификации и другие документы, не вошедшие в конструкторскую документацию предыдущих стадий, но необходимые на данной стадии.

В курсовом проекте рабочая конструкторская документация также представляется частично рабочими чертежами нестандартных деталей разрабатываемых узлов, выполненных на 1 листе формата А1. При выполнении рабочих чертежей деталей необходимо особое внимание уделять выбору заготовок. Его необходимо осуществлять исходя из соображений экономической целесообразности.

ности, а также необходимо стремиться к максимальной технологичности разрабатываемой детали.

8.2 Проработка и выбор конструктивного решения

Решение задач, поставленных в техническом проекте, должно быть направлено на повышение показателей технической характеристики машины или аппарата, снижение затрат времени на разработку и изготовление, улучшение эстетических, эргономических и других показателей. При решении этих и других задач необходим творческий подход, сочетающий в себе принятие новых оригинальных технических решений на основе (или с помощью) научных исследований. Инженерное творчество можно определить как мышление, ведущее за пределы известных знаний. Это творчество дополняет знания, способствует созданию устройств, ранее неизвестных. Творчески сконструированные технические устройства зачастую бывают построены на известных элементах или основаны на известных принципах, используемых в новом качестве. Инженерное творчество ближе к изобретательству, чем к научному исследованию. Однако без научного исследования зачастую невозможно создать оригинальную конструкцию, поскольку научные исследования дают исходные данные для проектирования.

При решении творческой задачи возникает зачастую необходимость анализа большого числа идей. При этом требуется тщательность, творческое воображение и внутренняя дисциплина.

Существуют различные способы формирования идей. Однако в любом случае необходимо, чтобы проблема всесторонне анализировалась по необходимым вопросам. Это будет способствовать углублению проработки конструкции, увеличению количества рассматриваемых вариантов конструктивных решений, и, как следствие, принятый вариант будет иметь наибольшее количество положительных свойств.

В курсовом проекте конструкторское решение разрабатывают на начальной стадии, соответствующей техническому проекту, анализируя имеющиеся данные: конструкцию машины, технические и технологические параметры, условия эксплуатации и т.д. При этом намечается несколько вариантов конструкторского решения, а оптимальный вариант определяют и обосновывают с учетом ряда факторов: простоты конструкции, удобства обслуживания и ремонта, металлоемкости и стоимости, энергоемкости и др. При модернизации оборудования необходимо в зависимости от конкретных условий учитывать влияние принятых решений на все механизмы, узлы и процессы, так или иначе связанные с новым конструктивным решением.

8.3 Проработка конструкции сборочных единиц и деталей

Компоновка машины в целом, конструктивных элементов сборочных единиц неотделима от выбора конструктивного решения и проводится на всех стадиях разработки.

Компоновка предопределяет расчлененность изделия (машины) на сборочные единицы, взаимное их расположение, соразмерность объемов и эргономические требования, от которых зависят эстетические достоинства изделия.

Компоновку начинают с решения главных вопросов:

- выбора рациональной кинематической схемы;
- установления определяющих размеров и формы оборудования в соответствии с рядами предпочтительных чисел по ГОСТ 8032.

В максимальной степени следует использовать унифицированные, стандартные или нормализованные узлы и детали в целях сокращения сроков проектирования и запуска производства продукции, а также повышения ее качества.

В процессе проектирования часто обнаруживаются не замеченные ранее недостатки или ошибки, для устранения которых приходится разрабатывать новые варианты или возвращаться к ранее отклоненным. Конструкции отдельных сборочных единиц не всегда получаются с первых попыток. Иногда переходят к проработке следующей сборочной единицы, выполняя необходимые расчеты. После некоторого перерыва чертеж неполучившейся сборочной единицы смотрят снова, при этом недостатки, допущенные при первой проработке, станут очевидными.

Более глубокая проработка нескольких вариантов в конечном итоге дает выигрыш в стоимости, сроках изготовления и доводки, качестве и величине технико-экономического эффекта изделия.

Прочерчивание изделия в отобранном наилучшем варианте ведут в масштабе 1:1, если допускают габаритные размеры. Это позволяет легче выбрать нужные размеры и сечения деталей, составить представление о соразмерности частей конструкции, прочности и жесткости деталей и конструкции в целом. Такой масштаб облегчает дальнейшую разработку конструкции, в том числе и разработку сборочных и рабочих чертежей. Если габариты проектируемого изделия не позволяют применить масштаб 1:1, то отдельные агрегаты и узлы прочерчивают в меньшем масштабе. Узлы изделия в целом должны иметь простое конструктивное решение, не вызывающее затруднений при его сборке.

Особое внимание при разработке узлов (сборочных единиц) следует уделять местам, где имеется трение: парам трения, материалам этих деталей, их термообработке, твердости и шероховатости поверхностей трения, смазке, а также удобству доступа к ним. Выходы из строя машин больше всего зависят от состояния трущихся поверхностей.

При компоновке и вычерчивании отдельных сборочных единиц или узлов изделия, машины или аппарата в целом студент должен мысленно представлять и доступность, и последовательность монтажа, сборки и разборки при ремонте, заранее выбрать инструменты и приспособления, при помощи которых эти операции будут осуществляться. Такой постоянный самоконтроль необходим, поскольку он позволит избежать принятия неконструктивных и нетехнологичных решений, различных несогласований и ошибочных решений.

Сборка – наиболее сложный и ответственный процесс в общем комплексе производства машиностроительного изделия. Технологичность сборки дости-

гают выполнением ряда требований, которые необходимо учитывать при проектировании:

- 1) Сборочные единицы должны иметь наименьшее количество деталей.
- 2) Предусматривается возможность расчленения изделия (машины) на отдельные сборочные единицы, которые возможно одновременно и независимо друг от друга изготавливать и монтировать на базовой детали. При компоновке изделия (машины или аппарата) необходимо предусматривать, какими средствами и как они будут транспортироваться и монтироваться.
- 3) При компоновке сборочных единиц и изделия в целом необходимо учитывать порядок их сборки, условия изготовления и сборки.
- 4) Конструкции сборочных единиц должны быть такими, чтобы при установке изделия на базовую деталь и последующей регулировке не требовалась даже частичная разборка.
- 5) Конструкция изделия должна предусматривать возможность его сборки без сложных приспособлений путем осуществления простых движений при сборке сопрягаемых деталей, подводу и отводу сборочного инструмента. Целесообразно предусматривать резьбовые отверстия для отжимных винтов, контрольные штифты и т.д.

При конструировании изделия необходимо решать частично или более глубоко целый ряд других вопросов, в частности:

- снижение материалоемкости;
- повышение технологичности изготовления;
- повышение эксплуатационной технологичности;
- упрощение и удешевление обслуживания и ремонта;
- улучшение дизайна.

9 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

9.1 Общие положения

Курсовой проект должен оформляться в соответствии с требованиями государственных стандартов (ЕСКД) и ГОСТ 7.32 (в части требований к структуре и правилам оформления НИР), стандартом организации СТО 12 800 – 2013 и требованиями настоящего пособия.

Курсовому проекту присваивается обозначение. Оно проставляется на титульном листе, всех листах пояснительной записки и на всех листах графической части, имеющих основные надписи. Обозначение документа состоит из центральной цифровой части, предшествующей и последующей буквенных групп. Например, КП 15.03.01.13.000 ПЗ или КП 15.03.01.02.000 ПЗ.

Предшествующая цифровой части буквенная группа КП обозначает вид учебного документа – курсовой проект.

Первая группа из шести цифр – 15.03.01, обозначает код направления. Вторая двузначная группа цифр – 13 или 02, обозначает номер варианта задания в соответствии с утвержденной тематикой. Данная часть обозначения присутствует на всех документах проекта. Третья группа цифр с дополнительными двузначными

или трехзначными группами, при необходимости, конкретизирует вид документа. В приведенном выше примере третья группа цифр – 000, обозначает пояснительную записку. При этом в обозначении пояснительной записки обязательно присутствует замыкающая буквенная группа – ПЗ. На титульном листе буквенная группа ПЗ не проставляется.

В таблице 7 представлены обозначения разделов пояснительной записки курсового проекта. В таблице 8 представлены обозначения документов графической части проекта.

Таблица 7 – Обозначения разделов пояснительной записки курсового проекта.

Наименование элементов пояснительной записки	Обозначение структурного элемента пояснительной записки
Титульный лист	КП 15.03.01.13.000
Задание	
Реферат	КП 15.03.01.13.000 ПЗ
Содержание	КП 15.03.01.13.000 ПЗ
Введение	КП 15.03.01.13.000 ПЗ
Конструкторско – технологическая часть	КП 15.03.01.13.001 ПЗ
Специальная часть	КП 15.03.01.13.002 ПЗ
Заключение	КП 15.03.01.13.000 ПЗ
Список использованных источников	КП 15.03.01.13.000 ПЗ
Приложения	

Таблица 8 – Обозначения документов графической части курсового проекта

№ п/п	Наименование элементов графической части	Обозначение документа
1	Общий вид машины (аппарата)	КП 15.03.01.13.100 ВО
2	Кинематическая (принципиальная, функциональная или др.) схема	КП 15.03.01.13.100 КЗ КП 15.03.01.13.100 К2 или др.
3	Чертежи сборочных единиц	КП 15.03.01.13.100/02 СБ или КП 15.03.01.13.100/02/03 СБ и т.д.
4	Чертежи деталей	КП 15.03.01.13.100/02.01 или КП 15.03.01.13.100/02/03.01 и т.д.

В чертежах третья цифровая группа состоит из трех основных цифр (в данном случае 100) и, при необходимости, дополнительных двузначных групп, присоединяемых к основным через дробную косую черту или точку.

