



Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

В. А. Савельев, В. В. Тодарев

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной формы обучения**

Гомель 2024

УДК 62-83(075.8)
ББК 31.291я73
С12

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 6 от 28.02.2023 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Информационные технологии» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *В. С. Захаренко*

Савельев, В. А.
С12 **Дипломное проектирование** : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. формы обучения / В. А. Савельев, В. В. Тодарев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 52 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит требования, предъявляемые к тематике, объему и оформлению дипломных проектов, рекомендации по содержанию и выполнению каждого раздела расчетно-пояснительной записки и графического материала, образцы титульного листа, задания на проект.

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной формы обучения.

**УДК 62-83(075.8)
ББК 31.291я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие содержит требования, предъявляемые к тематике, объему и оформлению дипломных проектов по специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» специализации 1-53 01 05 01 «Автоматизированный электропривод промышленных и транспортных установок».

Даются рекомендации по содержанию каждого раздела дипломного проекта, приводятся образцы оформления титульного листа (приложение 1), задания на дипломное проектирование (приложение 2), графиков, расчетов, списка литературы в расчетно-пояснительной записке и штампов к листам записки и чертежам.

Пособие ориентировано на студентов, выполняющих дипломные проекты, их руководителей, консультантов и рецензентов.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Цель и задачи дипломного проектирования

Целью дипломного проектирования является применение выпускником полученных при обучении на кафедре «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П.О. Сухого теоретических знаний и практических навыков проектирования автоматизированных электроприводов для успешного прохождения второго этапа государственной аттестации подготовки специалистов с квалификацией «инженер-электрик» согласно ОСВО 1-53 01 05 - 2019 «Образовательный стандарт. Высшее образование. Специальность 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» через защиту дипломного проекта.

Цель достигается, если выпускник при дипломном проектировании сможет решить следующие задачи:

- уметь применять требуемые теоретические положения к решению конкретной практической инженерно-технической задачи;
- выполнять проектирование необходимого электрооборудования автоматизированной рабочей машины или технологического комплекса;
- знать и уметь использовать передовые достижения науки и техники в разработке систем автоматизированных электроприводов, автоматических средств управления рабочей машиной, блоков электропитания, защиты и сигнализации;
- конструировать узлы специального электрооборудования;
- уметь предусмотреть необходимые мероприятия, обеспечивающие охрану труда и окружающей среды по проектируемому объекту;
- иметь навыки в использовании современных методов технико-экономического анализа, с целью выбора оптимальных решений на всех этапах дипломного проектирования.

1.2. Тематика дипломного проекта

В дипломном проекте в комплексе решаются технические, экономические и организационные задачи, в основном, на конкретных материалах по электрооборудованию отечественных (импортных) промышленных установок, технологических комплексов или электротранспорта на действующем предприятии.

Дипломный проект разрабатывается исходя из перспективных направлений развития автоматизации данного производства. Его темой может быть усовершенствование имеющегося или проектирова-

ние нового автоматизированного электрооборудования промышленной установки, технологического комплекса или электротранспорта, включающих в себя, как правило, систему электропитания, ряд автоматизированных электроприводов, логическую систему управления рабочими механизмами в соответствии с технологическим процессом, узлы и блоки защиты и сигнализации.

Кроме этого, выпускникам могут быть предложены темы дипломных проектов, связанные с научно-исследовательскими работами кафедры «Автоматизированный электропривод», темами кандидатских диссертаций аспирантов, постановкой учебноисследовательской лабораторной базы, спецзаданиями или заказами предприятий.

1.3. Порядок работы над проектом

1.3.1. Выбор темы, составление плана работы

К дипломному проектированию студенты специальности 1-53 01 05 допускаются только при условии полного выполнения учебного плана полностью за прошедшее время обучения.

Студенту-дипломнику предоставляется право свободного выбора темы, которая закрепляется за студентом выпускающей кафедрой «Автоматизированный электропривод», что оформляется приказом по университету.

Кафедрой назначаются руководитель дипломного проекта, и консультанты по выполнению экономической части, обеспечению охраны труда и техники безопасности.

Работа студента начинается с оформления задания на проектирование, которое составляет руководитель проекта и утверждает заведующий кафедрой.

В задании указывается тема проекта, исходные данные для проектирования, перечень разрабатываемых вопросов, содержание расчетно-пояснительной записки и чертежей, фамилии консультантов по отдельным частям проекта, календарный график работы над проектом и срок представления законченного проекта на кафедру для заключения о допуске к защите.

Утвержденное заведующим кафедрой задание на дипломное проектирование (приложение 2) является официальным документом, на основании которого оценивается полнота разработки темы проекта при защите перед государственной экзаменационной комиссией.

1.3.2. Сбор материалов к проекту

Сбор материалов по теме проекта осуществляется на преддипломной практике, которая осуществляется на предприятии, предполагающем заключить с будущим специалистом контракт на инженерную работу, или на кафедре «Автоматизированный электропривод» университета.

Промышленная установка, технологический комплекс или электротранспорт, электротехнические системы автоматизации которых требуется спроектировать впервые или усовершенствовать, назначается руководством предприятия и согласовывается с руководителем преддипломной практики от кафедры.

На первом этапе дипломник собирает материалы, характеризующие рабочую машину или технологический комплекс и их электрооборудование в целом: назначение, технические параметры, конструкция, нагрузочная диаграмма в технологическом процессе, состав имеющегося электрооборудования, эксплуатационные требования, функциональные схемы и т.д.

Затем в результате критического анализа собранных материалов выявляются недостатки, имеющиеся резервы и пути решения задач проектирования. Этот этап наиболее сложный и ответственный, он определяет качество будущего дипломного проекта, поэтому здесь дипломник постоянно консультируется с руководителем практики, работниками предприятия и преподавателями кафедры.

После принятия организационных и технических решений принципиального плана дипломник приступает к сбору материалов по научно-технической, проектной, справочной литературе, позволяющих реализовать эти решения, и начинает конкретную работу над дипломным проектом.

1.3.3. Работа над проектом

Непосредственно на дипломное проектирование по учебному плану отводится 13 недель.

Рекомендуется следующая последовательность работы над проектом:

- систематизация, анализ и отбор материалов по каждой позиции будущего проекта, выявление необходимости дополнительных сведений, составление плана расчетно-пояснительной записки и перечня листов графической части проекта;
- предварительные расчеты, эскизная проработка отдельных частей проекта, формирование основных выводов и оценка их техни-

ко-экономической эффективности, сбор дополнительного справочно-нормативного материала, написание чернового варианта расчетно-пояснительной записки и составление эскизного варианта графической части;

- обоснование, уточнение и оформление окончательных проектных решений, завершение расчетов, доработка расчетно-пояснительной записки и чертежей;

- литературная обработка и чистовое написание расчетно-пояснительной записки, оформление начисто графического материала.

1.4. Руководство и консультации при дипломном проектировании

Всю ответственность за правильность принятых в проекте решений, качество и своевременное выполнение дипломной работы несет студент-дипломник.

Для оказания помощи ему при подготовке дипломного проекта назначаются руководитель проекта и консультанты по экономической части, разделу охраны труда и техники безопасности.

Руководитель проекта:

- выдает задание на проектирование (приложение 2) и составляет график его выполнения по этапам;

- осуществляет систематическое наблюдение и контроль за выполнением графика работ, информирует заведующего кафедрой о возникших отклонениях от графика;

- определяет первичный материал, который должен быть собран во время преддипломной практики;

- рекомендует перечень основной литературы, необходимой для разработки проекта;

- проверяет по разделам и в целом содержание и оформление расчетно-пояснительной записки и графической части, проводит предварительный нормоконтроль, дает необходимые консультации и указания.

Консультанты по отдельным частям проекта дают студенту руководящие указания по принципиальным вопросам, рекомендуют список специальной технической и справочно-нормативной литературы, ведут контроль за ходом выполнения соответствующих частей проекта по разработанному ими календарному графику.

В процессе работы над проектом комиссия консультантов во главе с руководителем проекта проводит 2 - 3 проверки выполнения установленного объема работ. Итоги проверки сообщаются заведую-

щему кафедрой и декану, которые принимают конкретные меры по обеспечению своевременного и качественного выполнения проектов.

Законченный дипломный проект (записка и чертеж) подписываются последовательно дипломником, консультантами, руководителем проекта и заведующим кафедрой.

После этого проект вместе с отзывом руководителя за 10 дней до начала работы Государственной экзаменационной комиссии, назначаемой Министерством образования Республики Беларусь, представляется на выпускающую кафедру для заключения о допуске дипломника на защиту.

1.5. Рецензирование и защита дипломного проекта

Не позднее, чем за 5 дней до начала работы государственной экзаменационной комиссии допущенный к защите дипломный проект вместе с отзывом руководителя направляется на рецензирование.

Отзыв руководителя должен содержать:

- сведения о причине постановки темы дипломного проекта, его цели и реальности;
- характеристику работы дипломника над проектом, оценку его квалифицированности, творческой инициативы, умения принимать правильные технические решения;
- перечень положительных и отрицательных сторон проекта, причины возникновения последних;
- оценку качества оформления расчетно-пояснительной записки и графической части, их соответствие требованиям ЕСКД;
- отзыв о проекте и дипломнике в целом, рекомендации по использованию проекта на производстве;
- оценку проекта.

В состав рецензентов, утверждаемый приказом ректора университета, включаются высококвалифицированные работники промышленных предприятий, научно-исследовательских и проектных институтов, специалисты высших учебных заведений.

Рецензент составляет рецензию, в которой должно содержаться:

- заключение о соответствии дипломного проекта техническому заданию по содержанию и объему, а также соответствия тематике специальности 1-53 01 05;
- характеристику выполнения каждого раздела проекта, оценку использования последних достижений науки, техники и глубины технико-экономического обоснования принятых проектных решений.
- оценку качества оформления расчетно-пояснительной записки

и графической части, их соответствие требованиям ЕСКД;

- перечень положительных и отрицательных качеств проекта;
- отзыв о проекте в целом, вывод о возможности его использования на производстве;
- оценку проекта.

Защита проекта производится на заседании ГЭК. Вначале секретарь ГЭК оглашает оценки, выставленные в отзыве руководителя и рецензии. Затем дипломант в течение 10...15 минут делает доклад о проделанной работе, подтверждая его обращениями к графическому материалу и расчетно-пояснительной записке. Затем зачитываются замечания по рецензии на проект, и предоставляется слово дипломнику для ответа на замечания.

После этого члены ГЭК и присутствующие на защите задают дипломанту вопросы по теме проекта, а также по любому разделу учебного плана подготовки инженера-электрика по специальности 1-53 01 05.

После окончания защиты всех дипломных проектов на открытом заседании ГЭК объявляются оценки работ дипломников.

Студентам, получившим положительные оценки, Государственная экзаменационная комиссия присваивает квалификацию инженера-электрика.

Оценка и решение ГЭК о присвоении квалификации оформляется приказом ректора по университету, после чего дипломнику вручается диплом об окончании Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

2.1. Объем расчетно-пояснительной записки и графического материала

Дипломный проект выполняется в виде расчетно-пояснительной записки, в которой излагается текстовая часть проекта, и комплекта чертежей, которые представляют графический материал проекта.

Расчетно-пояснительная записка должна иметь объем не менее 60 листов формата А4, а графический материал - не менее 6 листов формата А1.

