

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте  
Факультет техники и технологии  
Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Ю.С. Сергеев  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Модернизация лабораторного стенда «Исследование  
электродвигателя параллельного возбуждения»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ - 13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты:

Безопасность жизнедеятельности  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Трофимова С.Н.

«    » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Экономическая часть  
д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ Вигриянов П.Г.

«    » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Руководитель работы:  
д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ Вигриянов П.Г.

«    » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор проекта:  
студент группы ФТТ-403

\_\_\_\_\_ Замчалкин И.Э.

«    » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер:  
ст. преподаватель

\_\_\_\_\_ Терентьев О.В.

«    » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Златоуст 2017

## АННОТАЦИЯ

Замчалкин И.Э. Модернизация лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения». – г. Златоуст: филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра ЭАПП; 2017, 65 с., 18 ил., библиогр. список – 21 наим., 8 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе произведена модернизация лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения». Произведено техническое описание лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения», выбрано оборудование для модернизации. Разработан электромеханический проект в пакете AutoCAD Inventor.

Разработана смета затрат на модернизацию лабораторного стенда.

Рассмотрены вопросы охраны труда, проанализированы вредные и опасные производственные факторы, разработаны мероприятия по устранению или снижению их вредного воздействия, произведен расчет системы освещения, разработаны мероприятия по противопожарной охране и обеспечению безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций.

					<b>13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Замчалкин И.Э.			Модернизация лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения»  Записка пояснительная	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Вигриянов П.Г.				д	4	65
Т. Контр.		Сандалов В.М.				Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте Кафедра ЭАПП		
Н. Контр.		Терентьев О.В.						
Утверд.		Сергеев Ю.С.						

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2 ОПИСАНИЕ МОДЕРНИЗИРУЕМОГО СТЕНДА .....	12
3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ» .....	14
3.1 Силовые модули .....	15
3.2 Измерительные модули .....	19
3.3 Изготовление панелей .....	22
4 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА СТЕНДА .....	25
5 РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ СЛ-569М.....	29
5.1 Техническое задание.....	29
5.2 Расчет характеристик электродвигателя.....	30
6 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ.....	34
6.1 Цель работы .....	34
6.2 Внешний осмотр и схема двигателя.....	34
6.3 Пуск двигателя .....	35
6.4 Рабочие характеристики двигателя.....	35
6.5 Определение момента холостого хода.....	36
6.6 Регулировочные характеристики двигателя.....	37
6.7 Оформление отчета и анализ полученных результатов.....	38
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	41
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	52
8.1 Краткое описание рассматриваемого объекта .....	52
8.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	52
8.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса.....	52
8.4 Охрана труда.....	53
8.5 Производственная санитария.....	55
8.6 Эргономика и производственная эстетика .....	57
8.7 Противопожарная и взрывобезопасность.....	58
8.8 Экологическая безопасность.....	60
8.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций .....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	64

## ВВЕДЕНИЕ

Федеральный государственный образовательный стандарт нового поколения [1] предусматривает знание назначения элементной базы, характеристик и регулировочных свойств электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока, умение производить выбор машин электрического привода, владеть методами расчета, проектирования и конструирования электротехнического оборудования и систем, знание методов анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем.

Для подготовки дипломированного специалиста ВУЗ, в соответствии с новым Государственным образовательным стандартом третьего поколения, должен располагать материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов лабораторных работ, практических занятий, научно-исследовательской работы студентов, предусмотренных учебным планом и соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

В учебном процессе ВУЗа наряду с теоретическим обучением значительное место отводится выполнению лабораторных работ. Правильное сочетание теоретических знаний с практикой лабораторных работ обеспечивает высокое качество подготовки специалистов.

Лаборатории высшего учебного заведения должны быть оснащены современными стендами и оборудованием, позволяющими изучать процессы и явления в соответствии с реализуемой вузами образовательной программой.

Основным направлением, по которому должно идти совершенствование, является развитие и укрепление материально-технической базы учебного заведения. К этому направлению относятся, в первую очередь, широкое внедрение технических средств обучения, оснащение кабинетов и лабораторий новейшим оборудованием и приборами, модернизация лабораторных стендов и макетов с учетом последних достижений науки и техники на современной элементной базе.

Кафедра ЭАПП Южно-Уральского государственного университета в городе Златоусте ведет непрерывную работу в этом направлении, постоянно обновляя материально-техническую базу филиала и модернизируя имеющееся оборудование. Активное участие в этой работе принимают студенты кафедры, разрабатывая, под руководством преподавателей, методические пособия для выполнения лабораторных работ на этом оборудовании.

Цель: Повышение качества подготовки бакалавров электротехнических направлений.

Задачи:

- техническое описание конструкции;
- выбор оборудования для модернизации лабораторного стенда;
- разработка методического пособия для проведения лабораторной работы;
- расчет технико-экономических показателей;
- анализ вопросов организации рабочего места при проведении лабораторных работ

Объект работы – процесс обучения по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Предмет работы – лабораторная работа по дисциплине «Электрические машины».

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Внедрение лабораторных стендов в учебный процесс – главная задача промышленности в динамичном, пропорциональном развитии общественного производства и повышения его эффективности, ускорении научно-технического прогресса, роста производительности труда, улучшения качества продукции. Развивающиеся научно-техническая революция, быстрый рост существующих и появление новых отраслей промышленности вызывает, в свою очередь, необходимость дальнейшего развития системы высшего и среднего специального образования, повышения качества подготовки молодых специалистов для всех отраслей промышленного производства.

При этом на первый план выступает необходимость в подготовке не просто хороших специалистов, обладающих тем или иным определенным объёмом знаний, но прежде всего людей умеющих творчески мыслить, способных быстро адаптироваться к непрерывно изменяющимся требованиям научно технического прогресса.. Таким образом, задача подготовки высококвалифицированных кадров, вооруженных современными знаниями, практическими навыками, является одной из важнейших задач на данном этапе.

Поэтому необходимо приложить максимальных усилий для совершенствования содержания обучения, средств и методов подготовки специалистов. Одним из направлений, по которому должно идти это совершенствование, является развитие и укрепление материально-технической базы учебного заведения. Сюда относятся, в первую очередь, широкое внедрение технических средств обучения, оснащение лабораторий и кабинетов новейшим оборудованием и приборами, модернизация лабораторных стендов и макетов, с учетом последних достижений науки и техники на современной компонентной базе. Выполнение учащимися лабораторных работ является важным средством более глубокого усвоения и изучения учебного материала, а также приобретения практических.

Необходимость рассмотрения для сравнительного анализа различных лабораторных стендов объясняется тем, что они изготавливаются на промышленном уровне, как мелкосерийное производство в нескольких экземплярах.

На основе анализа конструкции, электрической принципиальной схемы, методических возможностей, можно сделать определенные выводы и выявить недостатки, присущие стендам аналогичного назначения.

Для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электрические машины» существует большой выбор учебно-лабораторных стендов от разных производителей.

ООО Научно-производственное предприятие «Учтех-Профи» производит учебный лабораторный стенд «Электрические машины с универсальной машиной переменного тока». Объектом исследования данного стенда являются изучение генераторов постоянного тока параллельного и последовательного возбуждения, асинхронных машин и т. д. Стенд предназначен для обучения студентов различных специальностей средних специальных и высших учебных заведений, изучающих дисциплины «Электрические машины», «Электрические машины и основы электропривода», «Основы электропривода», «Теория электропривода». Внешний вид стенда приведен на рисунке 1.1.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 1.1 – Внешний вид учебно-лабораторного стенда «Электрические машины с универсальной машиной переменного тока»

Далее представлены технические характеристики стенда:

- Габариты 1450x1550x650 мм;
- масса, не более 150 кг;
- напряжение электропитания 3x380 В;
- частота питающего напряжения 50 Гц;
- потребляемая мощность, не более 750 ВА.

В состав стенда входят комплект соединительных проводов и силовых кабелей, техническое описание лабораторного стенда, методические указания к проведению лабораторных работ. Основу стенда составляет целый ряд модулей:

- питание стенда;
- измеритель мощности;
- добавочные сопротивления;
- автотрансформатор;
- однофазный трансформатор;
- преобразователь частоты;
- измерительный;
- силовой;
- электромашинный агрегат.

Стенд позволяет проводить следующие лабораторные работы:

1. Исследование однофазного трансформатора.
2. Исследование генератора постоянного тока.
3. Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
4. Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
5. Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором.
6. Исследование асинхронного генератора.
7. Исследование синхронного генератора.
8. Исследование синхронного двигателя.