Каждый из видов графических документов (ВО, СБ, ТЧ, ГЧ, МЧ, схемы и т.д.) нумеруется отдельно, начиная для каждого из них со 100 (первый общий вид, первый сборочный чертеж, первый теоретический чертеж, первый габаритный чертеж, первый монтажный чертеж, первая схема и т.п.) и т.д. Т.е. ос-

новные три цифры в третьей цифровой группе, начиная от 100 до 900 – обозначения чертежей *общих видов, теоретических чертежей, габаритных чертежей, схем* и т.д. с первого по девятый включительно (пример см. таблица 8, строки 1 – 2).

Чертежам сборочных единиц (узлов и подузлов) присваиваются двузначные номера от 01 по 99, помещаемые через дробную черту после обозначения сборочной единицы, например (таблица 8, строка 3):

КП 15.03.01.13.100/02 СБ – чертеж второй сборочной единицы первого общего вида;

КП 15.03.01.13.100/02/03 СБ – чертеж третьего подузла второго узла первой сборочной единицы (общего вида).

Чертежи деталей сборочных единиц (узлов и подузлов) обозначаются двузначными номерами от 01 по 99, помещаемыми через точку после обозначения узла или подузла, например (таблица 8, строка 4):

КП 15.03.01.13.100/02.01 – чертеж первой детали второй сборочной единицы, входящей в состав чертежа первого общего вида;

КП 15.03.01.13.100/02/03.01 – чертеж первой детали третьего подузла второй сборочной единицы первого общего вида.

Чертежам деталей, заимствованным из сторонних документов, присваиваются обозначения в соответствии с описанной системой обозначения проекта, а в примечании спецификации указывается обозначение из стороннего документа.

Буквенная группа, стоящая после центральной числовой группы, обозначает код (шифр, марку) документа, например:

ВО – чертеж общего вида;

СБ – сборочный чертеж;

ТЧ – теоретический чертеж;

ГЧ – габаритный чертеж;

МЭ – электромонтажный чертеж;

МЧ – монтажный чертеж;

УЧ – упаковочный чертеж;

ТУ – технические условия;

ПЗ – пояснительная записка;

ПМ – программа и методика испытаний;

ПФ – патентный формуляр;

И – инструкции;

Д – прочие документы.

При обозначении схем следует руководствоваться их классификацией по виду и назначению (ГОСТ 2.701). В зависимости от элементов и связей, входящих в состав изделия (установки), схемы подразделяются на следующие виды:

- электрические - Э;
- гидравлические - Г;
- пневматические - П;
- газовые (кроме пневматических) - Х;
- кинематические - К;
- вакуумные - В;

- оптические - Л;
- энергетические - Р;
- деления - Е;
- комбинированные - С.

В зависимости от основного назначения схемы подразделяются на следующие типы и обозначаются цифрами:

- структурная – **1**, объединяет основные функциональные части изделия и показывает их назначение и взаимосвязи;
- функциональная – **2**, разъясняет процессы, протекающие в устройстве, и показывает принцип его работы;
- принципиальная (полная) – **3**, определяет полный состав элементов и связей между ними, дает детальное представление о принципах работы изделия;
- соединений (монтажная) – **4**, показывает соединение составных частей изделия;
- подключения – **5**, показывает внешнее подключение изделия;
- общая – **6**, определяет основные части комплексов и соединения между ними на месте эксплуатации установки;
- расположения – **7**, показывает расположение составных частей изделия;
- объединенная – **0**.

Например, схема электрическая принципиальная – **Э3**; схема гидравлическая соединений – **Г4**.

При выполнении чертежа изделия на нескольких листах на всех листах этого чертежа указывают одно и то же обозначение.

Код, шифры и марки документов приведены в ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.103, ГОСТ 2.106, ГОСТ Р 21.1501.

9.2 Правила оформления пояснительной записки

Текст пояснительной записки должен быть выполнен аккуратно литературным и технически грамотным языком на одной стороне листа бумаги формата А4 (210 × 297 мм) с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004) и использованием шрифта Times New Roman (допускается применение других аналогичных шрифтов):

- шрифт 12-14 – при написании текста;
- шрифт 12-14 (полужирный) – при написании заголовков подразделов;
- шрифт 14-16 (полужирный) – при написании заголовков разделов;
- межстрочный интервал – полуторный.

Текст пояснительной записки оформляют на листах в рамке: поле слева – 20 мм, справа, сверху и снизу – по 5 мм.

Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строк – **не менее 3 мм**.

Расстояние от верхней и нижней строки текста до верхней и нижней рамки должно быть **не менее 10 мм**.

Абзацы в тексте начинаются отступом, **равным 8 мм**.

Расстояние между *заголовком и текстом*, между *заголовками раздела и подраздела* должно быть *равно 2 интервалам*.

На листе пояснительной записки, следующем за титульным листом, выполняется основная надпись *формы 2* по ГОСТ 2.104 (приложения Г и Д).

На последующих листах пояснительной записки оформляются основные надписи *формы 2а* по ГОСТ 2.104 (приложения Г и Д).

Основная надпись, дополнительные графы к ней и рамки выполняют сплошными основными и тонкими сплошными линиями по ГОСТ 2.303.

Выбор основных надписей осуществляется профилирующей кафедрой.

Примеры заполнения основных надписей в пояснительной записке приведены в приложении Д настоящего пособия.

Программные документы должны оформляться в соответствии с требованиями стандартов ЕСПД и включать:

- текст программы, оформленный по ГОСТ 19.401;
- описание программы, выполненное по ГОСТ 19.402;
- описание применения, приведенное согласно ГОСТ 19.502, ГОСТ 19.701;
- другие программные документы (в случае необходимости).

Текст пояснительной записки разделяют на разделы и подразделы, а в случае необходимости – пункты и подпункты (см. п. 4.3 настоящего пособия).

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей пояснительной записки, обозначенные арабскими цифрами *без точки* и записанные с *абзацевого отступа*.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделённых точкой. В конце номера подраздела *точка не ставится*.

Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Количество номеров в нумерации структурных элементов пояснительной записки *не должно превышать четырех*.

Например:

1 Конструкторско – технологическая часть – (раздел);

1.1 Технико-экономическое обоснование выбора варианта машины и ее узлов для модернизации – (подраздел);

1.1.1 Характеристика продукции, для выпуска которой модернизируется (проектируется) машина – (подраздел);

1.1.1.1 Состав рецептуры вещества – (подраздел).

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждой позицией перечисления *следует ставить дефис* или, при необходимости, ссылки в тексте записки на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечисле-

ний необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример

а) _____

б) _____

1) _____

2) _____

в) _____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы и подразделы **должны иметь заголовки**. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов и подразделов.

Заголовки следует печатать, **отделяя от номера пробелом**, начиная с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая (см. п. 4.3 настоящего пособия). При этом номер раздела (подраздела) печатают **после абзацного отступа**. В заголовках **не допускаются переносы** слов, применение **римских цифр, математических знаков и греческих букв**. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки разделов (подразделов) **выделяют полужирным шрифтом**. При этом заголовки разделов **выделяют увеличенным размером шрифта** (16 шрифт).

Расстояние между заголовком и текстом, между заголовками раздела и подраздела должно быть **равно 2 интервалам**.

Каждый раздел записки должен начинаться с нового листа (страницы). Не следует помещать заголовки разделов или подразделов на отдельных листах.

Нумерация листов пояснительной записки **должна быть сквозной** в пределах всей записки. Первой страницей является титульный лист. Вторая страница – это задание. На титульном листе **номер страницы не проставляется**.

Номера страниц проставляются в основной надписи в графе «Лист». В графе основной надписи «Листов» указывается количество страниц во всей пояснительной записке.

На листах без рамки и основной надписи номер страницы, в соответствии с ГОСТ 7.32, проставляется в центре нижней части листа без точки.

Все листы пояснительной записки должны быть сброшюрованы в папки формата А4.

9.3 Изложение текста

Полное наименование изделия (машины) на титульном листе, в основной надписи и при первом упоминании в тексте записки должно быть одинаковым с наименованием его в основном конструкторском документе.

Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть, по возможности, кратким. Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: «Маши-

на зачистная». В наименование изделия, как правило, не включают сведения о его назначении и местоположении.

В последующем тексте порядок слов в наименовании должен быть прямой, т.е. на первом месте должно быть определение (имя прилагательное), а затем – наименование изделия (имя существительное). Наименования, приводимые в тексте и на иллюстрациях, должны быть одинаковыми.

Текст записки должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований.

В записке должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научно-технической литературе.

Если в записке принята специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание пояснительной записки.

В тексте документа **не допускается**:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии и соответствующими государственными стандартами;
- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц, и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, **не допускается**:

- применять математический знак (–) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);
- применять знак « \emptyset » для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак « \emptyset »;
- применять без числовых значений математические знаки, например: > (больше), < (меньше), = (равно), \leq (меньше или равно), \geq (больше или равно), \neq (не равно), а также знаки № (номер), % (процент);
- применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

В пояснительной записке следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417. **Не следует обозначения единиц называть размерностями.**

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в

одном документе разных систем обозначения физических величин *не допускаются*.

Буквенные обозначения единиц должны печататься прямым шрифтом, что позволяет легко отличить их от обозначений физических величин, которые по международным соглашениям всегда печатаются наклонным шрифтом (курсивом).

В обозначениях единиц точку как знак сокращения не ставят.

Определяющие слова следует присоединять к наименованию величины, а единицу обозначать в соответствии со стандартом. Например, объем газа, приведенный к нормальным условиям, 10 м^3 , масса условного топлива 100 т и т.д.

Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, следует отделять точками на средней линии, как знаками умножения, например, Н·м; Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$).

В буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления должна применяться только одна черта: косая или горизонтальная. При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе следует помещать в строку, произведение обозначений в знаменателе следует заключать в скобки.

Обозначения единиц следует применять после числовых значений величин и помещать в строку с ними. Между последней цифрой числа и обозначением единицы следует оставлять пробел, равный минимальному расстоянию между словами. Пробел не оставляют, если в виде обозначения используется знак, поднятый над строкой, например, 20° , но $20 \text{ }^\circ\text{С}$.

При указании значений величин с предельными отклонениями следует заключать числовые значения с предельными отклонениями в скобки и обозначение единицы помещать после скобок или проставлять обозначения единиц после числового значения величины и после предельного отклонения, например, $(1000 \pm 50)^\circ\text{С}$ или $1000 \text{ }^\circ\text{С} \pm 50^\circ\text{С}$.

Числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами.

Примеры:

1 Провести испытания пяти труб, каждая длиной 5 м.

2 Отобрать 15 труб для испытаний на давление.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах всей записки должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например: 1,50; 1,75; 2,00 м.

Если в тексте приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона, за исключением знаков «%», « $^\circ\text{С}$ », « $^\circ$ ».

Интервалы чисел записывают со словами: «от» «до» (имея в виду: «от... до... включительно»), если после чисел указана единица величины, или через тире, если эти числа являются безразмерными коэффициентами.

Примеры:

- 1) . . . от 1 до 5 мм.
- 2) . . . от 10 до 100 кг.
- 3) . . . от 63% до 75%.
- 4) . . . от 10°C до 15°C.

Если интервал чисел охватывает порядковые номера, то для записи интервала используют тире.

Пример: ... рисунки 1 – 14.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (*переносить их на разные строки или страницы*), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах.

Помещение обозначений единиц в одной строке с формулами, выражающими зависимость между величинами или между числовыми значениями, представленными в буквенной форме, *не допускается*.

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требуемых свойств изделия, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой.

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т.д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок и т.п. изделий одного наименования должно быть одинаковым.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей. При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать в виде простой дроби в одну строку через косую черту, например: $5/32$; $(50A-4C) / (40B+20)$.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него, с абзаца.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак « \times ».

В расчетах перед каждой формулой записывается наименование рассчитываемой величины. Формулы записываются в символах, затем знаки равенства, затем числовые значения этих символов и конечный результат. Промежуточные расчеты не приводятся. Числовые значения величин должны занимать место, которое занимают в формуле соответствующие символы.

При расчете величин, определяемых сложными формулами, в состав которых входят параметры, требующие предварительного расчета, рекомендуется

вначале последовательно, в порядке появления в формуле, записать и определить все эти параметры в последовательности, исключающей многоступенчатость и для промежуточных расчетов, а уже затем приводить формулу и расчет искомой величины.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны **нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами**, которые записывают в круглых скобках на уровне формулы справа, в конце строки, например:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

где I – сила тока, А;

U – разность потенциалов (напряжение), В;

R – сопротивление, Ом.

Ссылки в тексте на порядковые номера формул даются в скобках, например, «... в формуле (1)».

Формулы, помещенные в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например, «... формула (В.1)».

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например, «(2.1)».

Порядок изложения математических уравнений такой же, как и формул.

Примечания в пояснительной записке приводятся, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. При этом после слова «Примечания» не ставят двоеточие. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Примеры:

Примечание – _____

Примечания

1 _____

2 _____

На материалы, взятые из литературы и других источников (утверждения, формулы, цитаты и т.п.), **должны быть даны ссылки** с указанием номера источника по списку использованной литературы. Номер ссылки проставляется арабскими цифрами в квадратных или косых скобках. Допускаются ссылки на данный документ, стандарты, технические условия и другие документы при

условии, что они полно и однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документом.

Ссылаться следует на документ в целом или его разделы и приложения. **Ссылки на подпункты, пункты, таблицы и иллюстрации не допускаются**, за исключением подразделов, пунктов, таблиц и иллюстраций данного документа.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения, например: ГОСТ 2.105.

9.4 Оформление иллюстраций и приложений

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются, или на следующей странице. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1».

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения, например, Рисунок А.3 (т.е. рисунок находится в приложении А).

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например, Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование **помещают после пояснительных данных** и располагают симметрично рисунку следующим образом:

Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема

Материал, дополняющий текст записки, допускается помещать в приложениях. **Приложения оформляют как продолжение записки на последующих ее листах, после списка использованных источников, или выпускают в виде самостоятельного документа (тома).**

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху **посередине страницы слова «Приложение» полужирным шрифтом**, записанное строчными буквами с первой прописной, и его обозначения.

Допускается размещение на одной странице двух (и более) последовательно расположенных приложений, если их можно полностью разместить на этой странице.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой, под словом «Приложение» с обозначением. Заголовок печатают строчными буквами с первой прописной и **выделяют полужирным шрифтом.**

Приложения обозначают прописными 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, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения.

Приложения должны иметь общую с основной частью пояснительной записки сквозную нумерацию страниц.

В тексте пояснительной записки *должны быть даны ссылки на все приложения*.

Все приложения *должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков*.

9.5 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей через тире после номера таблицы.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения 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.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделённых точкой.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте записки, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы сверху, слева, справа и снизу ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Высота строк таблицы должна быть **не менее 8 мм**.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой, рядом или на следующей странице, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки и первой части таблицы.

Слово «Таблица» указывают один раз слева с абзацного отступа над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера (обозначения) таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы **нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят**.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют головку таблицы.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. Нумерация граф таблицы арабскими цифрами допускается в тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных, порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части – над каждой ее частью.

Обозначение единицы физической величины, общей для всех данных в строке, следует указывать после ее наименования.

Если в графе таблицы помещены значения одной и той же физической величины, то обозначение единицы физической величины указывают в заголовке (подзаголовке) этой графы. Обозначение единицы физической величины допускается выносить в отдельную строку или графу.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначение марок материалов и типоразмеров изделий, обозначения нормативных документов *не допускается*.

При отсутствии отдельных данных в таблице *следует ставить прочерк* (тире).

В интервале, охватывающем числа ряда, между крайними числами ряда в таблице допускается ставить тире.

9.6 Сноски

Если необходимо пояснить отдельные данные, приведенные в записке, то эти данные следует обозначать надстрочными знаками сноски.

Сноски в тексте располагают с абзацного отступа в конце страницы, на которой они обозначены, и отделяют от текста короткой тонкой горизонтальной линией с левой стороны, а к данным, расположенным в таблице, – в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Знак сноски ставится непосредственно после того слова, числа, символа, предложения, к которому дается пояснение, и перед текстом пояснения.

Знак сноски выполняют арабскими цифрами со скобкой и помещают на уровне верхнего обреза шрифта, например, «... печатающее устройство ²⁾ ...».

Нумерация сносок – отдельная для каждой страницы.

Допускается вместо цифр выполнять сноски звездочками: * Применять более четырех звездочек не рекомендуется.

9.7 Правила оформления графических документов

К графическим документам относятся чертежи, эскизы и схемы изделий, графики, таблицы обработки экспериментальных материалов и т.п.

Графические документы следует выполнять с применением графических устройств вывода ЭВМ. В исключительных случаях с разрешения руководителя проектирования допускается выполнение этих документов чертежными карандашами или тушью.

При выполнении чертежей, схем, эскизов должны быть соблюдены правила, установленные государственными стандартами ЕСКД, ЕСТД, ЕСПД, СПДС.

Графические документы должны быть выполнены на листах стандартных форматов с основной надписью в правом нижнем углу по ГОСТ 2.104, ГОСТ 2.109. Формы основной надписи для чертежей приведены в приложениях Г – Е настоящего пособия. Наименование изделия в основной надписи чертежа, как и на титульном листе пояснительной записки проекта, записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное.

Оформление чертежей, то есть виды и комплектность, формат, масштаб, чертежные шрифты, линии, должны выбираться согласно ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.103, ГОСТ 2.109, ГОСТ 2.301, ГОСТ 2.302, ГОСТ 2.303, ГОСТ 2.304.

Чертежи общего вида должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.119 и ГОСТ 2.120 с присвоением в обозначении документа шифра «ВО».

Чертеж общего вида – это документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных частей и поясняющий принцип работы изделия.

Наименование и обозначение составных частей изделия (экспликация) указывают в таблице, размещаемой на поле чертежа или на отдельных листах формата А4.

Сборочный чертеж – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля, должен выполняться в соответствии с требованием ГОСТ 2.109.

Изображения на чертежах должны быть выполнены согласно ГОСТ 2.305.

К изображениям относятся: виды, разрезы, сечения и выносные элементы. Количество изображений должно быть наименьшим, но достаточным для полного представления о проектируемом устройстве.

Названия разрезов (продольный разрез, поперечный разрез, горизонтальный разрез) и их условные буквенные обозначения, написанные ниже названия (А-А, Б-Б и т.д.), пишутся над изображением симметрично разрезу, без подчеркивания.

При этом на других изображениях (других проекциях) должны указываться секущие плоскости путем нанесения разомкнутых линий со стрелками, указывающими направление взгляда на сечение. У стрелок (снаружи) ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита: А...А, Б...Б и т.д. Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторения и, как правило, без пропусков. При сложных разрезах наносятся места перехода от одной секущей плоскости к другой. Стрелки должны наноситься на расстоянии 2-3 мм от внешнего конца штриха. Начальный и конечный штрих не должны пересекать контур соответствующего изображения. Название видов на чертежах подписывать не следует, если они находятся в непосредственной проекционной связи (на одном листе с главным видом).