2.2. Содержание расчетно-пояснительной записки

Рекомендуется расчетно-пояснительную записку типового дипломного проекта выполнять по следующим основным разделам, раскрывающим последовательность и результаты проектирования.

2.2.1. Введение

Исходя из общей хозяйственно-экономической ситуации в Республике Беларусь, дипломник четко определяет актуальность темы дипломного проекта, формулирует его цель и задачи.

2.2.2. Анализ технического задания на дипломное проектирование

На основе описания рабочей машины и ее основного технологического процесса дипломник получает дополнительные сведения, необходимые для проектирования и технические показатели рабочей машины: условия эксплуатации ее электрооборудования (климатические, механические, радиационные и другие воздействия); задачи, режимы работы и требования к конструктивному оформлению электроприводов, систем электропитания, управления, защиты и сигнализации и т.д.

2.2.3. Выбор системы основного электропривода главного механизма рабочей машины

Расчет нагрузочной диаграммы механизма.

Расчет производится по параметрам наиболее энергоемкого технологического процесса, кинематической схеме механического преобразователя (редуктора) рабочей машины и результатам анализа технического задания (п. 2.2.2).

Предварительный расчет мощности электродвигателя главного привода.

По нагрузочной диаграмме, исходя из условий допустимого нагрева, требуемого числа повторных включений и перегрузочной способности, осуществляют предварительный расчет требуемой мощности электродвигателя.

Выбор системы электропривода.

По результатам анализа технического задания и расчета мощности электродвигателя дипломник выбирает несколько систем электроприводов, пригодных для данной рабочей машины. Технико-экономический анализ их показателей приводит к выбору одной системы электропривода, которая далее и будет проектироваться.

Выбор типоразмера электродвигателя.

Для выбранной системы электропривода, исходя из нагрузочной диаграммы механизма и требуемой мощности, выбирается типоразмер электродвигателя, строится его нагрузочная диаграмма и проводится проверка по нагреву и перегрузочной способности.

2.2.4. Выбор силового электрооборудования электропривода

В данном разделе осуществляется выбор комплектного электропривода, преобразователя. А также, при необходимости, трансформатора, дросселей и другого электрооборудования силовых цепей питания обмоток электродвигателя. Рассчитываются параметры силовой цепи, а также коэффициенты передачи и постоянные времени электрооборудования.

2.2.5. Синтез и анализ системы электропривода

Синтез функциональной схемы электропривода.

По заданным основным статическим и динамическим показателям формируется функциональная схема привода: задается принцип регулирования (по отклонению, возмущению или комбинированный), назначаются необходимые контуры регулирования, обратные связи, каналы компенсации возмущений. При проектировании не на основе комплектного серийного электропривода выбираются основные стандартные элементы: задающие устройства, датчики обратных связей и т.д. Рассчитываются коэффициенты передачи, постоянные времени и точность элементов.

Синтез системы автоматического управления.

Выбираются критерии обеспечения показателей качества управления электроприводов и на их основе синтезируются сначала структурные схемы и передаточные функции регуляторов. Затем для аналоговых электроприводов синтезируются принципиальные

электрические схемы регуляторов, задатчиков интенсивности, узлов ограничения, логических блоков адаптации и т.д. Для электроприводов с микропроцессорным управлением разрабатывается алгоритм управляющей программы.

Анализ статической точности системы электропривода.

Рассчитываются статические характеристики электропривода и, с учетом погрешностей элементов системы управления и параметров кинематической цепи, определяется точность работы механизма по скорости и (или) позиционированию.

Если заданные требования по точности не выполняются, то предыдущая часть проекта корректируется.

Анализ динамики электропривода.

С помощью ЭВМ рассчитываются переходные процессы «в малом» и «в большом» за один рабочий цикл рабочей машины.

Анализируя переходные характеристики, выявляют динамические показатели: время переходных процессов, перерегулирование, величины бросков тока, момента, ускорение и т.д. Время переходных процессов по управлению и перерегулирование определяется по диаграмме основной регулируемой координаты переходного процесса «в малом». Время переходного процесса по возмущению определяется для переходного процесса «в малом» по диаграмме переменной, которая компенсирует воздействие возмущения (например, для процесса по моменту сопротивления длительность определяется по диаграмме тока или момента двигателя).

При несовпадении динамических показателей с требуемыми по заданию, предыдущая часть проекта корректируется.

Окончательная проверка правильности выбора типоразмера электродвигателя.

С учетом диаграмм переходных процессов уточняется нагрузочная диаграмма и производится окончательная проверка выбранного типоразмера электродвигателя по нагреву и перегрузочной способности.

При необходимости выбирается другой типоразмер двигателя и расчет повторяется.

2.2.6. Выбор систем вспомогательных электроприводов рабочей машины

Выбор осуществляется по общим рекомендациям, исходя из требований задания и результатов его анализа.

2.2.7. Синтез функциональной схемы управления рабочей машиной

Основываясь на требованиях технологического процесса рабочей машины разрабатывают релейную или логическую схему управления, которая должна обеспечивать согласование работы всех механизмов во времени и пространстве, защиту электрооборудования в аварийных режимах, сигнализацию о прохождении рабочего процесса в аварийных ситуациях.

Здесь же выбирают по известным инженерным рекомендациям типовые элементы и узлы электрооборудования, необходимые для реализации схемы управления рабочей машиной.

2.2.8. Конструкторская разработка узла с электрооборудованием рабочей машины

В соответствии с заданием на проект разрабатывается конструкция панели или пульта управления, силового шкафа, кинематического специального узла и т.д.

При этом осуществляется выбор унифицированных элементов, размещение их, удобное для эксплуатации и ремонта, выполняются требования техники безопасности и экологии.

2.2.9. Принципиальная электрическая схема электрооборудования и перечень ее элементов

В этом разделе обобщается вся проделанная при проектировании расчетно-графическая работа, которая представляется в виде общей принципиальной схемы и спецификации элементов электрооборудования рабочей машины. Кратко описывается принцип действия и назначение элементов схемы.

2.2.10. Мероприятия по ресурсо- и энергосбережению

В данном разделе по заданию и под руководством руководителя дипломного проекта производится проработка вопросов энергосбережения и ресурсосбережения при эксплуатации рабочей машины, электропривод которой разрабатывается в ходе дипломного проектирования. Либо приводится обоснование (при модернизации электрооборудования существующей технологической установки) того, что проектируемый вариант электропривода выгоднее с точки зрения указанных целей базового варианта.

2.2.11. Охрана труда

Этот раздел выполняется по заданию и под руководством кон-

сультанта данного раздела. В нем должны быть решены вопросы охраны труда и электробезопасности при обслуживании рабочей машины, а также осуществлена проверка правильности выбора защитной аппаратуры в п. 2.2.7.

2.2.12. Экономика

Этот раздел выполняется по заданию и под руководством консультанта данного раздела. Он должен содержать экономическое обоснование принятых технических решений, расчет капитальных вложений на приобретение и монтаж электрооборудования рабочей машины, разработку графиков планово-предупредительных ремонтов электрооборудования, расчет годового фонда зарплаты и т.д. Технико-экономические показатели сводятся в общую таблицу, которая представляется как в расчетнопояснительной записке, так и на листе графической части проекта.

2.2.13. Заключение

Здесь содержатся окончательные выводы, характеризующие результат работы дипломника в достижении поставленной цели и решении задач проектирования.

Подчеркиваются достоинства и технико-экономические преимущества принятых решений перед возможными другими вариантами, указываются перспективы использования проекта в производстве и намечаются пути его усовершенствования.

2.2.14. Литература

Пронумерованный список литературы включает только те источники, которые использовались в проекте. Он составляется в той последовательности, в которой были ссылки на источники в расчетнопояснительной записке.

2.3. Содержание графического материала

Рекомендуется графическую часть типового дипломного проекта выполнять в виде следующих чертежей:

1. Общий вид рабочей машины с расположением электроприводов, шкафов с электрооборудованием, пультов управления и т.д. - 1 лист.
2. Технико-экономические показатели электрооборудования рабочей машины - 1 лист.
3. Принципиальная электрическая схема основного разработанного электропривода для аналогового электропривода - 1 - 2 листа.

Или для электропривода с микропроцессорным управлением: принципиальная электрическая схема - 1 лист, блок-схема алгоритма управляющей программы - 1 лист.

4. Статические и динамические характеристики основного электропривода: уточненная нагрузочная диаграмма, логарифмические амплитудные и фазовые частотные характеристики, статические характеристики, кривые переходных процессов - 1 - 2 листа.

5. Принципиальная электрическая схема всего электрооборудования рабочей машины - 1 - 2 листа.

6. Конструкция одного из узлов электрооборудования (силовой шкаф, пульт управления, кинематический узел и т.д.) - 1 лист.

Кроме перечисленного, графический материал полезно дополнить плакатами, улучшающими и облегчающими доклад на защите дипломного проекта: фотографии макета и экспериментальные осциллограммы спецузла электропривода и т.д.

Число чертежей типового проекта не должно быть менее шести!

2.4. Специальные дипломные проекты

Наряду с дипломными проектами типовой тематики по согласованию с руководителем проекта и руководством кафедрой допускается выполнение проектов по специальным темам, связанным с участием студентов в выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике НИР кафедры.

В данном случае содержание разделов пояснительной записки и графического материала могут не соответствовать требованиям, изложенным в разделах 2.2 и 2.3. В случае изготовления студентами опытного образца проектируемого устройства, последний может использоваться в процессе защиты в качестве вспомогательного материала. При этом число чертежей может быть менее шести.

3. ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

3.1. Общие требования к оформлению пояснительной записки

Текст пояснительной записки может быть выполнен одним из следующих способов:

- рукописным чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 черной тушью (черная паста или чернила);
- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004-88).

При выполнении записки с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ должны быть выдержаны следующие обязательные требования:

- тип шрифта во всём документе, включая формулы – Times New Roman;
- размер шрифта во всём документе включая заголовки – 14 пт. (исключение могут составлять таблицы и графики);
- межстрочный интервал – 1,5;
- выравнивание текста по ширине (за исключением формул и рисунков);
- отступ первой строки абзаца (в т.ч. заголовков, кроме текста таблиц) 1,25 см.;
- не допускается вставка нераспознанного текста в виде картинок;
- **формулы следует набирать только в редакторе формул Equation 3.0.** Тип шрифта и размер символов в формулах должен соответствовать типу и размеру шрифта в тексте записки;
- в формулах для разделения дробной и целой части должна использоваться десятичная запятая (**не точка!**);
- не допускается оставлять пустые строки между абзацами;
- интервал перед и после абзаца – 0 пт.;
- в обозначении единиц измерения для обозначения умножения не допускается использования символов «*» и «х», необходимо использовать символ «•»;
- в тексте записки должен быть установлен **автоматический перенос**;
- качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц, распечаток должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения;

– при выполнении работы необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. В работе должны быть четкие, не расплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки;

– опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе подготовки проекта, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью – рукописным способом;

– дипломная работа и магистерская диссертация оформляются в жесткий переплет.

Пример расположения текста пояснительной записки на листе формата А4 писчей бумаги (с одной стороны) должно соответствовать рис.1 и рис.2.

Материал пояснительной записки разбивается на разделы и подразделы, при необходимости — на пункты и подпункты.