Несмотря на то, что лабораторный стенд «Электрические машины с универсальной машиной переменного тока» имеет современное технологичное

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ				

оснащение, он располагает скудным набором экспериментов для исследования. Стоимость стенда составляет 385 тыс. рублей.

Из зарубежных аналогов можно выделить стенды производства Унитарное предприятие «Научно-техническое предприятие «Центр» (г. Могилев, Республика Белоруссия) основным направлением которого является разработка и изготовление учебного и лабораторного оборудования для университетов и колледжей. А также производства ELETTRONICA VENETA S.p.A (Италия) - предприятие, которое является признанным мировым лидером в сфере учебного оборудования и специализируется исключительно на проектировании, производстве и монтаже лабораторного и дидактического оборудования.

Унитарное предприятие «Научно-техническое предприятие «Центр» производит учебный лабораторный стенд «Двигатель и генератор постоянного тока». Объектом исследования данного стенда является изучение конструкции, принципа работы, рабочих характеристик двигателя и генератора постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением.

Внешний вид стенда приведен на рисунке 1.2.

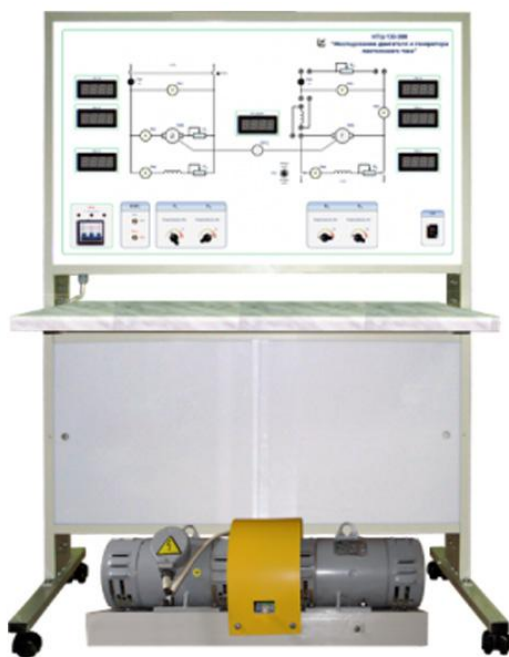


Рисунок 1.2 – Внешний вид учебно-лабораторного стенда «Двигатель и генератор постоянного тока»

Далее представлены технические характеристики стенда:

- Количество выполняемых работ 17
- напряжение электропитания 220В/3х220В (3Р+РЕ+N)
- частота питающего напряжения 3~50 Гц;
- потребляемая мощность 0,3 / 1 кВт.

Стенд может комплектоваться электромашинным агрегатом на основе электродвигателей малой (90 Вт) или большой (0,55кВт) мощности.

Стенд позволяет проводить следующие лабораторные работы:

1. Изучение работы учебного стенда.
2. Исследование двигателя постоянного тока (ДПТ-НВ) с независимым возбуждением методом холостого хода.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

3. Исследование ДПТ-НВ методом короткого замыкания.
4. Исследование естественных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ.
5. Исследование регулировочной характеристики ДПТ-НВ.
6. Исследование рабочих характеристик ДПТ-НВ.
7. Исследование искусственных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ при введении добавочного сопротивления в цепь якоря.
8. Исследование искусственных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ при изменении напряжения на якоре.
9. Исследование искусственных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ при ослаблении потока возбуждения.
10. Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением (ГПТ-НВ) методом холостого хода.
11. Исследование внешней характеристики ГПТ-НВ.
12. Исследование нагрузочной характеристики ГПТ-НВ.
13. Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением (ДПТ-ПВ) методом холостого хода.
14. Исследование ДПТ-ПВ методом короткого замыкания.
15. Исследование естественных механической и электромеханической характеристик ДПТ-ПВ.
16. Исследование искусственных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ при изменении напряжения на якоре.
17. Исследование характеристики самовозбуждения генератора постоянного тока с параллельным возбуждением (ГПТ-ПВ).

Данное лабораторное оборудование можно охарактеризовать как качественное и недорогое. Стоимость стенда 16864,48 BYN (526 тыс. рублей)

Итальянское предприятие ELETTRONICA VENETA S.p.A производит широкий спектр учебных лабораторных стендов для изучения двигателей постоянного и переменного тока. Стенды изготавливаются в виде набора модулей устанавливаемых на направляющую станину, благодаря чему можно собирать различные комбинации систем двигатель-генератор. На рисунке 1.3 представлен стенд «Power electric machines». Объектом исследования данного стенда является изучение конструкции, принципа работы, рабочих характеристик двигателя и генератора постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением, а также машин переменного тока.

Далее представлены технические характеристики стенда:

- габариты 1200x260x380 мм;
- масса, не более 300 кг (в зависимости от количества модулей);
- напряжение электропитания 220/380 В;
- частота питающего напряжения 50 Гц;
- потребляемая мощность, не более 4000 ВА;
- мощность каждого двигателя не более 1000 ВА;
- частота вращения двигателей, не более 3000 об/мин;

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10





Рисунок 1.3 – Внешний вид учебно-лабораторного стенда  
«Power electric machines»

Стенд позволяет проводить следующие лабораторные работы.

1. Исследование генератора постоянного тока.
2. Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
3. Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
4. Исследование асинхронного генератора.
5. Исследование синхронного генератора.
6. Исследование синхронного двигателя.

Данное лабораторное оборудование можно охарактеризовать как качественное, но дорогое. Стоимость стенда составляет 22461,75 EUR (1,5 млн. рублей).

Лабораторный практикум является обязательным компонентом обучения во всех курсах подготовки, принимаемых в обучении. Во время практикума студенты закрепляют теоретические знания практической работой с электрическими машинами, учатся работать с контрольно-измерительной аппаратурой, приобретают исследовательские навыки. В связи с динамическим изменением элементной базы электроники, измерительной аппаратуры, приборы должны своевременно обновляться и совершенствоваться. Дело это трудоемкое и достаточно дорогое.

Вывод по разделу один.

Рассмотренные учебно-лабораторные стенды позволяют изучить учебный материал, а также приобрести практические навыки необходимые студентам. Но ввиду отсутствия возможности приобретения подобных комплексов, было принято решение о модернизации учебно-лабораторного стенда, который позволит студентам на практике изучить часть вопросов, рассматриваемые в дисциплине «Электрические машины».

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

## 2 ОПИСАНИЕ МОДЕРНИЗИРУЕМОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд предназначен для проведения лабораторных работ по курсу «Электрические машины» студентами, обучающимися по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Внешний вид представлен на рисунке 2.1