Если чертеж изделия выполнен на двух и более листах, то дополнительные изображения отмечают путем указания номеров листов, на которых эти изображения помещены, например,

$A_{(2)} \downarrow \quad \quad \downarrow A_{(2)}$ (разрез А-А размещен на втором листе чертежа). В этих случаях над дополнительными изображениями у их обозначения указывают номера листов, на которых дополнительные изображения отмечены, например, А-А₍₁₎ (разрез А-А отмечен на первом листе чертежа).

Графические обозначения материалов на чертежах, нанесение размеров и предельных отклонений, обозначение допусков и посадок необходимо выполнять в соответствии с ГОСТ 2.306, ГОСТ 2.307, ГОСТ 25.346, ГОСТ 25.347. Указания предельных отклонений формы и расположения поверхностей должны соответствовать ГОСТ 2.308. Обозначения шероховатости поверхностей на рабочих чертежах деталей – согласно ГОСТ 2.309. Нанесение на чертежах покрытий, термической и других видов обработки – по ГОСТ 2.310. Изображение резьбы на чертежах выполняется по ГОСТ 2.311; неразъемных соединений – по

ГОСТ 2.313. Обозначение швов сварных соединений и условные изображения – по ГОСТ 2.312, спецификации – по ГОСТ 2.106, ГОСТ 21.501.

Общее количество размеров должно быть минимальным, но достаточным для полного представления об изображении.

Кроме изображения предмета с размерами, чертеж может в соответствии с ГОСТ 2.316 содержать:

- текстовую часть, состоящую из технических требований и (или) технических характеристик;
- надписи с обозначением изображений, а также относящиеся к отдельным элементам изделия;
- таблицы с размерами и другими параметрами, техническими требованиями, условными обозначениями и т.д.

Текстовую часть, надписи и таблицы включают в чертеж в тех случаях, когда содержащиеся в них данные, указания и разъяснения невозможно или нецелесообразно выразить графически или условными обозначениями.

Текст на поле чертежа, таблицы, надписи с обозначением изображений, как правило, располагают параллельно основной надписи чертежа.

Текстовую часть, помещенную на поле чертежа, располагают над основной надписью. Между текстовой частью и основной надписью не допускается помещать изображения, таблицы и т.д. Текст можно размещать в одну, две и более колонок; ширина одной колонки не должна быть больше 185 мм.

Пункты технических требований должны быть со сквозной нумерацией; каждый пункт записывают с новой строки; заголовок «Технические требования» не пишут.

В случае, если необходимо указать техническую характеристику изделия, ее размещают отдельно от технических требований, с самостоятельной нумерацией пунктов, на свободном поле чертежа под заголовком «Техническая характеристика». При этом и над техническими требованиями помещают заголовок «Технические требования». Оба заголовка не подчеркиваются.

На каждую сборочную единицу, комплекс и комплект составляют спецификацию на листах формата А4 по форме 1 и 1а ГОСТ 2.106 (приложения Р и С), в которую вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности:

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия.

Спецификацию подшивают в конце пояснительной записки проекта (после приложений). Она является неотъемлемой составляющей графической части проекта и **не является приложением** к пояснительной записке.

Обозначение сборочного чертежа (общего вида) и его спецификации должно быть одинаковым, за исключением кода. Сборочному чертежу присваивается буквенный код «СБ» («ВО» для общего вида), проставляемый в конце обозначения; спецификации код не присваивается. При выборе вида и типа схем необходимо руководствоваться ГОСТ 2.701, который определяет общие требования к их выполнению.

Схемы должны выполняться в соответствии с действующими стандартами (ГОСТ 2.702, ГОСТ 2.703, ГОСТ 2.704, ГОСТ 2.721, ГОСТ 2.747 и др.).

Диаграммы. Результаты научно-исследовательских работ представляются, как правило, в виде диаграмм, изображающих функциональную зависимость двух или более переменных величин в системе координат. Диаграммы должны выполняться в соответствии с рекомендациями Р 50-77-88.

Значения величин, связанных изображаемой функциональной зависимостью, следует откладывать на осях координат в виде шкал.

В прямоугольной системе координат независимую переменную следует откладывать на горизонтальной оси, положительные значения величин - вправо и вверх от точки начала отсчета.

Оси координат в диаграммах без шкал и со шкалами следует заканчивать стрелками, указывающими направления возрастания значений величин. В диаграммах со шкалами оси координат следует заканчивать стрелками за пределами шкал.

Значения переменных величин следует откладывать на осях координат в линейном и нелинейном, например, логарифмическом, масштабах изображения.

Масштаб, который может быть разным для каждого направления координат, выражается шкалой значений откладываемой величины.

В качестве шкалы следует использовать координатную ось или линию координатной сетки, которая ограничивает поле диаграммы.

Координатные оси, как шкалы значений изображаемых величин, следует разделять на графические интервалы координатной сеткой, делительными штрихами или их сочетанием. Шкалы, расположенные параллельно координатной оси, следует разделять только делительными штрихами.

Рядом с делениями сетки или делительными штрихами, соответствующими началу и концу шкалы, должны быть указаны соответствующие числа (значения величин). Если началом отсчета шкал является нуль, то его следует указывать один раз у точки пересечения шкал.

Числа у шкал следует размещать вне поля диаграммы и располагать горизонтально.

Диаграммы следует выполнять линиями по ГОСТ 2.303.

Оси координат, оси шкал, ограничивающие поле диаграммы, следует выполнять сплошной основной линией, а линии координатной сетки и делительные штрихи – сплошной тонкой линией.

На диаграмме одной функциональной зависимости ее изображение следует выполнять сплошной линией толщиной 2 пт. В случае, когда в одной общей диаграмме изображаются две или более функциональные зависимости, допускается изображать эти зависимости линиями различных типов (сплошная, штриховая и т.д.).

Точки диаграммы, полученные путем измерения и расчетов, допускается изображать графически, например, кружком, треугольником, крестиком и т.д. Обозначения точек должны быть разъяснены в пояснительной части диаграммы.

Переменные величины следует указывать одним из следующих способов:

- символом;
- наименованием;
- наименованием и символом;
- математическим выражением функциональной зависимости.

В диаграмме со шкалами обозначения величин следует размещать у середины шкалы с ее внешней стороны, а при объединении символа с обозначением единицы измерения в виде дроби – в конце шкалы после последнего числа.

В диаграмме без шкал обозначения величин следует размещать вблизи стрелки, которой заканчивается ось.

Обозначения в виде символов и математических выражений следует располагать горизонтально, обозначения в виде наименований и наименований и символов – параллельно соответствующим осям.

В случае, когда в общей диаграмме изображаются две или более функциональные зависимости, у линий, изображающих зависимости, допускается проставлять наименование или символы соответствующих величин или порядковые номера. Символы и номера должны быть разъяснены в пояснительной части диаграммы.

Единицы измерения в диаграмме следует наносить одним из следующих способов:

- в конце шкалы между последним и предпоследним числами шкалы;
- вместе с наименованием переменной величины после запятой;
- в конце шкалы после последнего числа вместе с обозначением переменной величины в виде дроби, в числителе которой наносят обозначение переменной величины, а в знаменателе – обозначение единицы измерения.

9.8 Правила оформления программных документов

Программные документы, разработанные студентами, должны оформляться в соответствии с требованиями стандартов ЕСПД (п. 14.2).

Программные документы должны быть сброшюрованы в пояснительной записке или представлены отдельной, как правило, специальной частью проекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Учебная и справочная литература

1. Матвеев И.В. Оборудование литейных цехов. Часть 1. Учебн. пособие для вузов. М.: Изд-во МГИУ, 2006. 172 с.
2. Матвеев И.В. Оборудование литейных цехов. Часть 2. Учебн. пособие для вузов. М.: Изд-во МГИУ, 2009. 308 с.
3. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 510 с.
4. Козлов С.Н. Проектирование литейных машин: Методические указания по выполнению курсового проекта по оборудованию и автоматизации литейного производства для студентов специальности 12.03 «Машины и технология литейного производства» / Алт. политехн. ин-т им. И.И. Ползунова. Барнаул: Б. и., 1991. - 18 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя: В 3 т. Т. 3.– 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 864 с.
6. Бутовский М.Э. Пластичные смазки: Учебное пособие для студентов вузов/ Рубцовск: РИИ, 2005.-145 с.
7. Звездаков В.П. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения деталей машин в примерах и задачах: Учебное пособие / Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова.- Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. -528 с.:ил.
8. Допуски и посадки: Справочник в 2-х ч. Ч.1/Под ред. В.Д. Мягкова.-5-е изд., перераб и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1978 – 544с., ил.
9. Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Б.Н. Арзамасов и др.; Под ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьевой. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 640 с.: ил.
10. Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя: В 3 т. Т. 1.– 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
11. Ковалевский В.И. Проектирование технологического оборудования и линий: Учеб. пособие / СПб.: ГИОРД, 2007.-320 с.: ил.
12. Епифанов А.П. Основы электропривода: Учебное пособие.2-е изд., стер.- СПб.: Изд-во «Лань», 2009.-192 с.: ил.
13. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода. СПб.: Энергоатомиздат, 1994.-416 с.: ил.
14. Ковалевский В.И. Проектирование приводов технологических машин. – ДеЛи принт, 2009. - 408 с.
15. Печи литейных цехов: учебное пособие / Д.П.Михайлов, А.Н.Болдин, А.Н.Граблев. – Старый Оскол:ТНТ, 2016.-496 с.
16. Приводы литейных машин / О.А. Беликов, Л.П. Каширцев. М.: Машиностроение, 1971. - 311 с.
17. Станочные гидроприводы: Справочник / Свешников В.К. – 6 изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2015 г. – 627 с.

18. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу / Б.Б. Некрасов, И.В. Фатеев, Ю.А. Беленков – М.: Высшая школа, 1989. – 192 с.
19. Гидравлика: Учеб. пособие / П.А. Люкшин, А.С. Демидов. – Рубцовск, 2008. – 134 с.
20. Метревели В.Н. Сборник задач по машиностроительной гидравлике: Учеб. пособие/ В.Н. Метревели. – М.: Высш. шк., 2007. – 190 с.
21. Лепешкин А.В. Гидравлика и гидромашины. Лабораторные работы по курсу «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы»: Учеб. пос. для студ. вузов машиностроительных спец. / А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин, С.Д. Пхакадзе, В.А. Зыков; Ред. Ю.А. Беленков. – Электрон. дан. – М.: МГТУ «МАМИ», 1998. – 47 с.
22. Люкшин П.А. Гидравлика / Методические указания и контрольные задания. – Рубцовск, 2003. – 65 с.

Нормативная литература

23. ГОСТ 2.002-72 ЕСКД. Требования к моделям, макетам и темплетам, применяемым при проектировании.
24. ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатных и графических устройствах вывода ЭВМ.
25. ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
26. ГОСТ 2.103-68 ЕСКД. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки.
27. ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи.
28. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
29. ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
30. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
31. ГОСТ 2.119-73 ЕСКД. Эскизный проект.
32. ГОСТ 2.120-73 ЕСКД. Технический проект.
33. ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы.
34. ГОСТ 2.302-68 ЕСКД. Масштабы.
35. ГОСТ 2.303-68 ЕСКД. Линии.
36. ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные.
37. ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения.
38. ГОСТ 2.306-68 ЕСКД. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах.
39. ГОСТ 2.307-2011 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.
40. ГОСТ 2.308-2011 ЕСКД. Указания допусков формы и расположения поверхностей.
41. ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей.
42. ГОСТ 2.310-68 ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.

43. ГОСТ 2.311-68 ЕСКД. Изображение резьбы.
44. ГОСТ 2.312-72. ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.
45. ГОСТ 2.313-82 ЕСКД. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений.
46. ГОСТ 2.316-2008. ЕСКД. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах.
47. ГОСТ 2.605-68 ЕСКД. Плакаты учебно-технические. Общие технические требования.
48. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
49. ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
50. ГОСТ 2.703-2011 ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем.
51. ГОСТ 2.704-2011 ЕСКД. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
52. ГОСТ 2.704-2001 ЕСКД. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
53. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
54. ГОСТ 2.747-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.
55. ГОСТ 2.770-68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики.
56. ГОСТ 7.1-2003 СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.
57. ГОСТ 7.32-2001 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
58. ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы физических величин.
59. ГОСТ 19.401-78 ЕСПД. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.
60. ГОСТ 19.402-78 ЕСПД. Описание программы.
61. ГОСТ 19.502-78 ЕСПД. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению.
62. ГОСТ 19.701-90. ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения.
63. ГОСТ 25.346-89 ЕСДП. Основные нормы взаимозаменяемости.
64. ГОСТ 25.347-82 ЕСДП. Основные нормы взаимозаменяемости. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
65. Р 50-77-88 Рекомендации. ЕСКД. Правила выполнения диаграмм.
66. СТО АлтГТУ 12 400-2015. Система качества АлтГТУ. Образовательный стандарт высшего образования АлтГТУ. Курсовой проект (курсовая работа). Общие требования к содержанию, организации выполнения и защите.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Примерная тематика курсовых проектов бакалавров

1	Модернизация смесителя чашечного периодического действия мод.15107
2	Модернизация смесителя чашечного непрерывного действия мод.15207
3	Модернизация сита барабанного полигонального мод.178М
4	Модернизация сита вибрационного грубой очистки мод.13326
5	Модернизация аэратора надленточного отработанной смеси мод.16135
6	Модернизация охладителя смешивающего мод.11312
7	Модернизация смесителя ХТС одножелобного одновального мод.4727
8	Модернизация дробилки однороторной крупного дробления мод. СМД-75
9	Модернизация грохота мод.ГИЛ-32
10	Модернизация встряхивающе-прессовой формовочной машины с амортизацией удара без поворота полуформы мод.22111
11	Модернизация встряхивающе-прессовой формовочной машины с амортизацией удара с поворотом полуформы мод.22211
12	Модернизация встряхивающей с допрессовкой формовочной машины без амортизации ударов мод.91271БМ
13	Модернизация автоматической однопозиционной стержневой машины с отверждением в нагреваемой оснастке с вертикальным разъемом мод.232А21А1
14	Модернизация автоматической двухпозиционной стержневой машины с отверждением в нагреваемой оснастке с горизонтальным разъемом мод.4705Б
15	Модернизация полуавтоматической однопозиционной стержневой машины с последующей сушкой стержня мод.2БН83
16	Модернизация вибрационного стола с приводным роликовым конвейером мод.21433
17	Модернизация выбивной двухвальной инерционной решетки мод.31211
18	Модернизация выбивной одновальной инерционной решетки мод.424
19	Модернизация дробеочистного барабана периодического действия с металлическим подом мод.42213М
20	Модернизация дозатора-манипулятора мод.ДМ-4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Форма и пример заполнения задания

Министерство образования и науки РФ
Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ТиТМиПП
_____ В.В. Гриценко
подпись, и. о. фамилия
« 25 » _____ января _____ 2017 г.

Задание № 05 НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

по дисциплине Оборудование литейных цехов
студенту группы МС-31 Иванову Ивану Ивановичу
фамилия, имя, отчество

Тема: Модернизация прессы для обрезки литников и облоя П-16

Срок исполнения проекта 22.04.2017 г.

Задание принял к исполнению _____ Иванов И.И.
подпись, Фамилия И.О.

1 Исходные данные

Рабочие чертежи общего вида, сборочных единиц и деталей прототипа машины (пресса П-16). Технические характеристики прототипа. Производительность прототипа $P_{\text{П}} = \dots$ шт/ч. Требуемая производительность модернизированной машины $P = \dots$ шт/ч. Физико – химические и (или) физико – механические характеристики перерабатываемого вещества (отливки). И т.д.

2 Содержание разделов работы

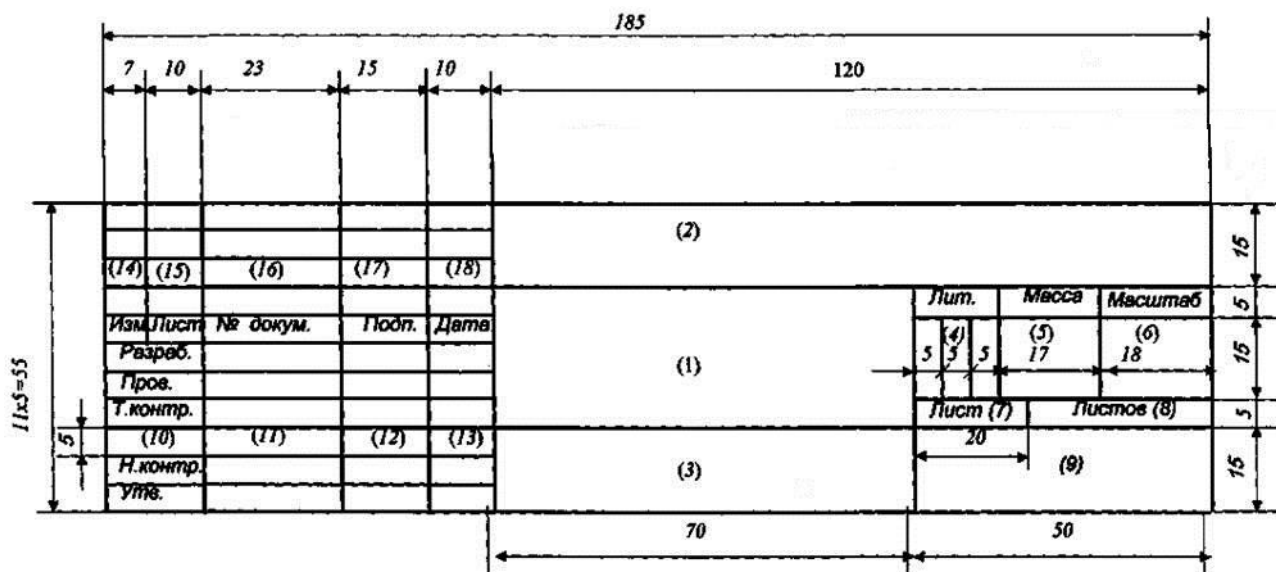
Наименование разделов работы и их содержание	Трудоемкость, %	Срок выполнения	Подпись руководителя
1 Расчетно-пояснительная записка			
Введение	2	22.04.17	
Конструкторско – технологическая часть	35	22.03.17	
Специальная часть	9	15.04.17	
Заключение	2	22.04.17	
Список использованных источников	2	22.04.17	
2 Графическая часть			
Общий вид или сборочный чертеж машины	18	15.03.17	
Схемы: технологическая, кинематическая (принципиальная, функциональная) и другие	9	22.03.17	
Чертежи сборочных единиц	15	15.04.17	
Чертежи деталей	8	22.04.17	