Разделам присваиваются порядковые номера в пределах всей пояснительной записки. Обозначают их арабскими цифрами **без точки**. Наименование разделов должно быть кратким, соответствовать содержанию и записываться в виде заголовка (в красную строку) с прописной буквы, без точки в конце и без подчеркивания. **Переносы слов в заголовках не допускаются**. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Каждый раздел начинается с нового листа. Не допускается запись заголовков к разделам на отдельных листах без текста.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела — 8 мм. Для подразделов расстояние между последней строкой текста и последующим заголовком должно быть не менее 15 мм.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Заголовки к подразделам пишутся так же, как заголовки к разделам.

Нумерация пунктов проставляется в пределах подраздела или раздела; номер пункта составляется из номера раздела, под-

раздела и пункта, разделенных точками. В конце номера пункта точка не ставится (см. рис.1).

Пункты могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 3.2.1.1, 3.2.1.2, 3.2.1.3 и т.д.

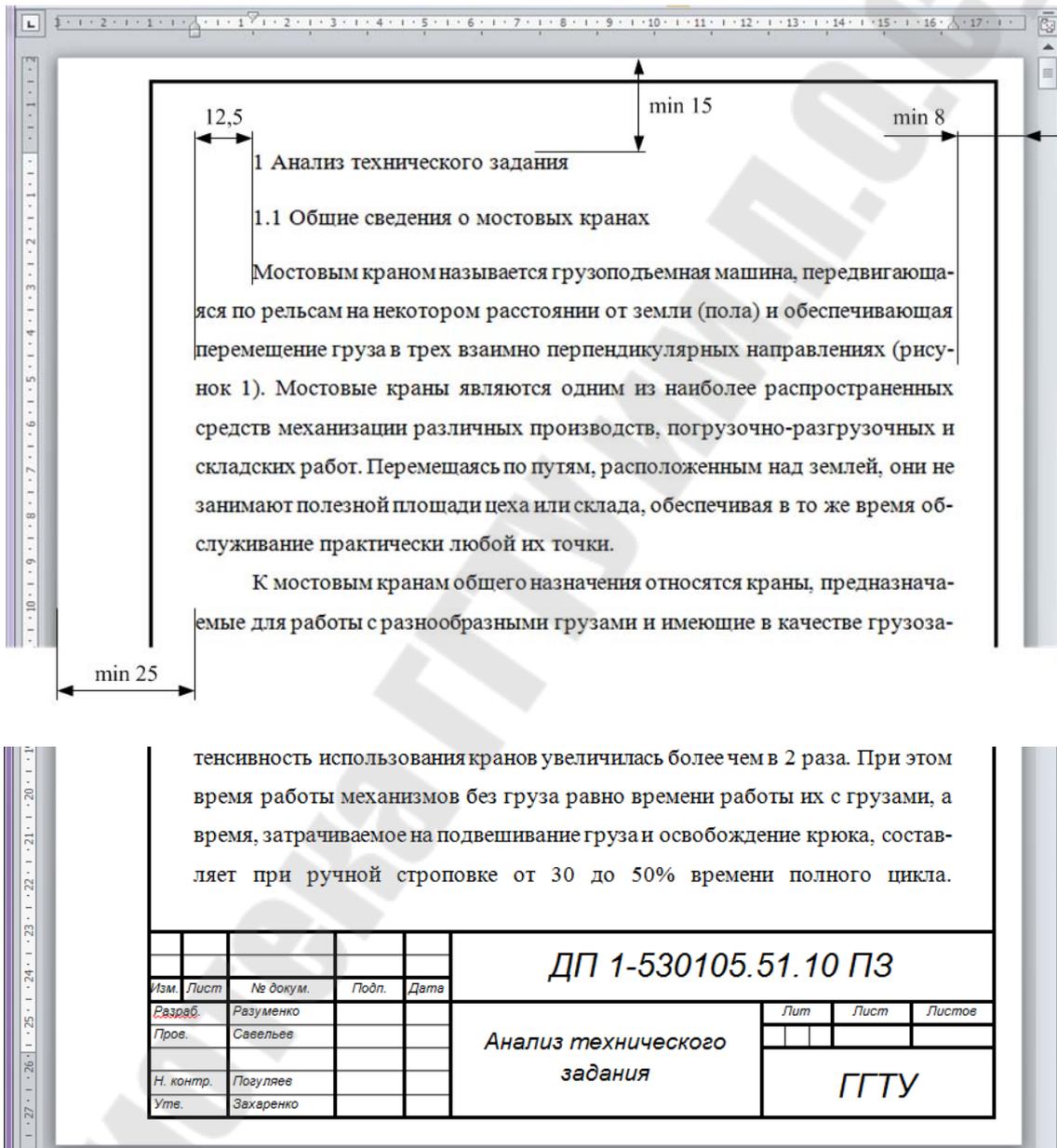


Рис. 1. Пример расположения текста пояснительной записки (первый лист раздела)

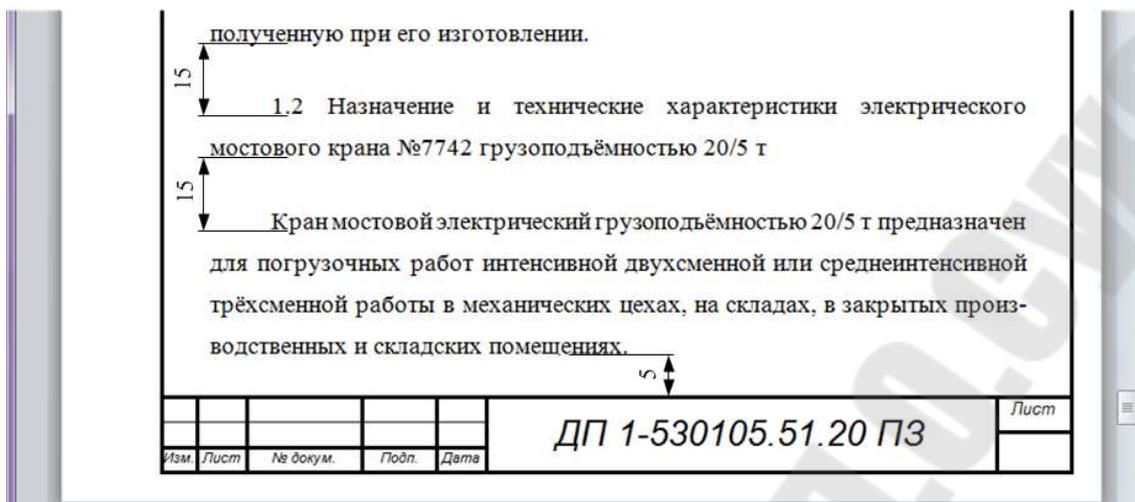


Рис. 2. Пример расположения текста пояснительной записки (последующие листы раздела)

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или (**при необходимости(!) ссылки** в тексте документа на одно из перечислений) строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа (красной строки). Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа (рис. 3).

Вводную часть дипломного проекта помещают перед первым разделом пояснительной записки без нумерации.

Первым листом пояснительной записки является титульный лист, выполняемый типографским способом. Образец титульного листа к дипломному проекту приведен в приложении Е. Далее помещается лист содержания пояснительной записки (приложение Ж), на котором указываются номера разделов, подразделов и их наименования, а также проставляются номера листов, соответствующие их началу.

Титульный лист и лист с содержанием включаются в общее число листов пояснительной записки, но на титульном листе его номер (первый) не проставляется. В конце пояснительной записки помещаются листы со списком использованной литературы (рис. 4).

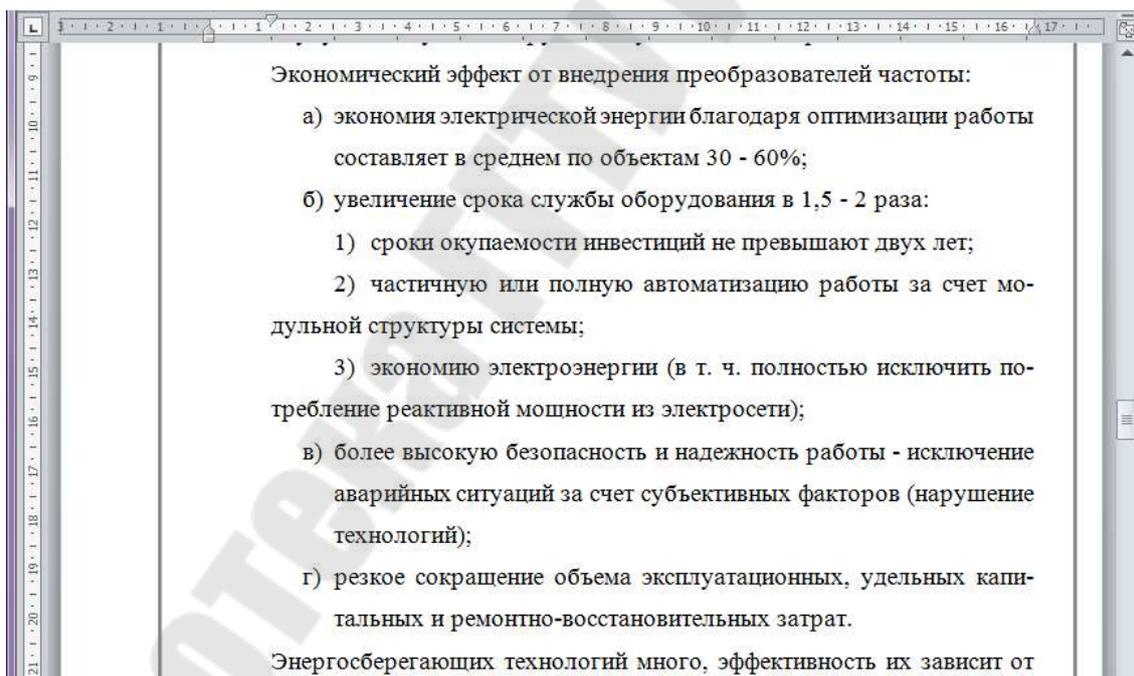
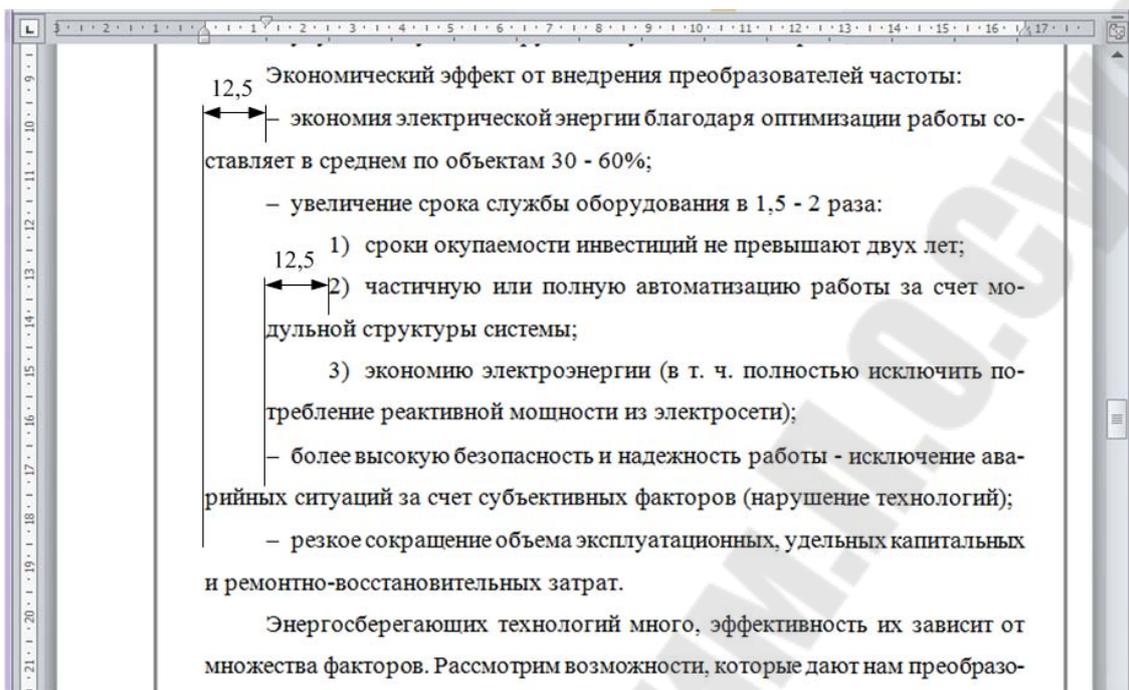