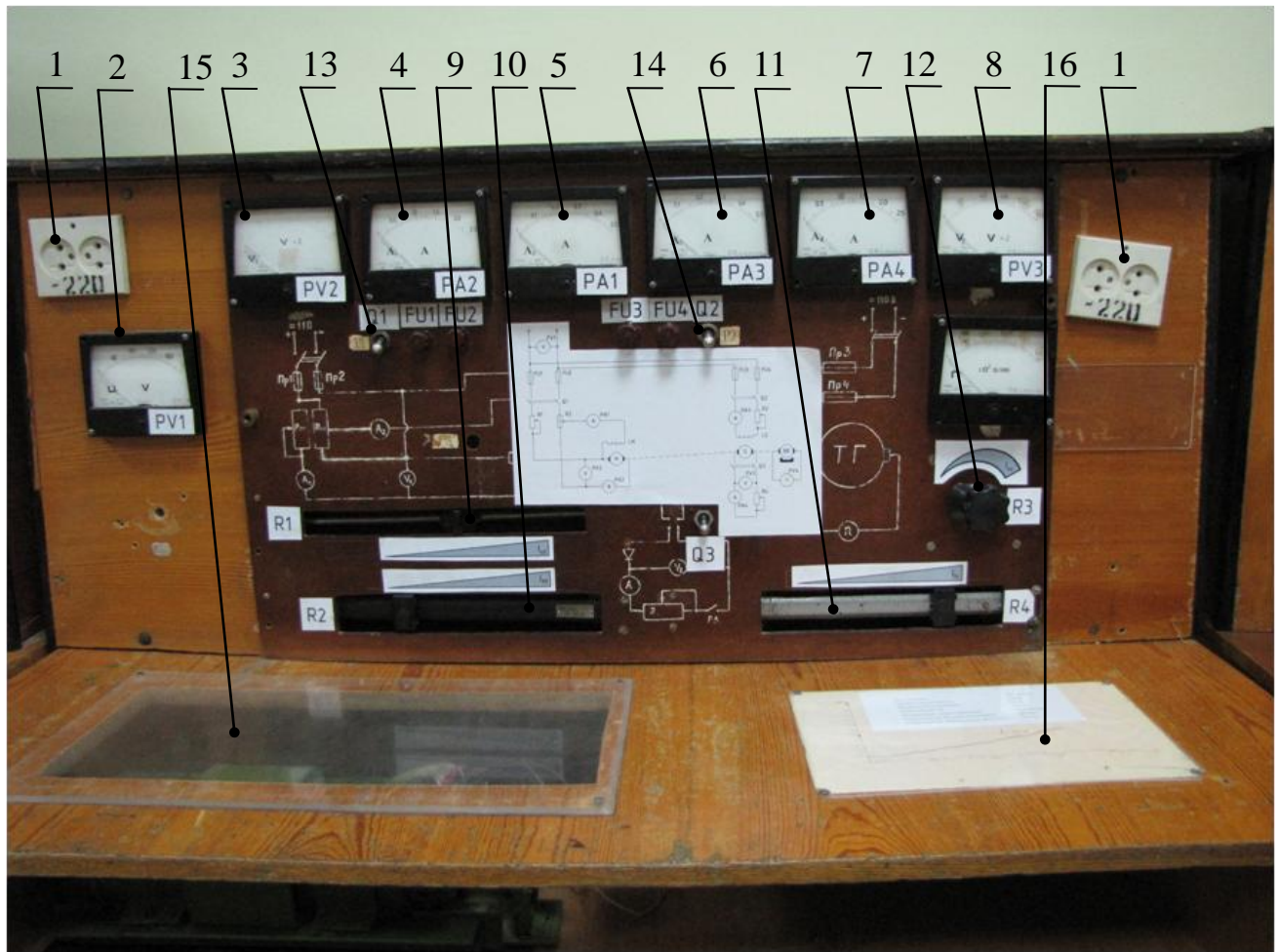


Рисунок 2.1 – Внешний вид передней панели лабораторного стенда

Элементы лабораторного стенда:

- 1 – розетка для дополнительных приборов;
- 2 – вольтметр входного напряжения;
- 3 – вольтметр напряжения на якоре двигателя;
- 4 – амперметр тока на якоре двигателя;
- 5 – амперметр тока на обмотке возбуждения двигателя;
- 6 – амперметр тока на обмотке возбуждения генератора;
- 7 – амперметр тока на якоре генератора;
- 8 – вольтметр напряжения на якоре двигателя;
- 9 – реостат в цепи обмотки возбуждения двигателя;
- 10 – реостат в цепи обмотки якоря двигателя;
- 11 – реостат в цепи обмотки возбуждения генератора;
- 12 – набор нагрузочных сопротивлений;
- 13 – выключатель питания двигателя;
- 14 – выключатель питания обмотки возбуждения генератора;

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

- 15 – электромашинный агрегат;
- 16 – технические характеристики электрических машин.

Основанием лабораторного стенда является стол собранный из листового ДСП толщиной 16 мм, оклеенного шпоном, на котором расположена конструкция из того же ДСП, в который смонтирована панель из гетинакса, а в нём в свою очередь - элементы лабораторного стенда.

Лабораторный стенд подключен к сети постоянного тока 110В.

На полке стола расположен электромашинный агрегат состоящий из следующих элементов:

- приводной двигатель постоянного тока параллельного возбуждения СЛ-569М;
- нагрузочный генератор постоянного тока параллельного возбуждения СЛ-569М;
- тахогенератор ТГП-1;
- металлическое основание на котором расположены двигатель, генератор и тахогенератор соединенные через эластичные муфты.

Вывод по разделу два.

В данном разделе проведено описание модернизируемого лабораторного стенда, его элементов и частей. Вследствие того что стенд собран из легко воспламеняющихся материалов, возникает необходимость в разработке нового каркаса отвечающего противопожарным требованиям.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ»

Лабораторный стенд «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения» (в дальнейшем стенд) предназначен для обучения студентов различных специальностей средних специальных и высших учебных заведений, изучающих дисциплины «Электрические машины», «Электрический привод», «Системы управления электроприводов». Внешний вид панелей лабораторного стенда представлен на рисунке 3.1.

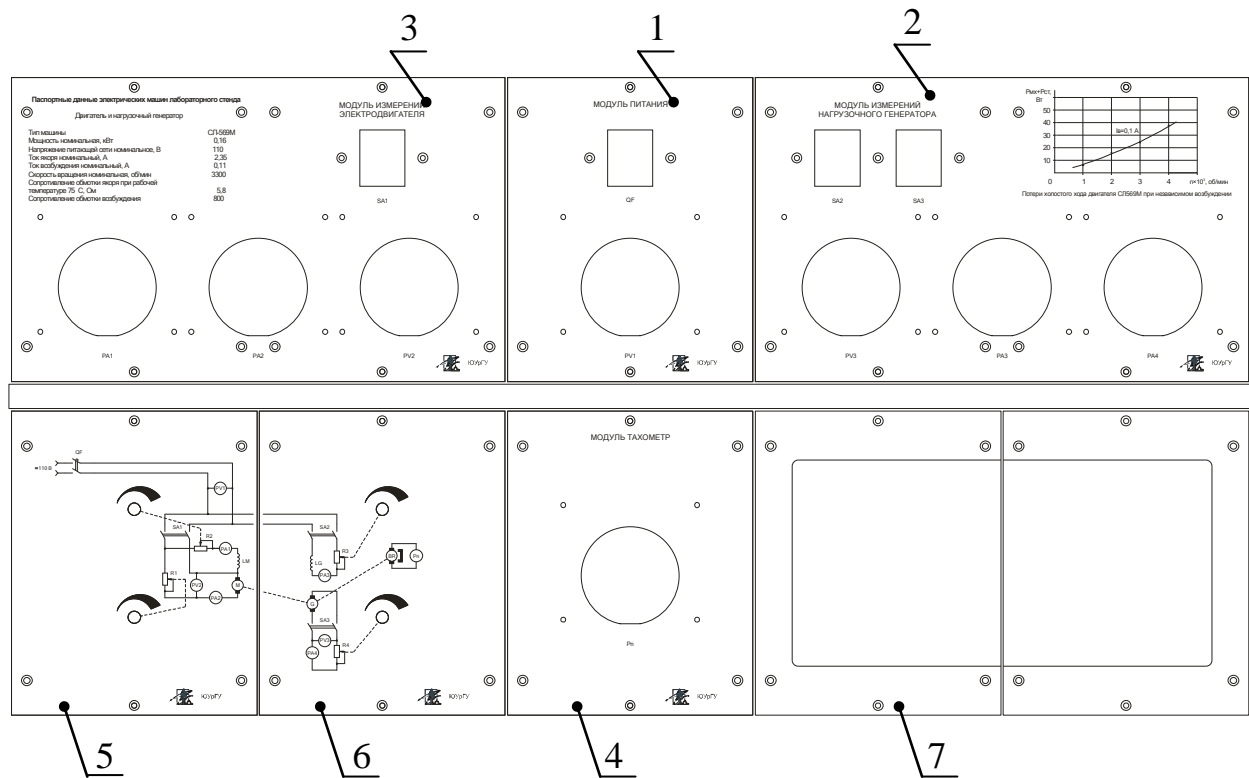


Рисунок 3.1 – Внешний вид лабораторного стенда

В состав стенда входят:

- 1) модуль питания;
- 2) модуль измерений нагрузочного генератора;
- 3) модуль измерений электродвигателя;
- 4) модуль «Тахометр»;
- 5) модуль управления электродвигателем;
- 6) модуль управления нагрузочным генератором;
- 7) модуль электромашинный агрегат.

По габаритным размерам модули условно разделены на два типоразмера:

- малые модули (размер 200x248);
- большие модули (размер 402x248).

В корпусах лабораторного стенда размещаются отдельные модули в два ряда – в верхнем ряду в места 1 - 4 (высота модулей до 248 мм) и нижнем ряду в места 5 - 8 (высота модулей до 248 мм).

Электромашинный агрегат располагается внутри стенда.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ

Лист

14

### 3.1 Силовые модули

#### 3.1.1 Модуль питания

Внешний вид панели модуля представлен на рисунке 3.2.

Модуль питания предназначен для ввода напряжения постоянного тока 110В в лабораторный стенд, защиты стенда от токов короткого замыкания и подачи силовых напряжений питания на модули стенда.

Модуль содержит автоматический выключатель QF. Подключение стенда к напряжению питания, подача силового и низковольтного напряжений на модули выполняется с помощью соединительных кабелей, подключаемых с тыльной стороны модуля.