Руководитель проекта: Петров А.И. _____
Фамилия И.О. подпись

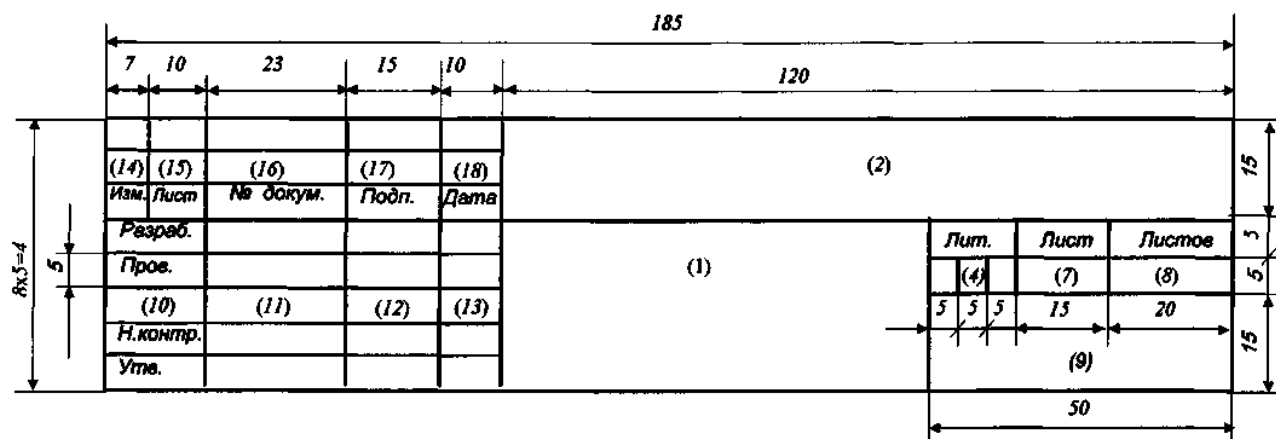
РУБЦОВСК 2017 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

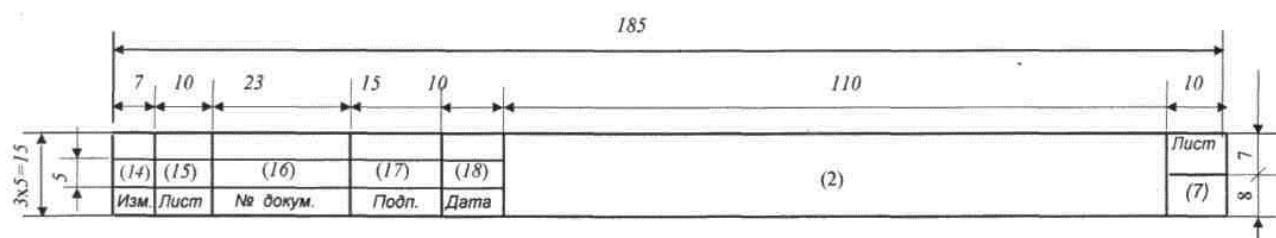
Основные надписи для конструкторских документов



Форма 1 (ГОСТ 2.104) – Основная надпись для чертежей и схем



Форма 2 (ГОСТ 2.104) – Основная надпись для заглавных листов текстовых конструкторских документов



Форма 2а (ГОСТ 2.104) – Основная надпись для последующих листов чертежей и текстовых конструкторских документов

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

ГРАФЫ ОСНОВНОЙ НАДПИСИ

Графа 1 – наименование изделия и наименование документа, если он имеет код.

Графа 2 – обозначение документа (код курсового проекта).

Графа 3 – обозначение материала, которое вносят в основную надпись только на чертеже детали.

Графа 4 – колонки литер. Литерами указывают стадии разработки документации (для курсового проекта литеры У – учебная работа).

Графа 5 – масса изделия по ГОСТ 2.109.

Графа 6 – масштаб изображения по ГОСТ 2.302 и ГОСТ 2.109.

Графа 7 – порядковый номер листа документа; на документах, состоящих из одного листа, графу не заполнять.

Графа 8 – общее количество листов данного документа.

Графу заполняют только на первом листе графического документа и в основной надписи пояснительной записки.

Графа 9 – наименование или различительный индекс предприятия, выпустившего документ (наименование университета, факультета, группы).

Графа 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ. (Разраб. – дипломник; Пров. – консультант или руководитель проекта на чертежах и в записке; Т.контр. – в курсовом проекте не заполняется; Н.контр. – нормоконтролер или руководитель проекта, если кафедрой нормоконтролер не назначен; Утв. – зав. кафедрой). Свободную графу заполняют по усмотрению разработчика.

Графа 11 – фамилии лиц, подписывающих документ.

Графа 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11. Подписи выполняются тушью или пастой.

Графа 13 – дата подписания документа выполняются тушью или пастой.

Графы 14-18 – таблицы изменений, вводимых в документы после их утверждения (в курсовом проекте не заполняются).

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Примеры заполнения основных надписей для конструкторских документов

					<i>КП 15.03.01.05.100 ВО</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Подвесной железо-отделитель</i> <i>Общий вид</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Иванов</i>					У	484	1:1
<i>Проб.</i>	<i>Гриценко</i>					<i>Лист 1 Листов 2</i>		
<i>Т.контр.</i>						<i>РИИ АлтГТУ</i> <i>гр. ТМО-21</i>		
<i>Н.контр.</i>								
<i>Утв.</i>	<i>Гриценко</i>							

Форма 1(ГОСТ 2.104) – Основная надпись для первых листов чертежей и схем

					<i>КП 15.03.01.05.100 ВО</i>			<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				2

Форма 2а (ГОСТ 2.104) – Основная надпись для последующих листов чертежей

					<i>КП 15.03.01.05.100</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Подвесной жЕЛЕЗО-отделитель</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Иванов</i>					У	1	35
<i>Проб.</i>	<i>Гриценко</i>					<i>Лист 1 Листов 35</i>		
<i>Н.контр.</i>						<i>РИИ АлтГТУ</i> <i>гр. ТМО-21</i>		
<i>Утв.</i>	<i>Гриценко</i>							

Форма 2 (ГОСТ 2.104) – Основная надпись для заглавных листов спецификаций

					<i>КП 15.03.01.05.100</i>			<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				2

Форма 2а (ГОСТ 2.104) – Основная надпись для последующих листов спецификаций

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Д

					<i>КП 15.03.01.05.000 ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>		
<i>Разраб.</i>	<i>Иванов</i>						
<i>Проб.</i>	<i>Гриценко</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
					ц	1	35
<i>Н.контр.</i>					<i>РИИ АлтГТУ</i>		
<i>Утв.</i>	<i>Гриценко</i>				<i>гр. ТМО-21</i>		

Форма 2 (ГОСТ 2.104) – Основная надпись для заглавных листов пояснительной записки

					<i>КП 15.03.01.05.000 ПЗ</i>		<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>			2

Форма 2а (ГОСТ 2.104) – Основная надпись для последующих листов пояснительной записки

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Форма и расположение дополнительной основной надписи