Рис. 3. Примеры оформления списков

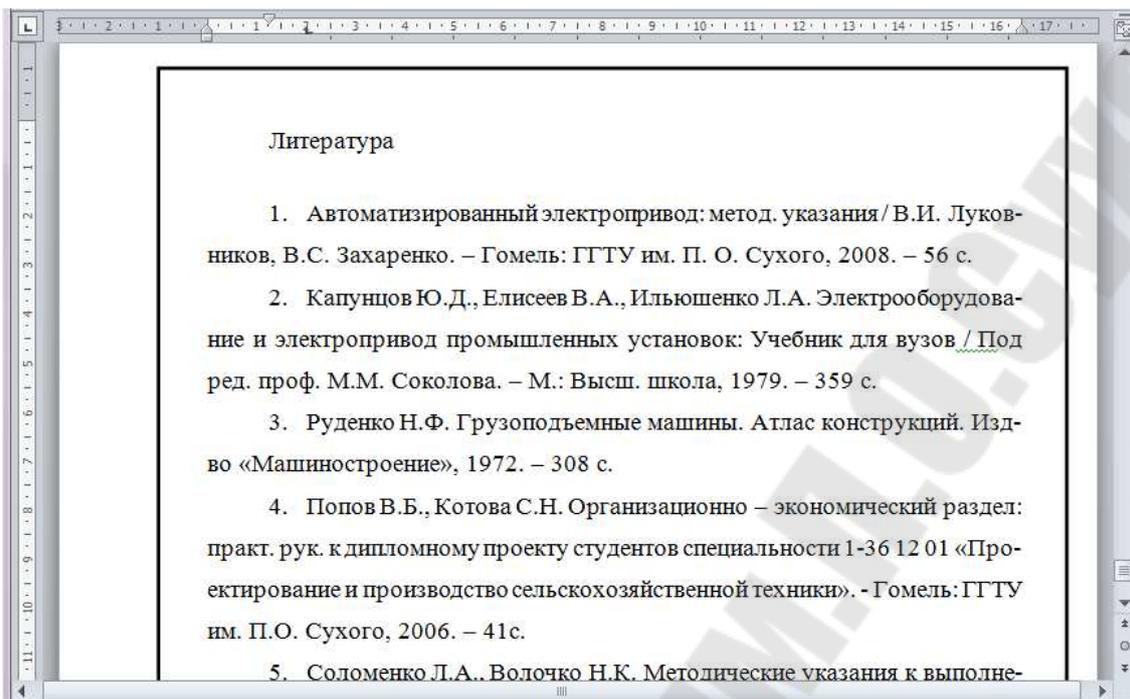


Рис. 4. Пример оформления списка использованной литературы

При обращении к тому или иному литературному источнику в тексте пояснительной записки делаются ссылки на прилагаемый список литературы.

Полное наименование изделия на титульном листе, в основной надписи и при первом упоминании в тексте пояснительной записки должно совпадать с наименованием на структурной и принципиальной схемах, на сборочном чертеже и других конструкторских документах.

В последующем тексте порядок слов в наименовании должен быть прямой, т.е. на первом месте должно быть определение (имя прилагательное), а затем — название изделия (имя существительное); при этом допускается употреблять сокращенное наименование изделия.

Например: «Каскад предварительного усиления (КПУ) усиливает слабые сигналы до уровня, необходимого для возбуждения выходного каскада. Работает КПУ в режиме класса А, т.е. на линейном участке коллекторных характеристик транзистора».

Наименования, приводимые в тексте документа и на иллюстрациях, должны быть одинаковыми. Изложение содержания

пояснительной записки должно быть кратким и четким. В тексте документа не допускается применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы; нельзя также применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии и соответствующими межгосударственными и государственными стандартами (ГОСТ 2.316–68, ГОСТ 7.12-70, РД РБ 0410.42–95).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготавливаемое изделие (например, на планки, таблички к элементам управления и т.п.), их выделяют шрифтом (без кавычек), например ВКЛ, ОТКЛ, или кавычками, если надпись состоит из цифр и знаков. Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте пояснительной записки следует выделять кавычками, например «Сигнал +27 включено».

Условные буквенные обозначения механических, химических, математических и других величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам. В тексте пояснительной записки перед обозначением параметра дают его пояснение.

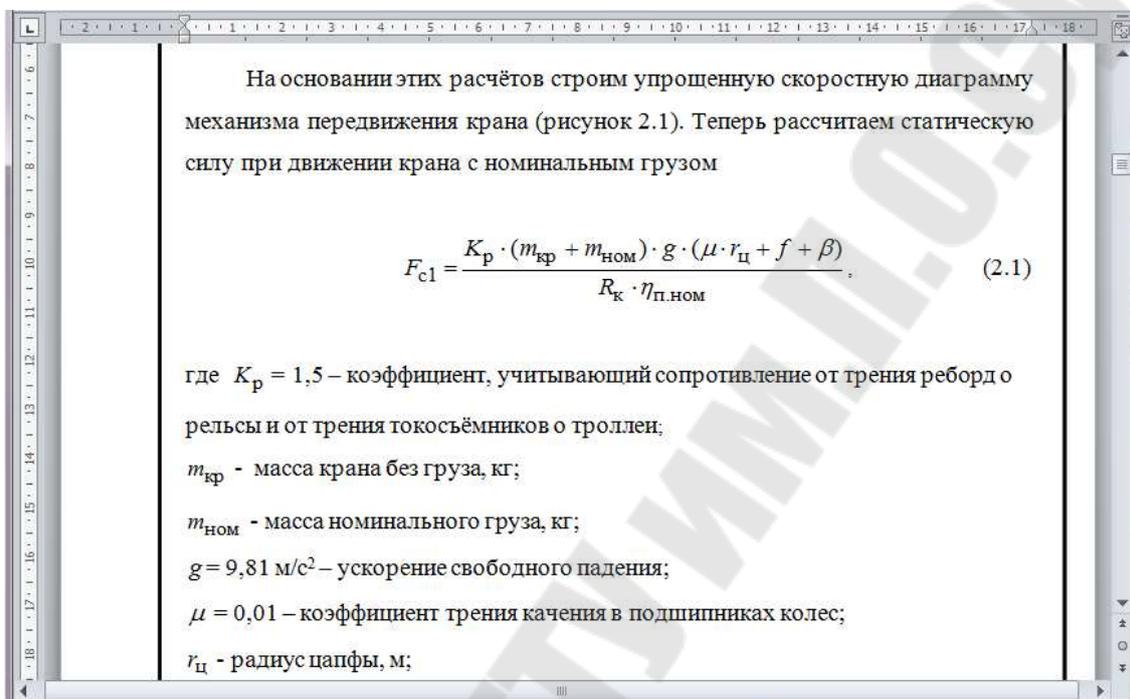
В пояснительной записке следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417–81. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения. Так же обозначают и диапазон числовых значений физических величин.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Пояснения каждого символа и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно после формулы. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой; их нумеруют арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках.

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

Допускается нумерация формул в пределах раздела, например (2.1) (рис. 5).



На основании этих расчётов строим упрощенную скоростную диаграмму механизма передвижения крана (рисунок 2.1). Теперь рассчитаем статическую силу при движении крана с номинальным грузом

$$F_{c1} = \frac{K_p \cdot (m_{кр} + m_{ном}) \cdot g \cdot (\mu \cdot r_{ц} + f + \beta)}{R_{к} \cdot \eta_{п.ном}}, \quad (2.1)$$

где $K_p = 1,5$ – коэффициент, учитывающий сопротивление от трения реборд рельсы и от трения токосъёмников о троллей;

$m_{кр}$ – масса крана без груза, кг;

$m_{ном}$ – масса номинального груза, кг;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

$\mu = 0,01$ – коэффициент трения качения в подшипниках колес;

$r_{ц}$ – радиус цапфы, м;

Рис. 5. Пример оформления формул

В тексте пояснительной записки должны быть ссылки на используемую литературу, на стандарты и другие документы. Ссылаются необходимо на документ или его разделы и приложения. Ссылки на подразделы, пункты, таблицы и иллюстрации не допускаются, за исключением подразделов, пунктов, таблиц и иллюстраций пояснительной записки дипломного проекта.

3.2. Оформление иллюстраций (рисунков, графиков) и таблиц

Иллюстрации пояснительной записки могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Для иллюстраций внешнего вида, приемов сборки, монтажа и т.п. разрешается использовать фотоснимки с натуры, которые должны быть приклеены на плотную белую бумагу. В качестве иллюстраций могут быть использованы различного рода рисунки, схемы и графики,

выполняемые в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ЕСПД карандашом, черными чернилами (тушью) или пастой на бумаге формата А4. Иллюстрации, *за исключением иллюстраций приложений*, нумеруют арабскими цифрами сквозной нумерацией (Рисунок 1, Рисунок 2...). Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела (Рисунок 1.1, Рисунок 1.2...).

Иллюстрации каждого приложения сопровождают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (Рисунок А.1 и др.).

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

Иллюстрации могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают таким образом, как показано на рис. 6.

Если в тексте записки есть ссылки на составные части изделия, то на иллюстрациях они должны иметь номера позиций, располагающихся в возрастающем порядке, а для электро- и радиоэлементов — позиционные обозначения, установленные в схемах данного изделия. Исключение составляют электро- и радиоэлементы, являющиеся органами регулировки или настройки, для которых (кроме номера позиции) дополнительно указывают в подрисуночном тексте назначение каждой регулировки и настройки, позиционное обозначение и надписи на соответствующей планке или панели. Пример 1 иллюстрирует выполнение рисунка изделия, имеющего составные части.

Требования к оформлению графиков устанавливаются ГОСТ 1.5-93.

На координатных осях графиков указываются буквенные обозначения параметров (K , $\lg f$ и т. д.), их размерность и числовые значения. Числовые значения, их параметры и размерность проставляются на одном уровне. Между параметрами и размерностью ставится запятая.