Автоматический выключатель QF отключает питание всего стенда. На лицевой части для индикации подачи постоянного напряжения 110В установлен стрелочный вольтметр постоянного тока.

С внутренней стороны модуль закрыт защитным кожухом, препятствующий попаданию случайных предметов и пыли на внутренние части модуля.

Автоматические воздушные выключатели (автоматы) служат для автоматического отключения электрической цепи при перегрузках, коротких замыканиях (КЗ), чрезмерном понижении напряжения питания, изменении направления мощности и т.п., а также для редких включений и отключений вручную номинальных токов нагрузки. Выключатели серии ВА47-29 производства «ИЭК» на данный момент являются достаточно распространенными, расцепитель в данном аппарате является комбинированным. Так как номинальный ток равен 2,35 А, а максимальный (кратковременный) ток равен 5 А, то выбираем автоматический выключатель ВА47-29 2Р В2 – двухполюсный с номинальным рабочим током 2 А и характеристикой срабатывания электромагнитного расцепителя В ( $I_{расц.} = 3I_{ном.}$ ).

Под автоматический выключатель ВА47-29 профрезеровано прямоугольное отверстие размерами 37x45 мм. Сам автоматический выключатель крепится на DIN-рейку, DIN-рейка крепится с помощью двух стоек и потайных винтов М4x60 к лицевой панели.

#### 3.1.2 Модуль управления электродвигателем

В состав модуля управления электродвигателем входит пусковой реостат R1 и регулировочный реостат R2. Пусковой реостат R1 ограничивает ток якоря двигателя во время его включения и далее производится плавная регулировка тока якоря двигателя и соответственно частоты вращения вала двигателя. С помощью реостата R2 производится плавная регулировка тока в обмотке возбуждения двигателя.

Реостат R1 - переменный проволочный резистор большой номинальной мощности рассеяния типа СП5-37 ГОСТ 9663 – 75.

Реостат R2 – переменный проволочный резистор большой номинальной мощности рассеяния типа ППБ-50 ГОСТ 22174 – 76.

Внешний вид панели модуля управления электродвигателем представлен на рисунке 3.3.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

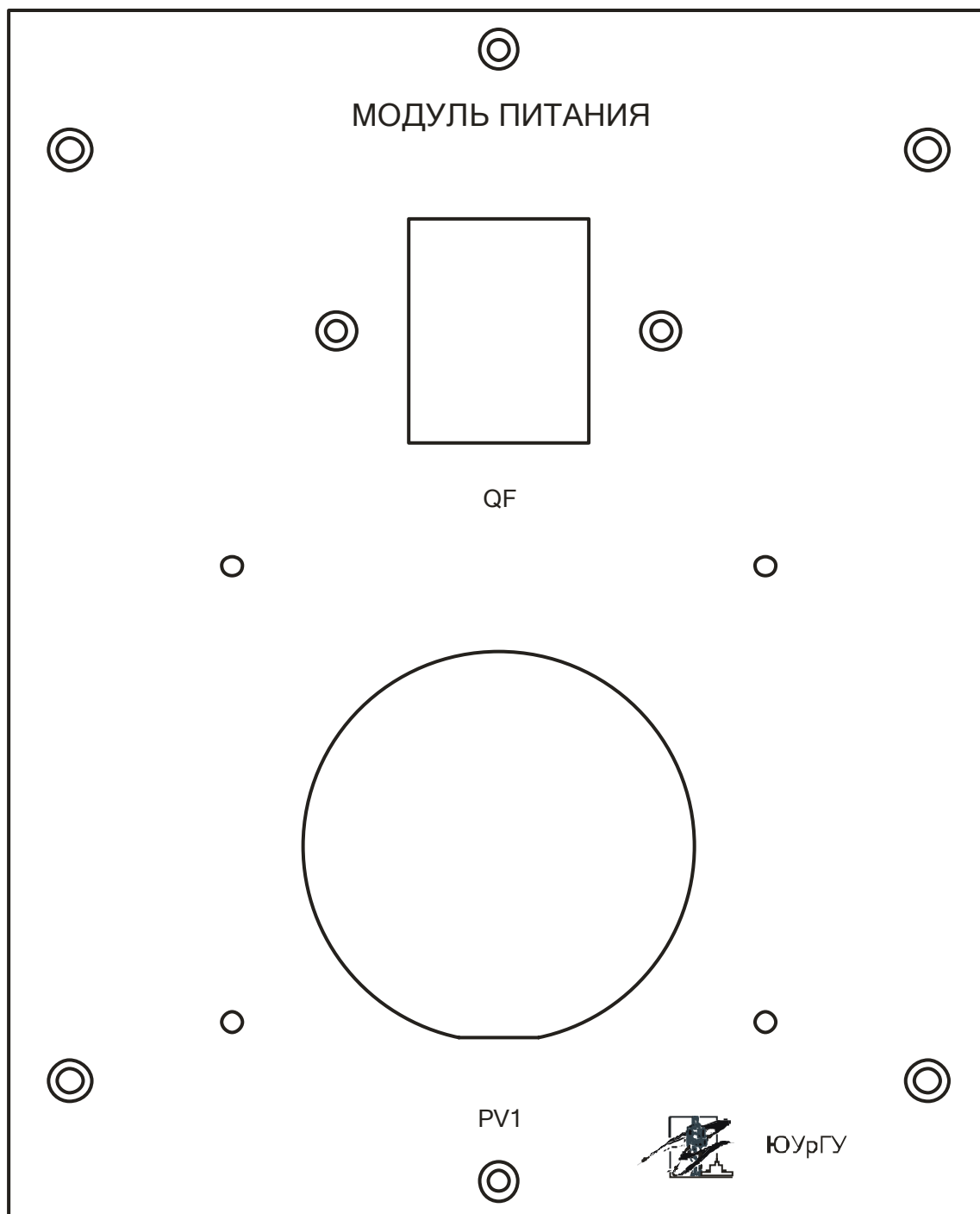


Рисунок 3.2 – Внешний вид панели модуля питания

### 3.1.3 Модуль управления нагрузочным генератором

В состав модуля управления нагрузочным генератором входят два регулировочных реостата R3 и R4.

Реостат R4 ограничивает ток якоря генератора, вследствие чего создается нагрузка на двигатель. С помощью реостата R3 производится плавная регулировка тока в обмотке возбуждения генератора.

Реостат R4 - переменный проволочный резистор большой номинальной мощности рассеяния типа СП5-37 ГОСТ 9663 – 75.

Реостат R3 – переменный проволочный резистор большой номинальной мощности рассеяния типа ППБ-50 ГОСТ 22174 – 76.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Внешний вид панели модуля управления нагрузочным генератором представлен на рисунке 3.4.