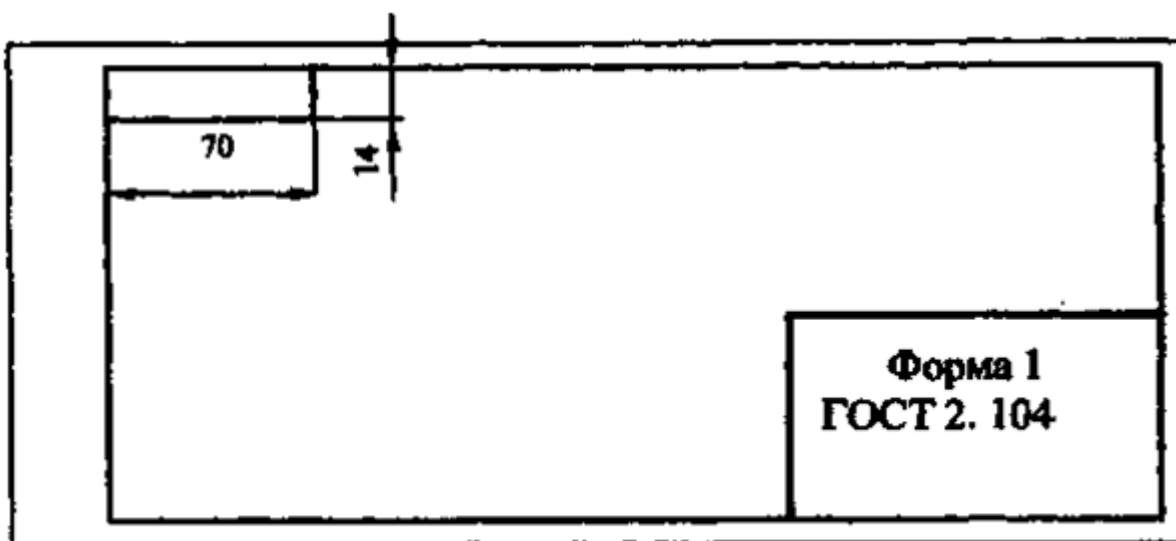


Рисунок Е.1

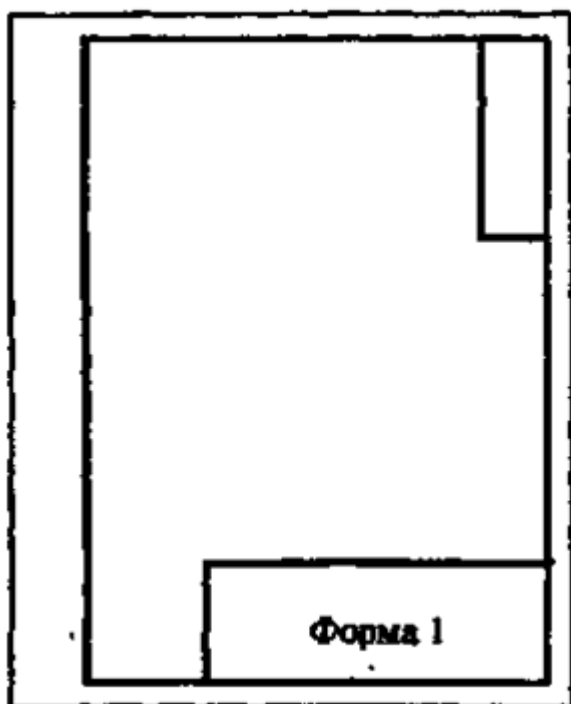


Рисунок Е.2

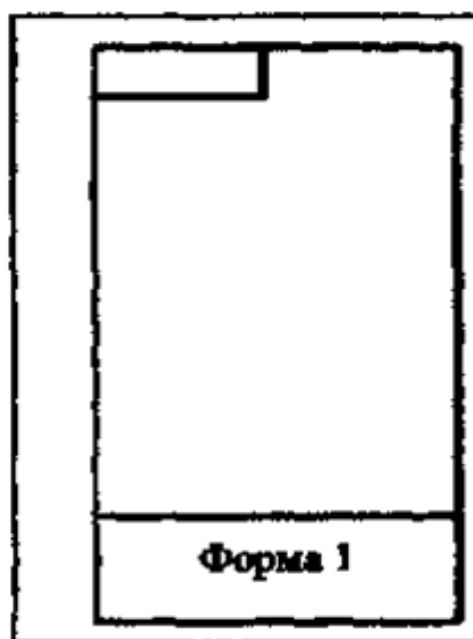


Рисунок Е.3

Примечание. Для форматов больше А4 при расположении основной надписи: рисунок Е.1 – вдоль длинной стороны листа; рисунок Е.2 – вдоль короткой стороны листа; рисунок Е.3 – для формата А4.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Значения параметров шероховатости

Класс шероховатости	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_a	80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16
R_z	320	160	80	40	20	10	6,3	3,2	1,6	0,8

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Типовые поверхности и их показатели шероховатости

Параметры шероховатости, мкм	Типовые поверхности и детали
$R_z = 320$ и $R_z = 160$	Нерабочие контуры деталей
$R_z = 80$	Отверстия на проход крепежных деталей. Выточки, проточки. Отверстия масляных каналов на силовых валах. Разделка кромок под сварку
$R_z = 40$	Внутренний диаметр шлицевых соединений (нешлифованных). Свободные несопрягаемые торцовые поверхности валов, муфт, втулок
$R_z = 20$	Торцовые поверхности под подшипниками качения. Поверхности втулок, колец, ступиц, прилегающие к другим поверхностям, но не являющиеся посадочными
$R_a = 2,5$	Шаровые поверхности ниппельных соединений. Канавки под уплотнительные резиновые кольца для подвижных и неподвижных торцовых соединений. Радиусы скруглений на силовых валах. Поверхности осей для эксцентриков
$R_a = 1,25$	Поверхности разъема герметичных соединений без прокладок или со шлифованными металлическими прокладками. Наружные диаметры шлицевого соединения. Отверстия подшипников скольжения. Трущиеся поверхности малонагруженных деталей
$R_a = 0,63$	Притираемые поверхности в герметичных соединениях. Поверхности зеркала цилиндров, работающие с резиновыми манжетами. Трущиеся поверхности нагруженных деталей. Посадочные поверхности второго класса точности: оси эксцентриков, точные червяки, зубчатые колеса. Рабочие шейки распределительных валов. Штоки и шейки валов в уплотнениях
$R_a = 0,32$	Валы в пригоняемых и регулируемых соединениях (шейки, шпиндели, золотники). Отверстия пригоняемых и регулируемых соединений (вкладыши подшипников). Трущиеся элементы сильно нагруженных деталей. Цилиндры, работающие с поршневыми кольцами
$R_a = 0,16$	Поверхности, работающие на трение, от износа которых зависит точность работы механизмов

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Рекомендации по назначению допусков и посадок

Посадки выбирают в зависимости от назначения и условия работы оборудования и механизмов, их точности, условия сборки.

Посадки с зазором.

Посадки H/h – «скользящие». Наименьший зазор в них равен нулю. Применяют главным образом в неподвижных соединениях с дополнительным креплением при необходимости частой разборки (сменные детали), если требуется легко передвигать или поворачивать одну деталь относительно другой при настройке или регулировании, а также для центрирования неподвижно скрепляемых деталей.

Посадку H6/h5 применяют: а) для сменных зубчатых колес в станках; б) соединения деталей, которые должны легко передвигаться при затяжке; в) центрирования корпусов под подшипники качения в оборудовании и различных машинах.

Посадка H7/h6 – широко распространенная, предпочтительная, применяется в неподвижных соединениях, при высоких требованиях к точности центрирования часто разбираемых деталей. В подвижных соединениях применяется при возвратно – поступательных перемещениях и высоких требованиях к точности направления.

Посадку H8/h7, предпочтительную, используют для центрирующих поверхностей при пониженных требованиях к соосности.

Посадки H8/h8; H9/h8; H9/h9 применяют для неподвижно закрепляемых деталей при невысоких требованиях к точности механизмов, небольших нагрузках и необходимости обеспечить легкую сборку (зубчатые колеса, муфты, шкивы и другие детали, соединяющиеся с валом на шпонке; корпуса подшипников качения, центрирование фланцевых соединений).

Посадку H7/h7 применяют в подшипниках скольжения при умеренных и постоянных скоростях и нагрузках.

Посадки H/g, G/h – «движения». Характеризуются минимальными по сравнению с другими посадкам гарантированными зазорами. Применяются в основном для осевых и точных подвижных соединений, в которых требуется обеспечить плавность и точность перемещений и ограничить зазор во избежание нарушения соосности, возникновения ударов при реверсивных движениях. Посадки H7/g6 или G7/h6 – предпочтительные применяются, например, в узлах шпинделей точных станков; посадки высокой точности H6/g5, G6/h5, H5/g4, G5/h4 применяются в особо точных механизмах, например, в плунжерных и золотниковых парах и др.

Посадки H/f; F/h – «ходовые». Характеризуются умеренным гарантированным зазором, достаточным для обеспечения свободного вращения в подшипниках скольжения при консистентной и жидкой смазке в легких и средних режимах работы. Применяются и в опорах поступательного перемещения, не требующих высокой точности центрирования.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

Посадки H/e, E/h – «легкоходовые». Характеризуются значительным гарантированным зазором (вдвое большим, чем для ходовых посадок), обеспечивающим свободное вращательное движение при повышенных режимах работы (значительные нагрузки, скорости вращения – свыше 150 рад/с).

Посадки H/d, D/h – «широкоходовые». Характеризуются большим гарантированным зазором, позволяющим компенсировать значительные отклонения расположения сопрягаемых поверхностей и температурные деформации.

Посадки H/a; H/b; H/c и A/h; B/h; C/h характеризуются самыми большими гарантированными зазорами, применяются в основном в грубых качествах (11,12) для конструкций малой точности, где большие зазоры необходимы для компенсаций отклонения расположения сопрягаемых поверхностей (несоосности, несимметричности, неперпендикулярности и т.д.), для компенсации размерных изменений деталей в процессе эксплуатации под воздействием температуры, водо- и маслопоглощения (в посадках деталей из пластмасс).

Переходные посадки предназначены для неподвижных соединений деталей, подвергающихся при ремонтах или по условиям эксплуатации сборке и разборке. Взаимная неподвижность деталей обеспечивается шпонками, штифтами, нажимными винтами и т.д. Менее тугие посадки назначают при неудобствах разборки и возможности повреждения соединенных деталей; более тугие – если требуется высокая точность центрирования, при ударных нагрузках и вибрациях.

Посадка H7/n6 (**типа глухой**) дает наиболее прочные соединения. Примеры применения: а) для зубчатых колес, муфт, кривошипов и других деталей при больших нагрузках, ударах или вибрациях в соединениях, разбираемых обычно только при капитальном ремонте; б) посадки кондукторных втулок, установочных пальцев, штифтов. В приборостроении используется для передачи небольших нагрузок без дополнительного крепления (посадки осей, втулок, шкивов и др.), сборка производится под прессом.

Посадка H7/m6 (**типа тугой**) несколько слабее посадки типа глухой (меньше натяги, повышается вероятность получения зазора), ее применяют при необходимости изредка разбирать соединение.

Посадка H7/k6 (**типа напряженной**) в среднем дает незначительный зазор (1-5 мкм) и обеспечивает хорошее центрирование, не требуя значительных усилий для сборки и разборки. Применяется чаще других переходных посадок для посадки шкивов, зубчатых колес, муфт, маховиков (на шпонках), для втулок подшипников и вращающихся на валах зубчатых колес и др.

Посадка H7/j6 (**типа плотной**) имеет большие средние зазоры, чем предыдущая, и применяется взамен ее при необходимости облегчить сборку.

Посадки с натягом. Выбор посадки производится из условия, чтобы при наименьшем натяге была обеспечена прочность соединения и передача нагрузки, а при наибольшем натяге – прочность деталей. Для применения посадок с натягом, особенно в массовом производстве, рекомендуется опытная предварительная проверка.

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

Посадку $H7/p6$ применяют при сравнительно небольших нагрузках (например, посадки на вал уплотнительного кольца, фиксирующего положение внутреннего кольца подшипника у крановых и тяговых двигателей).

Посадки $H7/r6$; $H7/s6$; $H8/s7$ используют в соединениях без крепежных деталей при небольших нагрузках и с крепежными деталями при больших нагрузках (посадки на шпонке зубчатых колес и муфт в прокатных станах, нефтебуровом оборудовании и др.).