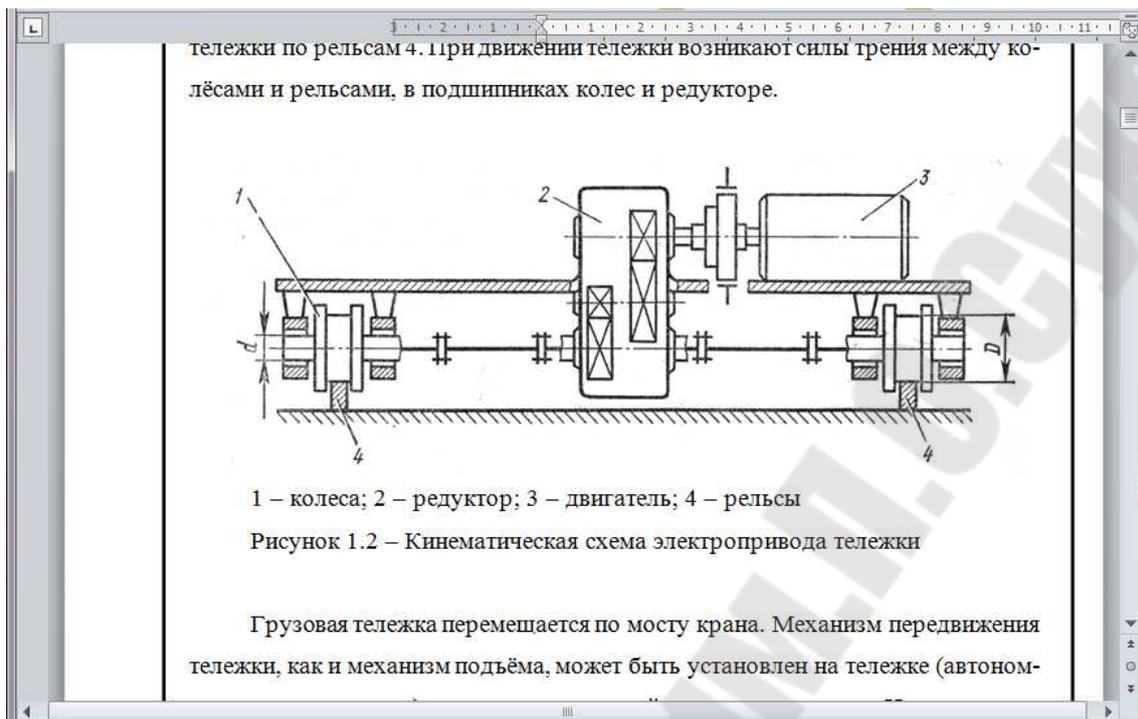


Рис. 6. Пример оформления подрисуночной надписи

Как правило, графики вычерчиваются с нанесением координатной сетки, шаг которой лежит в пределах от 5 до 10 мм. Толщина линии сетки равна примерно половине толщины линии оси координат.

Если на поле графика необходимо поместить надпись (например: 1-я цепь, 2-я цепь), то на месте ее расположения координатную сетку не наносят (рис. 7).

При невозможности замены названий параметров, записываемых на осях, буквенными обозначениями (символами) вдоль осей записывают полные названия параметров (рис. 8).

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц, которые вычерчивают в соответствии с нижеприведенным образцом.

Таблицы должны быть пронумерованы арабскими цифрами сквозной нумерацией (рис.9). Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

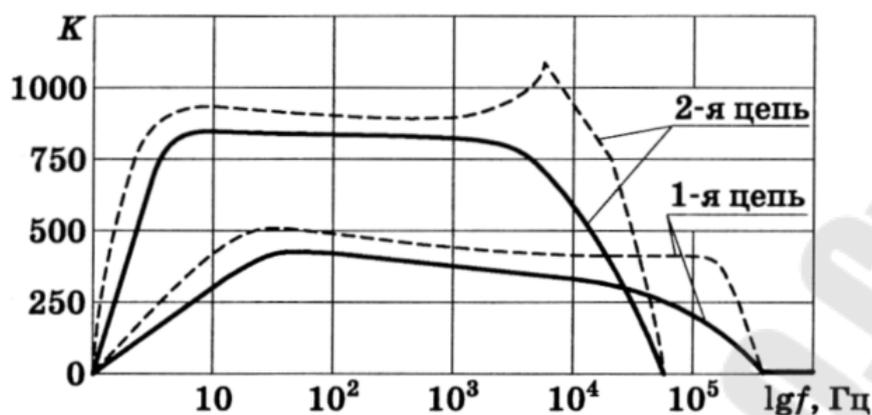


Рис. 7. Пример размещения надписи в поле графика

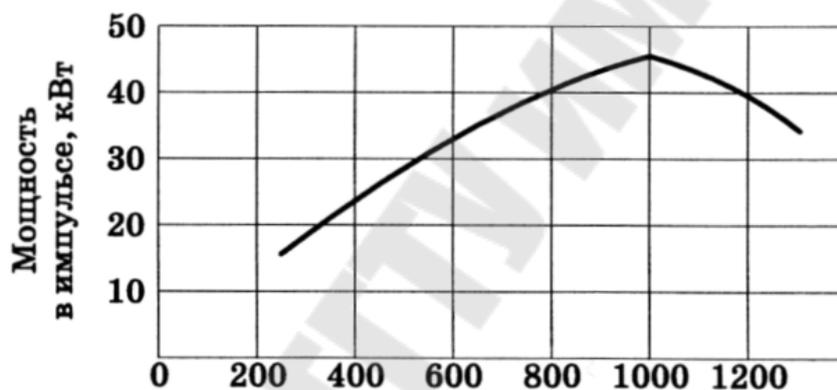


Рис. 8. Пример обозначения параметров на графиках

Заголовки граф и строк таблицы пишут с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком. Если подзаголовок имеет самостоятельное значение, то его начинают с прописной буквы. Заголовки и подзаголовки граф записывают в форме единственного числа; располагают их параллельно строкам таблицы, допускается также перпендикулярное расположение заголовков граф. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Не допускается разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над началом таблицы. Если таблица продолжается на других листах, то над

другими частями таблицы пишут «Продолжение таблицы» с указанием номера (обозначения) таблицы. В этом случае если в конце листа таблица прерывается, то нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят (рис. 9).

Рисунок 1.3 – Чертеж общего вида мостового крана КМ80 г/ц 80/20т

Таблица 1.1 - Основные параметры и характеристики крана

Наименование показателей	Обозначение	Норма
1 Грузоподъёмность номинальная, т	$m_{\text{НОМ1}}/m_{\text{НОМ2}}$	80/20
2 Наибольшая высота подъёма груза, м	H	11
3 Скорость подъёма груза, м/мин	v_1	$13,4 \pm 1,0$
4 Скорость передвижения тележки, м/мин	v_2	$19,8 \pm 1,0$
5 Скорость плавной посадки груза, м/мин	v_3	$12,0 \pm 1,0$
6 Скорость передвижения крана, м/мин	v_{max}	$51,0 \pm 2,0$

ДП 1-530105.61.17 ПЗ

Лист

Изм. Лист Не докум. Подп. Дата

Продолжение таблицы 1.1

7 Пониженная скорость передвижения крана, м/мин	$v_{\text{пон}}$	$7,2 \pm 0,36$
8 Установленная мощность, кВт, не более	P	129
9 Режим работы двигателей, %	ПВ	40
10 Длина пролета, м	l	35
11 Масса крана, т	$m_{\text{кр}}$	30,5
12 Допустимый уклон рельсового пути	β	0,003

Технические данные механизма передвижения вспомогательной тележки:

- масса тележки $m_T = 6 \text{ т}$;
- общее передаточное число $j = 50,4$;

Рис. 9. Пример оформления таблицы

Графа «Номер по порядку» в таблицу не включается. При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных в боковике таблицы порядковые номера указывают в этой графе перед их наименованием.

3.3. Оформление графических документов

В зависимости от специальности и специфики темы проекта графическая часть может содержать те или иные графические документы, приведенные в табл.1. Кроме документов, перечисленных в этой таблице, графическая часть проекта может включать схемы технологических процессов, графики различных зависимостей, иллюстрации по использованию разрабатываемого оборудования, схемы измерений и контроля конструкции и т.д.

Таблица 1

Коды графических документов

Код документа	Наименование документа
-	Чертёж детали
СБ	Сборочный чертёж
ВО	Чертёж общего вида
ГЧ	Габаритный чертёж
МЧ	Монтажный чертёж
Э1	Схема электрическая структурная
Э2	Схема электрическая функциональная
Э3	Схема электрическая принципиальная
Э4	Схема электрическая соединений
К3	Схема кинематическая принципиальная
-	Спецификация
ВС	Ведомость спецификации
ВП	Ведомость покупных изделий
ПМ	Программа и методика испытаний
ТБ	Таблица
РР	Расчёты
ПЭЗ	Перечень элементов к электрической принципиальной схеме

Схема оформления формата А1 приведена на рис. 10.

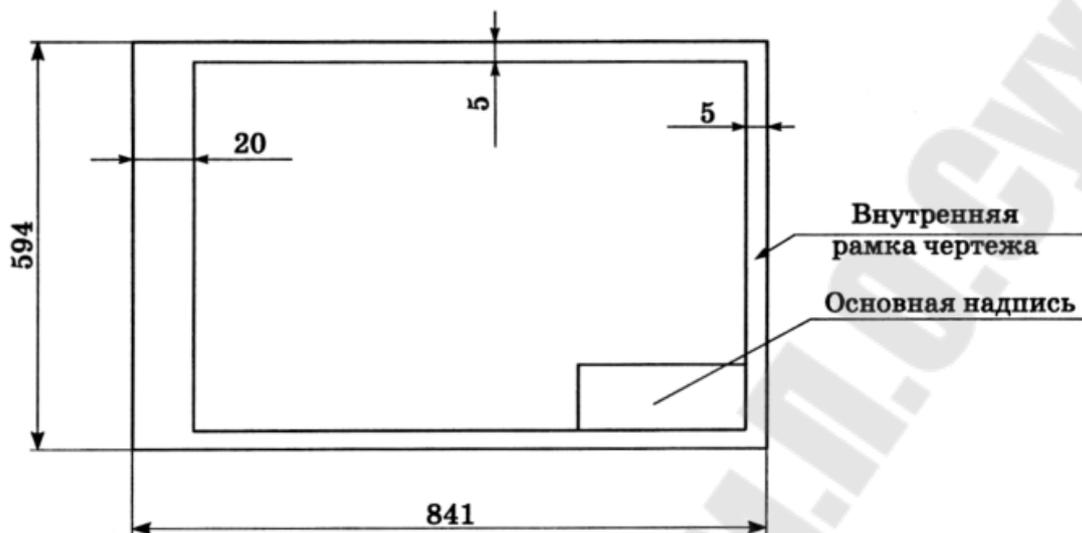


Рис. 10. Вариант оформления формата А1

Основная надпись графических документов должна соответствовать ГОСТ 2.104-2006. Если конструкторский документ (чертеж, схема) выполнен на одном листе, то основная надпись выполняется по форме 1 (рис. 11). Если конструкторский документ выполнен на нескольких листах, то на первом листе должна быть основная надпись по форме 1, а на последующих листах — по форме 2а (рис. 11).

При заполнении основной надписи в графе 1 (рис. 11) указывают наименование изделия (шрифт основной с наклоном, строчными буквами, размер шрифта 5 или 7 по ГОСТ 2.304–81). Под наименованием изделия записывается наименование документа, если документ имеет код (например: схема электрическая принципиальная (ЭЗ), сборочный чертеж (СБ) и т. д.).

В графу 2 заносится обозначение документа. Общая структура обозначения изделия и основного конструкторского документа должна соответствовать ГОСТ 2.201-80 и состоять из тринадцати знаков, разделенных двумя точками.