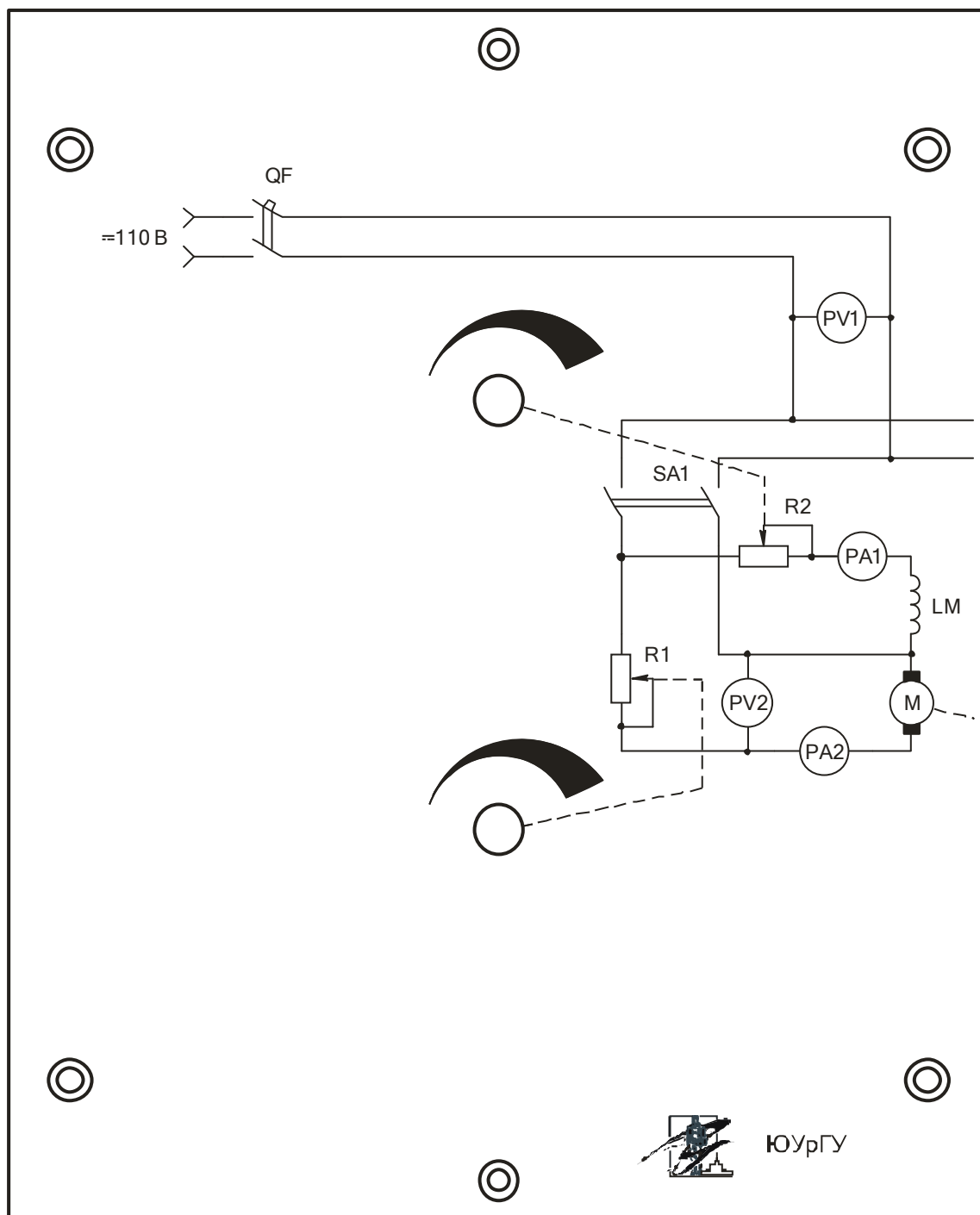


Рисунок 3.3 – Внешний вид панели модуля управления электродвигателем

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ

Лист

17

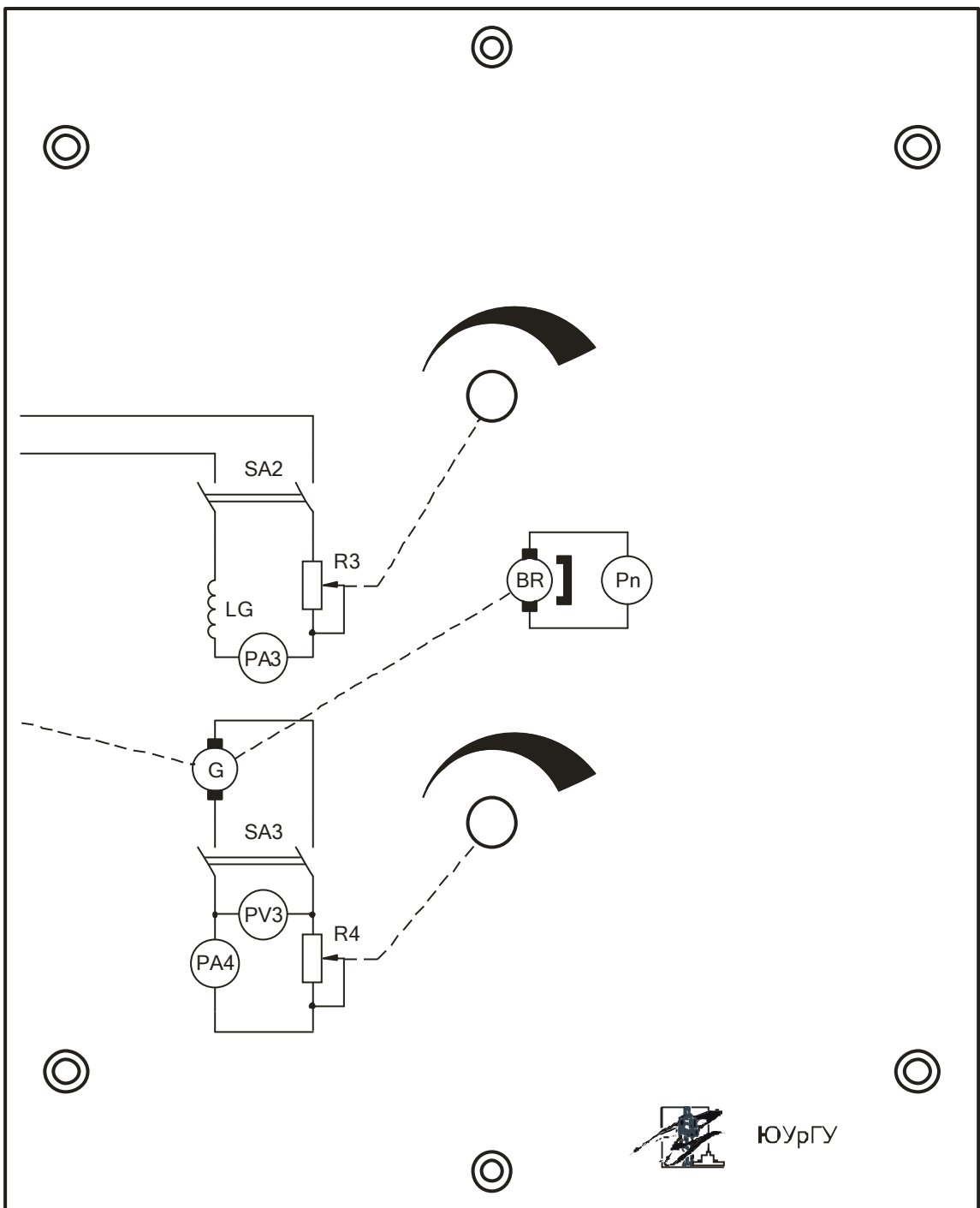


Рисунок 3.4 – Внешний вид панели модуля управления  
нагрузочным генератором

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ

Лист

18



### 3.2 Измерительные модули

#### 3.2.1 Модуль измерений электродвигателя

Модуль измерений электродвигателя предназначен для выполнения измерения значений напряжения и силы тока в цепи якоря и силы тока в обмотке возбуждения электродвигателя параллельного возбуждения с помощью стрелочных приборов постоянного тока. Внешний вид панели модуля представлен на рисунке 3.5.

Модуль содержит выключатель SA1 типа ВН-32, отключающий питание якорной цепи и обмотки возбуждения электродвигателя параллельного возбуждения.

Измерительные приборы постоянного тока выбраны типа М906 с линейной шкалой.

На лицевой панели под измерительные головки типа М906 профрезерованы отверстия круглой формы диаметром 80 мм. Крепление к лицевой панели осуществляется с помощью болтов М3 с потайной головкой.

#### 3.2.2 Модуль измерений нагрузочного генератора

Модуль измерений нагрузочного генератора предназначен для выполнения измерения значений напряжения и силы тока в цепи якоря и силы тока в обмотке возбуждения генератора параллельного возбуждения с помощью стрелочных приборов постоянного тока.

Модуль содержит выключатели SA2 и SA3 типа ВН-32. Выключатель SA2 отключает питание и обмотки возбуждения генератора, выключатель SA3 отключает питание якорной цепи генератора.

Измерительные приборы постоянного тока выбраны типа М906 с линейной шкалой.

На лицевой панели под измерительные головки типа М906 профрезерованы отверстия круглой формы диаметром 80 мм. Крепление к лицевой панели осуществляется с помощью болтов М3 с потайной головкой.

Внешний вид панели модуля «Измерительные приборы генератора» представлен на рисунке 3.6.

#### 3.2.3 Модуль «Тахометр»

Модуль «Тахометр» состоит из стрелочного микроамперметра типа М906, на который поступает постоянный ток с тахогенератора и фиксируется значение скорости вращения вала электродвигателя.

На лицевой панели под измерительную головку профрезеровано отверстие круглой формы диаметром 80 мм.