Посадки $H7/u7$ и $H8/u8$ применяют в соединениях без крепежных деталей при значительных нагрузках; с крепежными деталями при очень больших нагрузках, при небольших нагрузках, но малой длине сопряжения.

Посадки $H8/x8$ и $H8/z8$ характеризуются относительно большими натягами и допусками натяга, применяются в тяжело нагруженных соединениях или при материалах с относительно небольшим модулем упругости.

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Механические характеристики некоторых конструкционных материалов, применяемых в машиностроении

Пределы текучести:

при изгибе для углеродистой стали	$\sigma_{ТИ} = 1,2 \sigma_T;$
то же для легированной стали	$\sigma_{ТИ} = 1,1 \sigma_T;$
при кручении	$\tau_T = 0,6 \sigma_T.$

Предел выносливости при симметричном цикле изменения напряжений:

при растяжении или сжатии	$\sigma_{-1P} = 0,35 \sigma_B;$
при изгибе	$\sigma_{-1И} = 0,4 \sigma_B;$
при кручении	$\tau_{-1} = 0,25 \sigma_B.$

Пределы выносливости при пульсирующем цикле изменения напряжений:

при растяжении или сжатии	$\sigma_{OP} = 0,5 \sigma_B \leq \sigma_T;$
при растяжении или сжатии	$\sigma_O = 0,6 \sigma_B \leq \sigma_{ТИ};$
при кручении	$\tau_O = 0,4 \sigma_B \leq \tau_T.$

Примечание – Обозначения в формулах σ_T и σ_B – соответственно пределы текучести и прочности на растяжение.

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Международная система единиц (СИ)

Единицы измерения длины

$$1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м},$$

$$1 \text{ дюйм} = 2,540 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Единица измерения линейной скорости

$$1 \text{ м/мин} = 1,67 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}.$$

Единицы измерения массового расхода

$$1 \text{ кг/ч} = 278 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с},$$

$$1 \text{ т/ч} = 0,28 \text{ кг/с},$$

$$1 \text{ кг/мин} = 16,67 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Единицы измерения динамической вязкости

$$1 \text{ П} = 10^{-1} \text{ Па}\cdot\text{с},$$

$$1 \text{ сП} = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с},$$

$$1 \text{ кгс}\cdot\text{с/м}^2 = 9,81 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Единица измерения кинематической вязкости

$$1 \text{ Ст} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Единицы измерения давления

$$1 \text{ дин/см}^2 = 10^{-1} \text{ Па},$$

$$1 \text{ кгс/м}^2 = 9,81 \text{ Па},$$

$$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па},$$

$$1 \text{ мм рт.ст.} = 133 \text{ Па},$$

$$1 \text{ кгс/мм}^2 = 9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Единицы измерения удельной теплоемкости

$$1 \text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{К}) = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$$

$$1 \text{ кал}/(\text{г}\cdot\text{К}) = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{К})$$

$$1 \text{ ккал}/(\text{м}^3\cdot\text{К}) = 4186,8 \text{ Дж}/(\text{м}^3\cdot\text{К})$$

$$1 \text{ кал}/(\text{см}^3\cdot\text{К}) = 4,1868 \cdot 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3\cdot\text{К})$$

Коэффициенты теплопроводности

$$1 \text{ ккал}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{К}) = 1,163 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$$

$$1 \text{ кал}/(\text{см}\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 4,1868 \cdot 10^2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$$

Единицы измерения плотности

$$1 \text{ т/м}^3 = 10^3 \text{ кг/м}^3,$$

$$1 \text{ кгс}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4 = 9,81 \text{ кг/м}^3.$$

Единица измерения момента инерции (динамического)

$$1 \text{ кгс}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2 = 9,81 \text{ кг/м}^2.$$

Единицы измерения мощности

$$1 \text{ (кгс}\cdot\text{м)}/\text{с} = 9,81 \text{ Вт},$$

$$1 \text{ эрг/с} = 10^{-7} \text{ Вт},$$

$$1 \text{ л.с.} = 736 \text{ Вт},$$

$$1 \text{ ккал/ч} = 1,16 \text{ Вт},$$

$$1 \text{ кал/с} = 4,19 \text{ Вт}.$$

Единицы измерения работы, энергии, количества теплоты

$$1 \text{ кгс}\cdot\text{м} = 9,81 \text{ Дж},$$

$$1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж},$$

$$1 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ Дж},$$

$$1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж},$$

$$1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Дж}.$$

Единицы измерения удельного количества теплоты

$$1 \text{ ккал/кг} = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг},$$

$$1 \text{ кал/г} = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг},$$

Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи

$$1 \text{ ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{К}) = 1,163 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}),$$

$$1 \text{ кал}/(\text{см}^2\cdot\text{с}\cdot\text{К}) = 4,1868 \cdot 10^2 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$$

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Образцы выполнения технической характеристики и технических требований

Техническая характеристика

1. Назначение.
2. Объем номинальный, м³; рабочий, м³.
3. Производительность.
4. Усилие запирания пресс-формы.
5. Давление рабочее, МПа (кгс/см²).
6. Максимальные размеры оснастки, мм (длина, ширина, высота)
7. Привод.
8. Частота вращения, с⁻¹ (об/мин).
9. Габаритные размеры машины, мм (длина, ширина, высота).
10. Масса изделия в рабочем состоянии, кг.

Технические требования

1. При изготовлении машины руководствоваться ГОСТ 26-01-112-79, ГОСТ 12.2.003-74.
2. Материал основных деталей: Вст 3 сп 4 ГОСТ 380-88, Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-80 и т.д.
3. Основные сварочные материалы: Проволока св-08г2с ГОСТ 2246-70, электрод МР-3, ЦЛ-11 ГОСТ 9466-80 и т.д.
4. Общие допуски по ГОСТ: Н14, h14, ±IT14/2.
5. Действительное расположение штуцеров дано: на схеме, виде А, разрезе Б-Б и т.д.
6. Произвести гидравлическое испытание корпуса ресивера пробным давлением... МПа, пневмоцилиндра... МПа.
7. Произвести обкатку привода на холостом ходе в течение ... минут.
8. Покрытие наружной поверхности машины произвести в один слой грунтовкой коричневой ГФ-0195.
9. Покрытие машины производить краской
10. Машина поставляется частями (какими) ...
- 11*. Размеры для справок.

ПРИЛОЖЕНИЕ Р
Форма спецификаций изделий

Форма 1 (ГОСТ 2.106) – Форма спецификаций изделий (заглавный лист)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Форма спецификаций (заглавный лист)						
Основная надпись по форме 2 ГОСТ 2.104						

Dimensions: Total height 297, total width 210. Header row height 15. Column widths: Формат (6), Зона (6), Поз. (8), Обозначение (70), Наименование (63), Кол. (10), Примечание (22). Margins: 5 on top, 5 on right, 5 on bottom. A 20-unit margin is shown from the left edge to the start of the table columns.

Форма 1а (ГОСТ 2.106) – Форма спецификаций изделий (последующие листы)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Форма спецификаций (последующие листы)						
Основная надпись по форме 2а ГОСТ 2.104						

Dimensions: Total height 297, total width 210. Header row height 15. Column widths: Формат (6), Зона (6), Поз. (8), Обозначение (70), Наименование (63), Кол. (10), Примечание (22). Margins: 5 on top, 5 on right, 5 on bottom. A 20-unit margin is shown from the left edge to the start of the table columns.

ПРИЛОЖЕНИЕ С
Примеры заполнения спецификаций

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Поз.
<i>Документация</i>						
		КП 15.03.01.05.100 ВО	<i>Общий вид</i>			
<i>Сборочные единицы</i>						
Справ. №	A1	1	КП 15.03.01.05.100/01 СБ	Рама	1	
	A3	2	КП 15.03.01.05.100/02 СБ	ЭЛЕКТРОМАГНИТ В	1	
	Б/4	3	КП 15.03.01.05.100/03 СБ	Корпус нижний	1	
	Б/4	4	КП 15.03.01.05.100/04 СБ	Корпус верхний	1	
	И/8	5	КП 15.03.01.05.100/05 СБ	Вал	1	
	A3	6	КП 15.03.01.05.100/06 СБ	Крышка	1	
	Б/4	7	КП 15.03.01.05.100/07 СБ	Поддон	1	
	Б/4	8	КП 15.03.01.05.100/08 СБ	Стакан подшипника	1	
<i>Детали</i>						
Подп. и дата	A2	9	КП 15.03.01.05.100.01	Палец	1	
	A4	10	КП 15.03.01.05.100.02	Вилка	1	
	A4	11	КП 15.03.01.05.100.03	Шток	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
Взам. инв. №		12		Болт М8-6г × 60 ГОСТ 7805-70	24	
		13		Гайка М8 × 1,25 ГОСТ 5916-70	24	
КП 15.03.01.05.100						
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.	Иванов				
	Проб.	Гриценко				
	И.контр.					
Утв.	Гриценко					
Подвесной желе- зоотделитель				Лит.	Лист	Листов
				4	1	3
				РИИ АлтГТУ гр. ТМО-21		
<i>Копировал</i>				<i>Формат А4</i>		

Форма 1 (ГОСТ 2.106) – Пример заполнения заглавного листа спецификации

Козлов Сергей Николаевич
Гриценко Вячеслав Владимирович

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Учебное пособие по организации, содержанию, оформлению и защите курсового проекта по дисциплине «Оборудование литейных цехов» для студентов направления «Машиностроение» всех форм обучения

Редактор Е.Ф. Изотова

Подписано в печать 04.12.17. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 6,31. Тираж 20 экз. Заказ 171633. Рег. № 16.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.