Структура обозначения документа (вместе с кодом документа) приведена на рис. 12.

Два первых знака из первой группы знаков включают наименование документа, т.е. если разрабатывается курсовой проект, то проставляется КП, если дипломный – ДП.

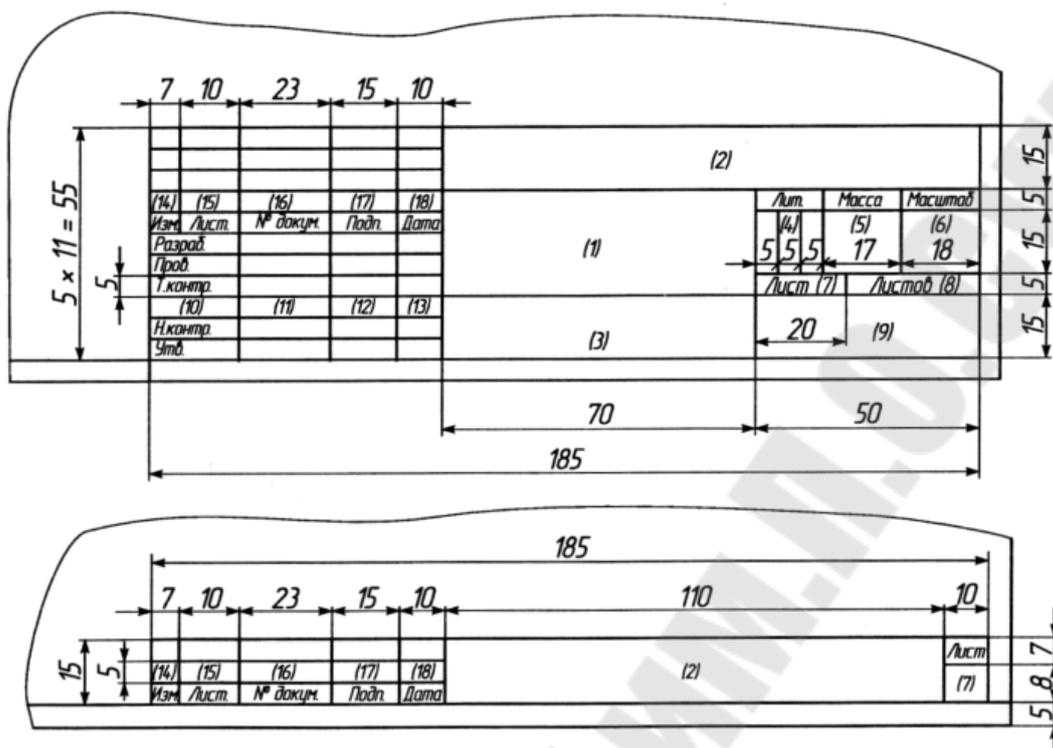


Рис. 11. Основная надпись в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 по форме 1 и по форме 2а

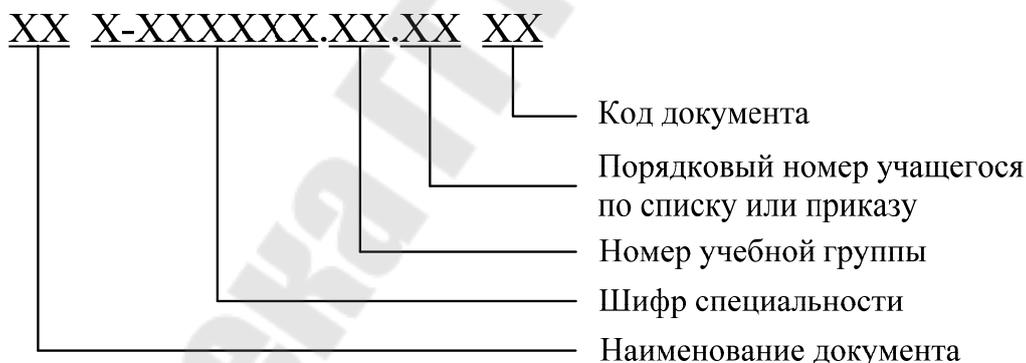


Рис. 12. Структура обозначения документа вместе с кодом документа

Следующие 7 знаков включают шифр специальности «Автоматизированные электроприводы», а именно 1-53 01 05.

Далее следуют два знака, указывающие номер учебной группы, например, студент группы ЭП-52 указывает «52».

После этого следует два знака, указывающие порядковый номер учащегося по списку учебной группы.

Два последних знака включают в себя код документа.
Обозначение документа выполняется основным шрифтом, размер 7 или 10, буквы прописные по ГОСТ 2.304–81.

Примеры записей обозначений документов:

ДП 1-530105.41.10 ПЗ — пояснительная записка, выполненная учащимся группы ЭП-41 с порядковым номером по журналу – 10;

ДП 1-530105.41.10 СБ — сборочный чертеж;

ДП 1-530105.41.10 ПЭЗ — перечень элементов.

В графе 3 указывают обозначение материалов детали (графу заполняют только на чертежах деталей). Шрифт основной с наклоном, размер 5, буквы строчные по ГОСТ 2.304-81.

Графа 4 содержит литеру документа (у — литера для дипломного проекта). Шрифт основной с наклоном, размер 7 по ГОСТ 2.304-81.

Графа 5 — масса изделия (кг); шрифт основной с наклоном, размер 5 по ГОСТ 2.304-81.

Графа 6 — масштаб; шрифт основной с наклоном, размер 7 по ГОСТ 2.304-81.

Графа 7 — порядковый номер листа. Если документ выполнен на одном листе, то эта графа не заполняется (ГОСТ 2.104-68).

В графу 8 записывается общее количество листов данного конструкторского документа дипломного проекта. Указывается только на первом листе.

Графа 9 — название учебного заведения; шрифт основной с наклоном, размер 10 по ГОСТ 2.304-81.

В графе 10 указывают характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ (разработал, руководитель, консультант).

В графе 11 — фамилии лиц, подписавших документ. Против графы «Консультант» необходимо указать фамилию консультанта по графической или электрической части в зависимости от содержания чертежа.

В графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

В графе 13 — дата подписания документа (состоит из шести цифр, например: 09.01.09).

Графы 14...18 не заполняются.

Наименование граф 4...7, 10 и 11 следует выполнять основным шрифтом с наклоном, размер 3,5, буквы строчные по ГОСТ 2.304-81.

Образец заполнения основной надписи приведен на рис. 13.

					ДП 1-530105.61.17 Э1			
					Кран мостовой КМ80 г/п 80/20т Схема электрическая структурная	Лист	Масса	Масшт
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Курчев							
Прое.	Савельев							
Т.контр.						Лист	Листов	
Н.контр.	Поголяев				ГГТУ			
Уте.	Захаренко							

Рис. 13. Образец заполнения основной надписи

Изображение изделий предпочтительно выполнять в натуральную величину, в масштабе 1:1. Но часто при изображении мелких изделий (например, микроузлов) или размещении на чертежном формате изображения крупного размера (например, испытательной установки) необходимо соответственно увеличивать или уменьшать размеры изделия относительно его натуральной величины. При этом наиболее употребительны следующие масштабы (ГОСТ 2.302-68):

- масштабы уменьшения 1:2; 1:4; 1:10; 1:40;
- масштабы увеличения 2:1; 4:1; 10:1; 40:1.

Масштаб в основной надписи обозначается по типу 1:1, 1:2, 2:1 и т.д., в остальных случаях (например, на поле чертежа) — по типу М1:1, М1:2, М2:1 и т.д.

Независимо от выбранного масштаба на чертежах проставляются действительные размеры в миллиметрах.

3.4. Общие правила выполнения схем

Схема — это графический конструкторский документ, на котором в виде условных изображений или обозначений показаны составные части изделия и связи между ними.

Схемы применяют при изучении принципа действия машин, приборов, аппаратов, при их наладке и ремонте, а также для уяснения связи между отдельными составными частями изделия без уточнения особенностей их конструкций.

Правила выполнения и оформления схем регламентируют стандарты седьмой классификационной группы ЕСКД. Виды и типы схем, общие требования к их выполнению должны соответствовать ГОСТ 2.701-84 «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению», правила выполнения всех типов электрических схем — ГОСТ 2.702-75 «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем». При выполнении электрических схем цифровой вычислительной техники руководствуются ГОСТ 2.709-81 «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники». Обозначение цепей в электро-схемах выполняют по ГОСТ 2.709-72 «ЕСКД. Система обозначений цепей в электрических схемах», буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах — по ГОСТ 2.710-81 «ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».

ГОСТ 2.701-84 устанавливает классификацию, обозначение схем и общие требования к их выполнению.

Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий на стадиях, предшествующих разработке схем других типов. Структурными схемами пользуются для общего ознакомления с изделием.

Функциональная схема служит для разъяснения процессов, протекающих в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом. Данными схемами пользуются для изучения принципов работы изделия, а также при наладке, контроле и ремонте в процессе эксплуатации.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними и дает всеобъемлющее представление о принципах работы изделия. Принципиальными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте. Такие схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например схем соединений (монтажных) и чертежей.

Схема соединений (монтажная) отражает соединения составных частей изделия и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.).

Схемами соединений пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей, а также для осуществления присоединений. Данные схемы используют также при контроле, эксплуатации и ремонте изделий в процессе эксплуатации.

Схема подключений представляет внешние подключения изделия. Схемами подключений пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

Общая схема определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Такими схемами пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации.

Схема расположения определяет относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости также жгутов, проводов, кабелей, трубопроводов и т.п. Данными схемами пользуются при разработке других конструкторских документов, а также при эксплуатации и ремонте изделий.

Построение схемы.

При выполнении схем действительное пространственное расположение составных частей изделия не учитывают или учитывают приближенно, а размещение условных графических обозначений на схеме определяется удобством чтения и взаимосвязями его составных частей. Поэтому при построении рисунка схемы должны соблюдаться следующие условия: элементы, совместно выполняющие определенные функции, должны быть сгруппированы и расположены соответственно развитию процесса слева направо; расположение элементов внутри функциональных групп должно обеспечивать наиболее простую конфигурацию цепей (с минимальным количеством изломов и пересечений линий связи); дополнительные и вспомогательные цепи (элементы)

ты и связи между ними) должны быть выведены из полосы, занятой основными цепями.

Линии связи изображают в виде горизонтальных и вертикальных отрезков, имеющих минимальное количество изломов и взаимных пересечений. Для упрощения рисунка схемы допускается применять наклонные линии, ограничивая, по возможности, их длину. Расстояние (просвет) между двумя соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3,0 мм, между двумя соседними линиями графического обозначения — не менее 1,0 мм, между отдельными условными графическими обозначениями — не менее 2,0 мм.

Если в состав изделия входят устройства, которые могут быть применены самостоятельно или в других изделиях, то на каждое такое устройство рекомендуется выполнять самостоятельные принципиальные схемы. Эти устройства изображают на схеме в виде прямоугольников сплошной линией, равной по толщине линиям связи, или утолщенной линией.

Графические обозначения.

Электрические элементы и устройства на схеме изображают в виде условных графических обозначений, установленных стандартами ЕСКД.

Кроме условных графических обозначений, на схемах соответствующих типов можно применять другие категории графических обозначений: прямоугольники произвольных размеров, содержащие пояснительный текст; внешние очертания, представляющие собой упрощенные конструктивные изображения изделий.