Внешний вид панели модуля представлен на рисунке 3.7.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

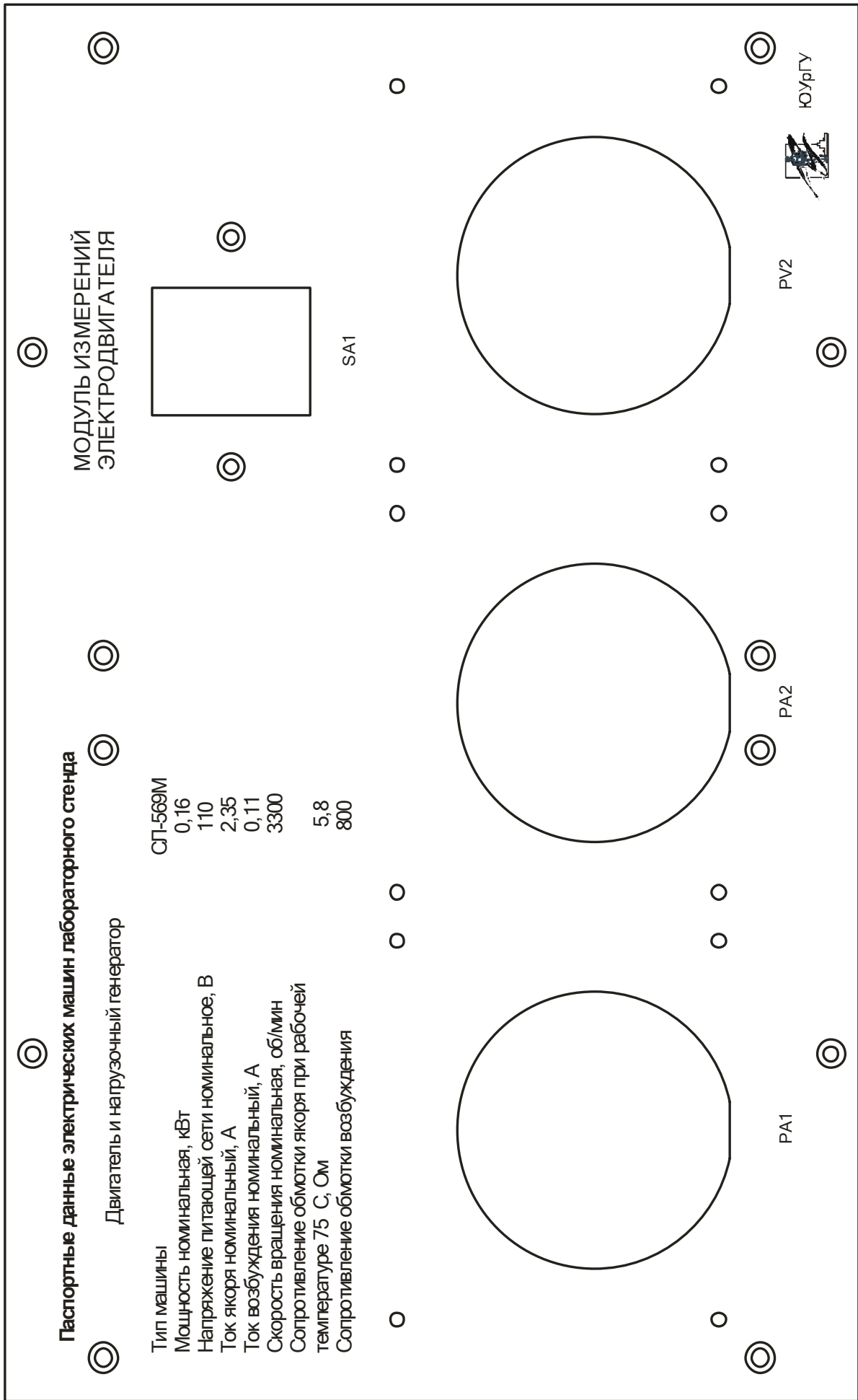


Рисунок 3.5 – Внешний вид панели модуля измерений электродвигателя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ

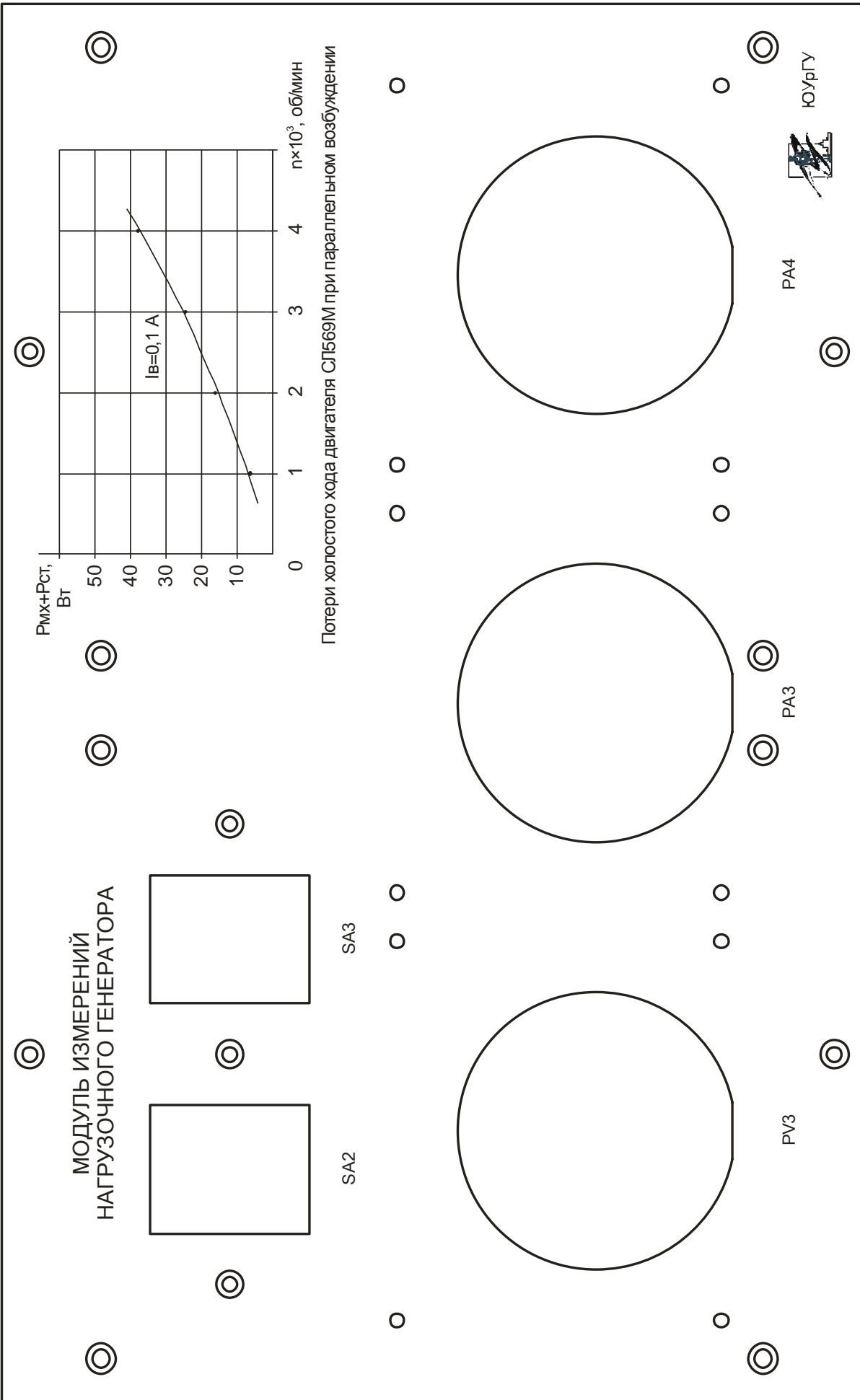


Рисунок 3.6 – Внешний вид панели модуля измерений нагруженного генератора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ

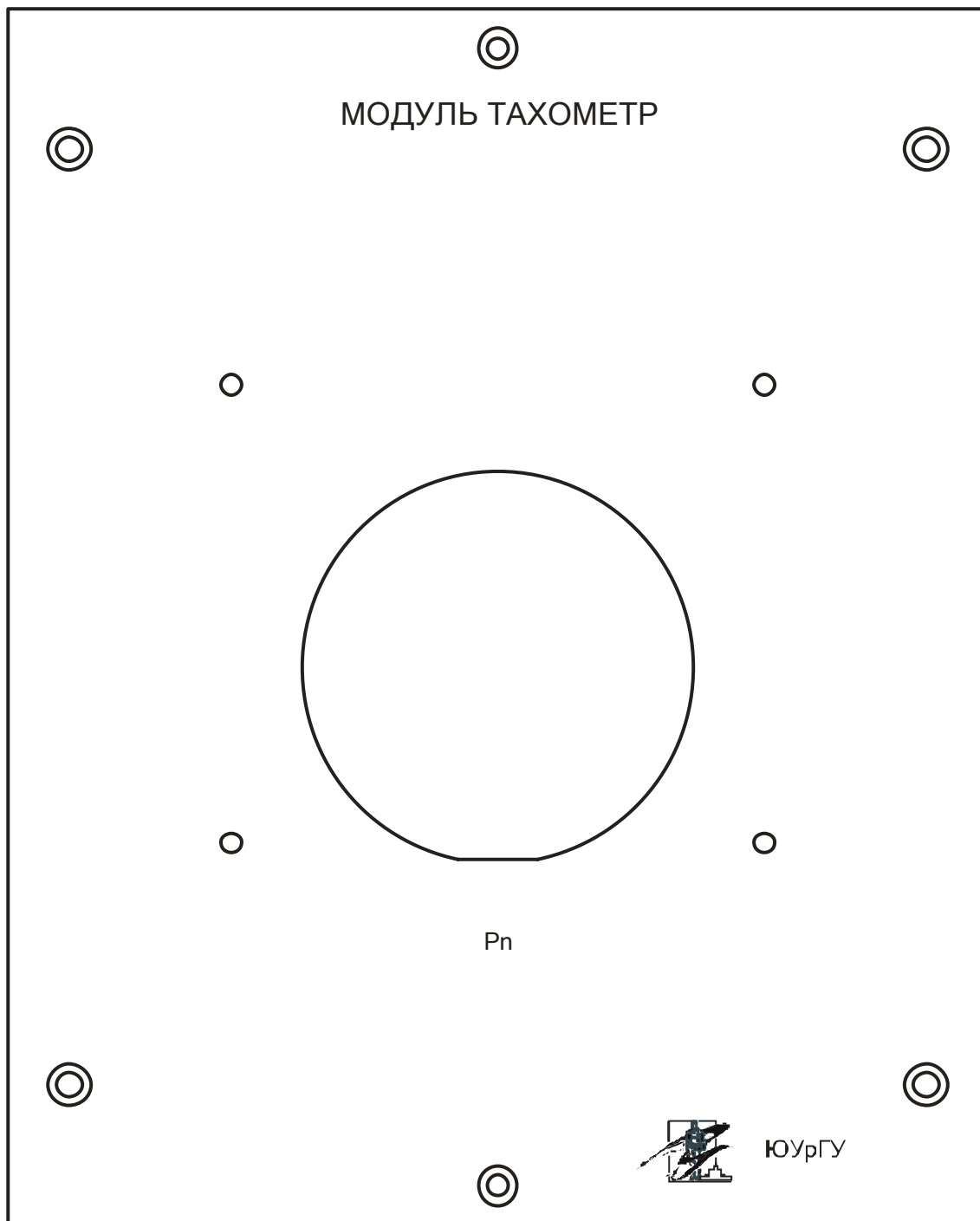


Рисунок 3.7 – Внешний вид панели модуля «Тахометр»

### 3.3 Изготовление панелей

Изготовление панелей делится на 3 этапа.

#### 3.3.1 Разработка внешнего вида панелей

За основу была взята модульная конструкция панелей взятая по примеру лаборатории 1-212, 1-306 филиала ЮУрГУ в городе Златоусте и предприятия производящее лабораторное оборудование ООО НПП Учтех-Профи филиал в г. Златоуст. Модульная конструкция удобна при установке, эксплуатации и ремонте.

Для разработки панелей использовался графический редактор CorelDRAW x4.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

CorelDRAW - это программа для создания и редактирования иллюстраций, основанная на принципах векторной графики. Это значит, что рисуете произвольный объект на печатной странице CorelDRAW, форма этого объекта описывается математическими формулами. При этом точность описания может достигать десятой доли микрона. Исходя из вышесказанного можно сказать что данный инструмент можно использовать для точного построения чертежей для фрезерных станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

### 3.3.2 Фрезеровка

Изготовление панелей производилось на предприятии ООО Научно-производственное предприятие «Учтех-Профи» филиал в г. Златоусте (ИП Чернышева) на фрезерном станке с ЧПУ BigZee VG1318.

Фрезерный станок BigZee VG1318 предназначен для выполнения фрезерных работ с различными материалами: металлами, сплавами, древесиной, пластиком. Станок может выполнять такие функции как сверление, фрезерование, проточка, зенковка, а также снятие фасок. Мощность на валу шпинделя 2,2 кВт, приводной двигатель шпинделя с водяным охлаждением. Скорость вращения шпинделя до 24000об/мин. Станок оснащен плавной регулировкой частоты вращения, при необходимости имеется выбор быстрого или точного перемещения шпинделя. Также в станке предусмотрены ограничители и фиксаторы вертикального перемещения заготовок. Внешний вид фрезерного станка приведен на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8 – Внешний вид станка с ЧПУ BigZee VG1318

### 3.3.3 Нанесение изображения

Нанесение изображения на предприятии ООО Научно-производственное предприятие «Учтех-Профи» филиал в г. Златоусте (ИП Чернышева) путем электрографии порошкового покрытия на заранее окрашенную поверхность, с последующей термической обработкой.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Вывод по разделу три.

В данном разделе произведено техническое описание лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения», были разработаны панели лабораторного стенда посредством программного обеспечения Corel DRAW X4, выбрано оборудование для модернизации.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

## 4 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА СТЕНДА

Трехмерное проектирование электрооборудования приобретает сегодня все большую популярность. Это обусловлено, с одной стороны, повышением требований к срокам проектирования изделий и качеству проектной документации, а с другой – доступностью специализированного программного обеспечения, способного решать широкий круг разнообразных задач. Если еще совсем недавно такие программные продукты были очень дороги, то теперь ситуация кардинально изменилась. И немаловажная роль в этом принадлежит Autodesk Inventor Professional, обладающему разнообразным инструментарием и потенциалом к интеграции с другими САПР. Например, он имеет в своем составе специальный модуль, предназначенный для проектирования проводных и кабельных соединений, позволяющий разрабатывать электромеханические изделия. С продуктом пользователь получает, в частности, базы данных электрических изделий и библиотеки проводов. Имеется возможность добавлять к деталям электрические контакты и затем размещать их в сборке. Помимо собственных богатых возможностей Inventor имеет потенциал к интеграции с другими САПР.

Важнейшим нововведением в 2016 версии продуктов AutoCAD Electrical и Autodesk Inventor появилась новая функция – Электромеханическая связь, которая связывает проект AutoCAD Electrical с проектом Autodesk Inventor и позволяет в режиме реального времени проводить обмен данными.

В электромеханическом проекте механические и электрические алгоритмы интегрируются для совместной работы при разработке продуктов. Для связывания проектов AutoCAD Electrical и Inventor создается файл электромеханической связи. Как только связь будет установлена, можно запустить обмен данными между проектами AutoCAD Electrical и Inventor посредством синхронизации.

Что на практике дает связывание проектов:

- связывать 2D-представление схемы с 3D-моделью;
- синхронизировать проектные данные в реальном времени;
- просматривать физические свойства (например, длину провода) в AutoCAD Electrical, что позволяет оценить его фактическую длину;
- экспортировать данные о компонентах, проводах и соединениях в формат Microsoft Excel для быстрых отчетов;
- автоматически прокладывать провода и кабели в Inventor в зависимости от соединений, определенных в AutoCAD Electrical.

Процесс разработки электромеханического проекта можно разбить на 2 этапа.

### 4.1.1 Разработка схемы проекта в AutoCAD Electrical

В AutoCAD Electrical необходимо произвести следующие операции:

- создать проект;
- создать чертеж;
- отрисовать схему с помощью меню графических образов;
- присвоить всем выводным концам элементов порядковые номера;
- присвоить всем элементам каталожные номера(необязательно);
- присвоить номера присоединительным проводам;

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- указать типы проводников;
- создать файл электромеханической связи;
- экспортировать данные о присоединительных проводниках.

На рисунке 4.1 представлен результат создания проекта в AutoCAD Electrical.