Размеры условных графических обозначений. Стандартные условные графические обозначения элементов выполняют по размерам, указанным в соответствующих стандартах. Если размеры стандартом не установлены, то графические обозначения на схеме должны иметь такие же размеры, как их изображения в стандартах. При выполнении иллюстративных схем на больших форматах можно все условные графические обозначения пропорционально увеличивать по сравнению с приведенными в стандартах.

На схемах допускается увеличивать размеры обозначения отдельных элементов, если необходимо графически выделить особое или важное значение элемента (устройства), а также по-

мещать внутри обозначения предусмотренные стандартами квалифицирующие символы или дополнительную информацию.

При выборе размеров условных графических обозначений схем руководствуются теми же рекомендациями, что и при выборе форматов. Выбранные размеры и толщины линий графических обозначений должны быть выдержаны постоянными во всех схемах одного типа на данное изделие.

Графические обозначения следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи. Рекомендуется выполнять условные графические обозначения в положении, указанном стандартами, или повернутыми на угол, кратный 90° .

Текстовая информация.

При необходимости на схеме помещают следующие данные: наименование или характеристики электрических сигналов; обозначения электрических цепей; технические характеристики изделия, приведенные в виде текста, таблиц, диаграмм и т. п. Расположение и формы текстовых данных на электрических схемах устанавливает ГОСТ 2.701-84, а содержание и назначение определяются типом схемы и устанавливаются в правилах выполнения схем соответствующих типов. Текстовые данные приводят на схеме в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями.

Содержание текста должно быть кратким и точным. В надписях не должны применяться сокращения слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

Текстовые данные в зависимости от их содержания и назначения могут располагаться рядом с графическими обозначениями (по возможности справа или сверху) или внутри графических обозначений, рядом с линиями, в разрыве линий или в конце линий, на свободном поле схемы.

В зависимости от назначения текстовые данные на схеме имеют следующие формы записи:

- условные буквенно-цифровые обозначения (номера цепей, обозначения электрических контактов, элементов и т.п.);
- наименования (номера цепей, обозначения электрических контактов, элементов и т.п.);

- наименования (наименования сигналов, функциональных групп и т.п.);
- сплошной текст (технические требования, пояснения и т.п.);
- текст, разбитый на графы (например, таблицы коммутации многопозиционных переключателей);
- таблицы, в которых сочетаются текст и графические обозначения (например, таблицы использования контактов реле).

Текстовые данные, относящиеся к линиям, ориентируют параллельно их горизонтальным участкам (рис. 14); при большой плотности схемы допускается вертикальная ориентация текстовых данных.

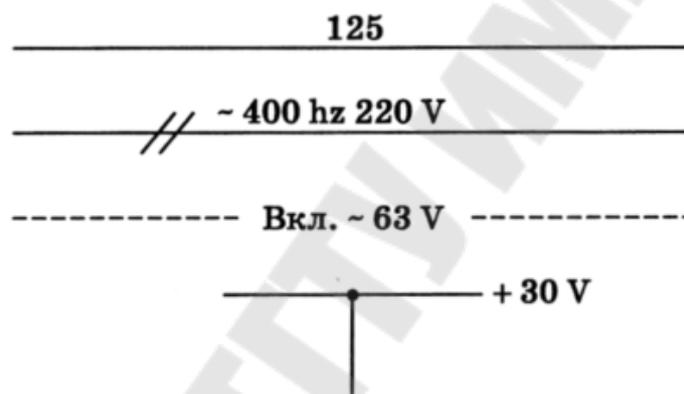


Рис. 14. Текстовые данные, относящиеся к линиям

Таблицы, помещаемые на свободном поле схемы, должны иметь наименования, раскрывающие их содержание, например: «Табл. переключателей».

На схеме около условных графических обозначений элементов, требующих пояснения в условиях эксплуатации (переключатели, регуляторы и т.п.), помещают соответствующие надписи, знаки или графические обозначения.

Надписи, предназначенные для нанесения на само изделие, помещают в кавычках возле соответствующего графического обозначения элемента.

Все надписи на схемах выполняют чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81.

3.5. Оформление перечня элементов электрической принципиальной схемы

В перечне элементов записываются данные об элементах принципиальной схемы. Связь схемы с условными графическими обозначениями, принятыми в принципиальной схеме, должна осуществляться через позиционные обозначения.

Перечень элементов помещается на первом листе схемы или выполняется в виде самостоятельного документа. В последнем случае его выполняют на листах формата А4, основную надпись к нему – по ГОСТ 2.104-2006, форма 2. На первом листе, как на рис. 15, на последующих листах, как на рис.16. В обозначении документа (графа 2 основной надписи) код перечня элементов должен состоять из буквы П и кода схемы, на которую заполняется перечень. Например, перечень элементов к электрической принципиальной схеме – ПЭЗ.

Перечень элементов записывают в спецификацию после схемы, к которой он относится. Перечень элементов оформляют в виде таблицы (рис. 17), заполняемой сверху вниз.

Если перечень элементов помещают на первом листе схемы, то его располагают над основной надписью. Табл. перечня элементов вычерчивается на расстоянии 12 мм от верхней линии штампа, т.е. не соединяется с основной надписью чертежа принципиальной схемы. Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи. В этом случае головку таблицы перечня элементов повторяют.

Заполнение граф перечня элементов производят следующим образом:

- в графе «Зона» указывают номер зоны, в которой находится записываемый элемент, если поле чертежа разбито на зоны (в сложных чертежах больших размеров);
- в графе «Поз. обозн.» записывают позиционное обозначение элементов;
- в графе «Наименование» помещают наименование элемента в соответствии с документом, на основании которого этот элемент применен, и обозначение этого документа – стандарта или технических условий;

- в графе «Кол.» записывают количество одинаковых элементов, входящих в данную схему;
- в графе «Примечание» указывают, например, технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании.

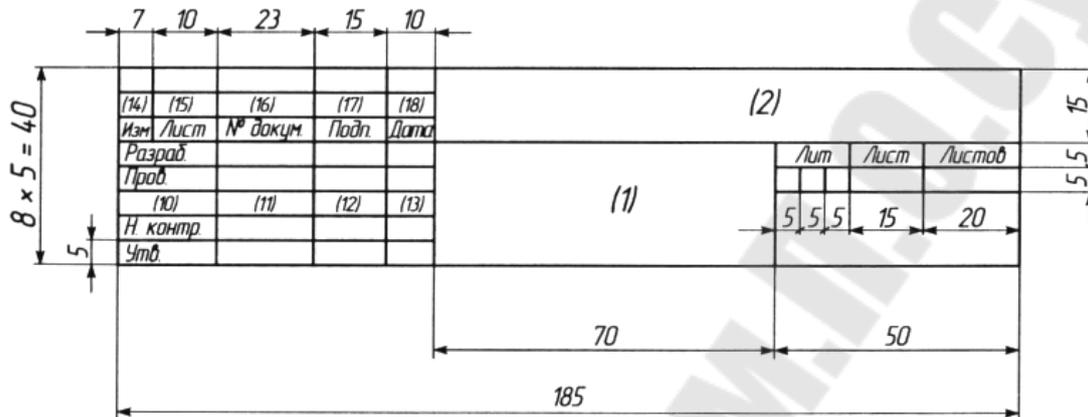


Рис. 15. Основная надпись для спецификации (первый лист)

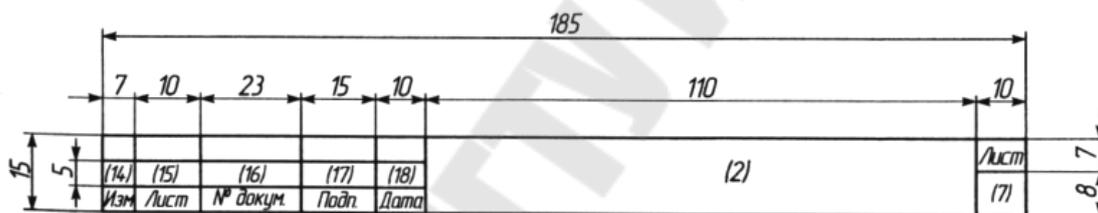


Рис. 16. Основная надпись для спецификации (последующие листы)

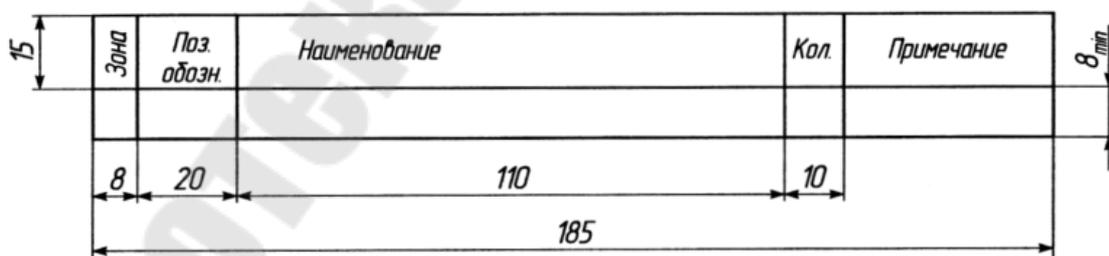


Рис. 17. Оформление перечня элементов

Элементы в перечень записывают в следующем порядке. При буквенно-цифровых позиционных обозначениях элементов (табл.2) — группами в алфавитном порядке. В пределах каждой

группы, имеющей одно и то же буквенное позиционное обозначение, элементы располагаются по возрастанию порядковых номеров.

Таблица 2

Некоторые буквенные обозначения элементов

Буквенный код	Пример элемента (устройства)
A	Устройство
B	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания)
BA	Громкоговоритель
BE	Сельсин-приёмник
BF	Телефонный капсюль
BG	Сельсин-датчик
BK	Термопара, тепловой датчик
BL	Фотоэлемент
BM	Микрофон
BP	Датчик давления
BQ	Пьезоэлемент
BR	Датчик частоты вращения
BV	Датчик скорости
C	Конденсатор
DA	Схема интегральная аналоговая
DD	Схема интегральная цифровая

Продолжение табл. 2

E	Элементы, для которых не установлено ко- дов
EK	Нагревательный элемент
EL	Лампа осветительная
F	Предохранители, разрядники
FA	Дискретный элемент защиты по току мгнов- венного действия
FP	Дискретный элемент защиты по току инер- ционного действия
FU	Предохранитель плавкий
G	Генераторы, источники питания
GB	Батарея
H	Устройства индикаторные
HA	Прибор звуковой сигнализации
HG	Прибор знаковый и на жидких кристаллах
HL	Прибор световой индикации
K	Реле, контакторы, пускатели
KA	Реле токовое
KK	Реле электротепловое
KM	Контактор, магнитный пускатель
KT	Реле времени
KV	Реле напряжения
L	Катушки индуктивности
M	Двигатели
P	Приборы, измерительное оборудование

Продолжение табл. 2

PA	Амперметр
PG	Энкодер
PV	Вольтметр
PW	Ваттметр
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях
QF	Выключатель автоматический
QS	Разъединитель
R	Резисторы
RK	Термисторы
RP	Потенциометры
RS	Шунт измерительный
RU	Варистор
S	Устройства коммутационные в цепях управления
SA	Переключатель
SB	Выключатель кнопочный
	Выключатель срабатывающий:
SK	от температуры
SL	от уровня
SP	от давления
SQ	от положения (путевой)
SR	от угловой скорости
T	Трансформаторы

Окончание табл. 2

TA	Трансформатор тока
TV	Трансформатор напряжения
U	Преобразователи электрических величин в электрические
UB	Модулятор
UR	Демодулятор
UZ	Преобразователь частоты, инвертор, управляемый выпрямитель
V	Приборы полупроводниковые
VD	Диод
VS	Тиристор
VT	Транзистор
VZ	Стабилитрон
X	Соединительные контакты
XA	Токо съёмник, контакт скользящий
XS	Гнездо
XT	Соединение разъёмное
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом
YA	Электромагнит
YB	Тормоз с электромагнитным приводом
YC	Муфта с электромагнитным приводом
Z	Фильтры, ограничители

Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами

элементов, а при большом количестве элементов внутри групп — и между элементами.

Элементы одного типа с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу «Поз. обозн.» вписывают только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например: R3, R4; C8...C12, а в графу «Кол.» — общее количество таких элементов.

При записи элементов одинакового наименования, отличающихся техническими характеристиками и другими данными и имеющих одинаковое буквенное позиционное обозначение, допускается в графе «Наименование» записывать:

– наименование этих элементов в виде общего наименования;

– в общем наименовании — наименование, тип и обозначение документа (государственный стандарт, техническое условие или основной конструкторский документ), на основании которого эти элементы применены.

Пример оформления перечня элементов приведен на рис. 18.

Зона	Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	A1	Блок управления VDF-150-B	1	
	A2	Тормозной прерыватель VFD-B-5055	1	
	A3	Карта регулирования скорости PG-02	1	
	FU1... FU3	Предохранители VFD075B43A	3	
	L1	Входной фильтр EA-IC-50A	1	
	L3	Выходной дроссель ED3S-2,0/32	1	
	M	Электродвигатель 4MTKF112LB6	1	
	PG	Энкодер E6B2C	1	
	QF	Выключатель автоматический AE2043	1	
	R1... R4	Сопротивление тормозное BR1K0W020	4	

Рис. 18. Пример оформления перечня элементов

ЛИТЕРАТУРА

1. Жежера, Н. И. Проектирование цифровых систем автоматического управления на основе теории z-преобразований: учебное пособие: [16+] / Н. И. Жежера. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 244 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617238> (дата обращения: 11.12.2021).

2. Кангин, В.В. Разработка SCADA-систем: учебное пособие: [16+] / В.В. Кангин, М.В. Кангин, Д.Н. Ямолдинов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 565 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564221> (дата обращения: 11.12.2021).

3. Методы и средства мониторинга и наладки электропривода : учебно-методическое пособие : [16+] / С. Ю. Ловлин, А. А. Абдуллин, М. Х. Цветкова, А. Г. Маматов ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 112 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=563995> (дата обращения: 13.09.2021). – Текст: электронный.

4. Настройка и программирование цифровых систем управления с использованием контроллеров, панелей оператора и частотных преобразователей: теория и практика : учебное пособие : [16+] / В. С. Кудряшов, А. В. Иванов, М. В. Алексеев [и др.] ; науч. ред. И. А. Хаустов ; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2020. – 217 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612402> (дата обращения: 11.12.2021).

5. Кангин, В. В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов : учебное пособие для вузов / В. В. Кангин. - Старый Оскол: ТНТ, 2018. - 407 с.

6. Третьяков, А.А. Средства автоматизации управления: системы программирования контроллеров / А.А. Третьяков, И.А. Елизаров, В.Н. Назаров; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов: Тамбовский государственный тех-

нический университет (ТГТУ), 2017. – 82 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499053> (дата обращения: 11.12.2020).

7. Сергеев, А.И. Программирование контроллеров систем автоматизации: учебное пособие / А.И. Сергеев, А.М. Черноусова, А.С. Русяев ; Оренбургский государственный университет. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – 126 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481806> (дата обращения: 11.12.2020).

8. Герасимов, А.В. Программируемые логические контроллеры: учебное пособие / А.В. Герасимов, И.Н. Терюшов, А.С. Титовцев ; Федеральное агентство по образованию, Казанский государственный технологический университет. – Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2008. – 169 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258921> (дата обращения: 11.12.2020).

9. Системы автоматического управления скоростью электроприводов постоянного и переменного тока: пособие по дисциплине «Системы управления электроприводами» для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. формы обучения / авт.-сост. В. С. Захаренко. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 45 с.

10. Основы цифровой обработки сигналов : курс лекций / А. И. Солонина [и др.]. - 2-е изд. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. - 753 с. 25 экз.

11. Фираго Б.И. Теория электропривода: учеб. пособие для вузов / Б.И. Фираго. - Минск: Техноперспектива, 2004. - 527 с.

12. Олссон Г. Цифровые системы автоматизации и управления. - 3-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербург, 2001. - 556с. 3 экз.

13. Бычков М.Г. Промышленные компьютеры и программируемые логические контроллеры. - Москва: МЭИ, 2002. - 92с. 1 экз. Единая система конструкторской документации: Справочное пособие. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 351 с.

14. Единая система технологической документации: Справочное пособие. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 325 с.
15. Усатенко С.Т. и др. Выполнение электрических схем по ЕСКД. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 316 с.
16. Александров К.К. , Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 286 с.
17. Ключев А.С. Техника чтения схем автоматического управления и технического контроля. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 430 с.
18. Яуре А.Г., Певзнер Е.М. Крановый электропривод: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 344 с.
19. Марголин Ш.М. Электропривод машин непрерывного литья заготовок. – М.: Металлургия, 1987. – 279 с.
20. Корицын А.М. и др. Автоматизация типовых технологических процессов и установок. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.
21. Фираго Б.И. Теория электропривода: Учеб. пособие для вузов. – Минск: Техноперспектива, 2004. – 527 с.
22. Фираго Б.И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов: учеб. пособие. – Минск: Техноперспектива, 2012. – 639 с.
23. ГОСТ 2.105-95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – Минск: Изд. стандартов, 1996. – 36 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого
Энергетический факультет

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

на тему: «Повышение энергоэффективности электропривода
механизма подъема мостового крана на РУП «БМЗ» путем
замены реостатного регулирования системой ПЧ-АД»

Разработал студент гр. ЭП-41 _____ Иванов С.Г.
Консультант по разделу «Экономика» _____ Шваякова О.В.
Консультант по разделу «Охрана труда» _____ Веппер Л.В.
Руководитель проекта _____ Логвин В.В.
Нормоконтроль _____ Савельев В.А.

Дипломный проект (_____ стр., _____ листов) допущен к защите в
Государственной экзаменационной комиссии

Зав. кафедрой АЭП _____ Тодарев В.В.

Гомель 2023

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Форма №17

Учреждение образования

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого

Факультет энергетический

Кафедра «Автоматизированный
электропривод»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____

подпись

« ____ » _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ ПО ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Студенту Иванову Сергею Геннадьевичу

1. Тема проекта «Повышение энергоэффективности электропривода
механизма подъема мостового крана на РУП «БМЗ» путем замены
реостатного регулирования системой ПЧ-АД»

Утверждена приказом по ВУЗу от 01 марта 2023 г. № 250-с

2. Сроки сдачи студентом законченного проекта 01.06.2023 г.

3. Исходные данные к проекту _____

1. Рекомендуемое ускорение 0,4... 0,6 м/с²

2. Масса груза 20 т

3. Скорость подъема груза 0,1/0,2 м/мин

4. Режим работы двигателей ПВ = 40%

5. Диаметр барабана 520 мм

7. Высота подъема 6 м

8. Передаточное число редуктора 84,8

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) _____

Введение

1. Анализ технического задания

2. Выбор системы электропривода

3. Выбор силового электрооборудования электропривода

4. Синтез функциональной схемы электропривода

5. Синтез системы автоматического регулирования

6. Анализ динамики электропривода

7. Принципиальная электрическая схема электрооборудования

8. Мероприятия по ресурсо- и энергосбережению

9. Охрана труда

10. Экономика

Заключение

Литература

Перечень элементов

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков):

1. Общий вид механизма

2. Упрощенные нагрузочная и скоростная диаграммы

3. Схема электрическая функциональная

4. Схема электрическая структурная

5. Переходные процессы в электроприводе

6. Схема электрическая принципиальная

7. Технико-экономические показатели

6. Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов проекта)

1. Руководитель и консультант дипломного проекта

к.т.н., доц. Логвин В.В.

2. Консультант по разделу охраны труда и технике безопасности

к.т.н., доц. Венгер Л.В.

3. Консультант по экономической части

ст. пр. Шваякова О.В.

7. Дата выдачи задания « 01 » марта 2023 г.

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоёмкости отдельных этапов)

Пункты: 1, 2 – 01.03.2023 – 15.03.2023 г.

3, 4 – 16.03.2023 – 31.03.2023 г.

5, 6 – 01.04.2023 – 15.04.2023 г.

7, 8 – 17.04.2023 – 30.04.2023 г.

9, 10 – 02.05.2023 – 15.05.2023 г.

Спецификация, оформление проекта – 16.05.2023 – 01.06.2023 г.

Руководитель

подпись

Задание принял к исполнению (дата) « 01 » марта 2023 г.

(Подпись студента)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОРГАНИЗАЦИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	4
1.1. Цель и задачи дипломного проектирования	4
1.2. Тематика дипломного проекта	4
1.3. Порядок работы над проектом	5
1.3.1. Выбор темы, составление плана работы	5
1.3.2. Сбор материалов к проекту	6
1.3.3. Работа над проектом	6
1.4. Руководство и консультации при дипломном проектировании	7
1.5. Рецензирование и защита дипломного проекта	8
2. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА	10
2.1. Объем расчетно-пояснительной записки и графического материала	10
2.2. Содержание расчетно-пояснительной записки	10
2.2.1. Введение	10
2.2.2. Анализ технического задания на дипломное проектирование	10
2.2.3. Выбор системы основного электропривода главного механизма рабочей машины	10
Расчет нагрузочной диаграммы механизма.	10
2.2.4. Выбор силового электрооборудования электропривода....	11
2.2.5. Синтез и анализ системы электропривода	11
Синтез функциональной схемы электропривода	11
2.2.6. Выбор систем вспомогательных электроприводов рабочей машины	12
2.2.7. Синтез функциональной схемы управления рабочей машиной	13
2.2.8. Конструкторская разработка узла с электрооборудованием рабочей машины	13
2.2.9. Принципиальная электрическая схема электрооборудования и перечень ее элементов	13
2.2.10. Мероприятия по ресурсо- и энергосбережению	13
2.2.11. Охрана труда	13
2.2.12. Экономика	14
2.2.13. Заключение	14
2.2.14. Литература	14

2.3. Содержание графического материала	14
2.4. Специальные дипломные проекты	15
3. ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА	16
3.1. Общие требования к оформлению пояснительной записки .	16
3.2. Оформление иллюстраций (рисунков, графиков) и таблиц..	23
3.3. Оформление графических документов	28
3.4. Общие правила выполнения схем	32
3.5. Оформление перечня элементов электрической принципиальной схемы.....	38
Литература	45
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	49

**Савельев Вадим Алексеевич
Тодарев Валентин Васильевич**

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**Учебно-методическое пособие
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 05.04.24.

Per. № 110E.
<http://www.gstu.by>