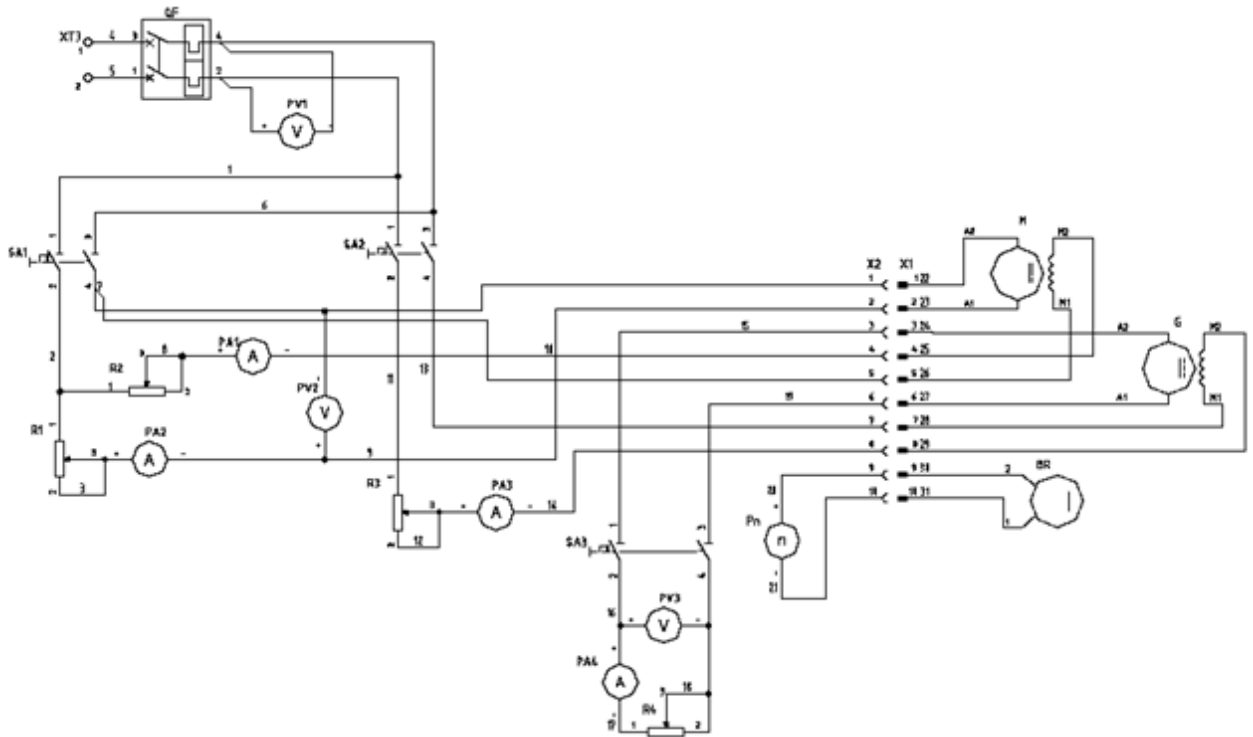


Рисунок 4.1 – Электрическая схема стенда в AutoCAD Electrical

#### 4.1.2 Разработка схемы проекта в Autodesk Inventor

В Autodesk Inventor необходимо произвести следующие операции:

- скачать бесплатные 3D модели от поставщика (перейти на сайт можно из самого Autodesk Inventor);
- объединить детали выполненные в виде сборки в неразделимое тело;
- указать на моделях контакты;
- создать новую сборку;
- вставить в новую сборку детали с контактами;
- с помощью команд «Зависимость» расставить детали;
- запустить команду «Прокладка кабелей»;
- загрузить файлы электромеханического проекта;
- импортировать данные о присоединительных проводниках;
- указать типы проводников;
- создать «трассы» для проводников;
- запустить команду «Автотрассировка», либо вручную указать траекторию прокладки проводников.



3D-модель созданная в Autodesk Inventor и подготовленная для слияния с электромеханическим проктом представлена на рисунке 4.2. Результат создания электромеханического проекта представлен на рисунке 4.3.

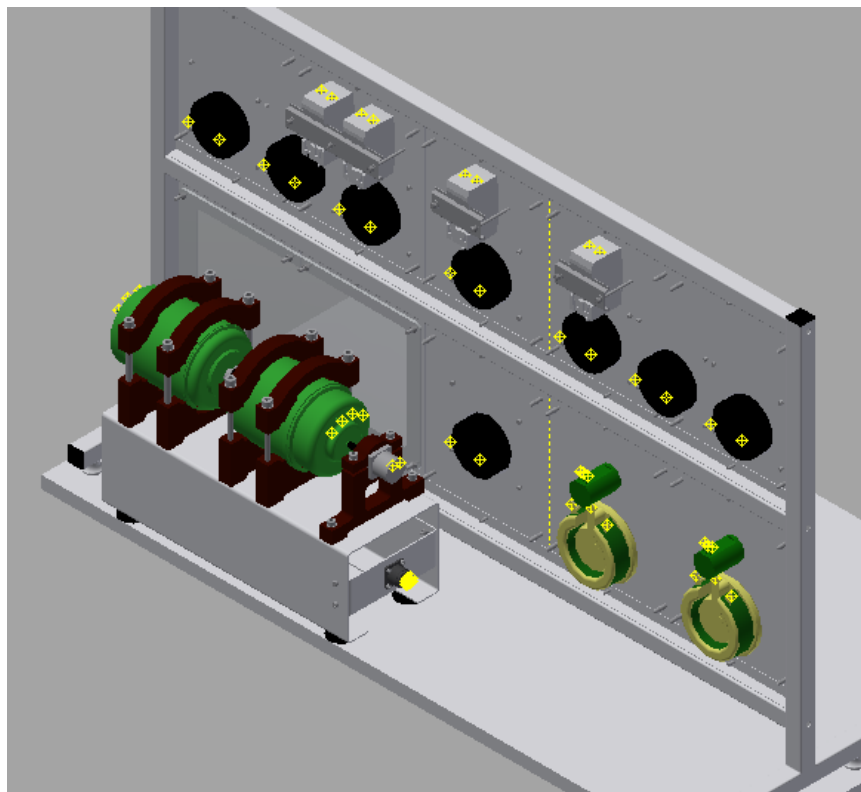


Рисунок 4.2 – 3D-модель станда созданная в Autodesk Inventor

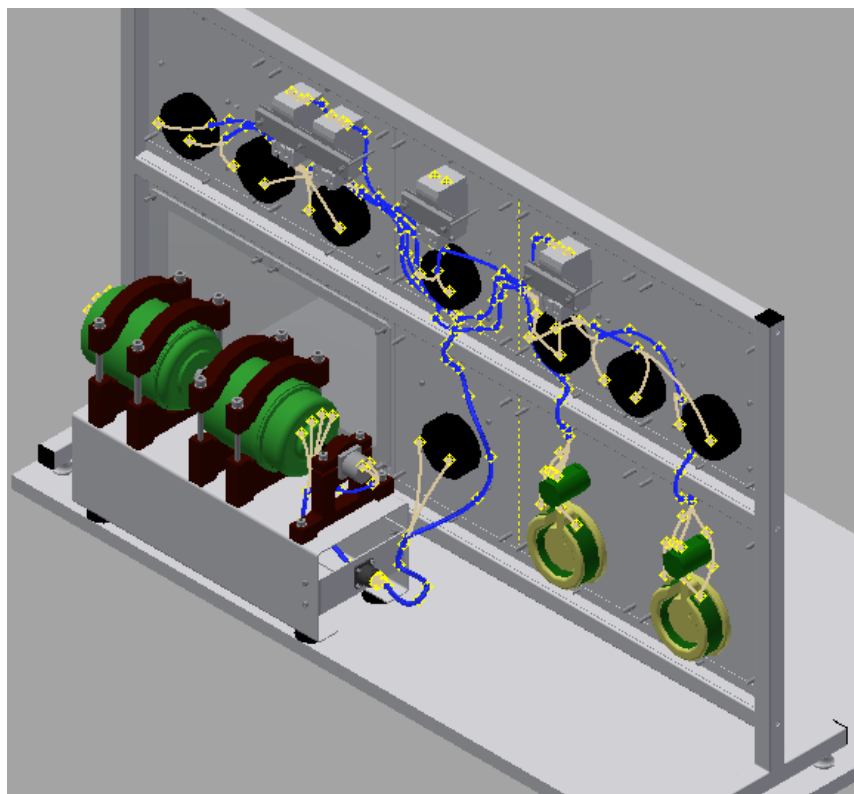


Рисунок 4.3 – Электромеханический проект станда

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ

Лист

27

Выводы по разделу четыре.

Несомненно визуализации прокладки проводов в САПР пакетах весьма трудоемко, однако именно на этапе разработок принимается большая часть конструктивных решений, и благодаря 3D визуализации можно своевременно внести в проект будущего объекта существенные изменения без каких-либо технико-экономических затрат.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5 РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ СЛ-569М

### 5.1 Техническое задание

В техническом задании приведены паспортные данные электрической машины СЛ-569М (таблица 5.1).

Произвести расчет механической и электромеханической характеристики двигателя СЛ-569М. Общий вид электромашинного агрегата приведен на рисунке 5.1.

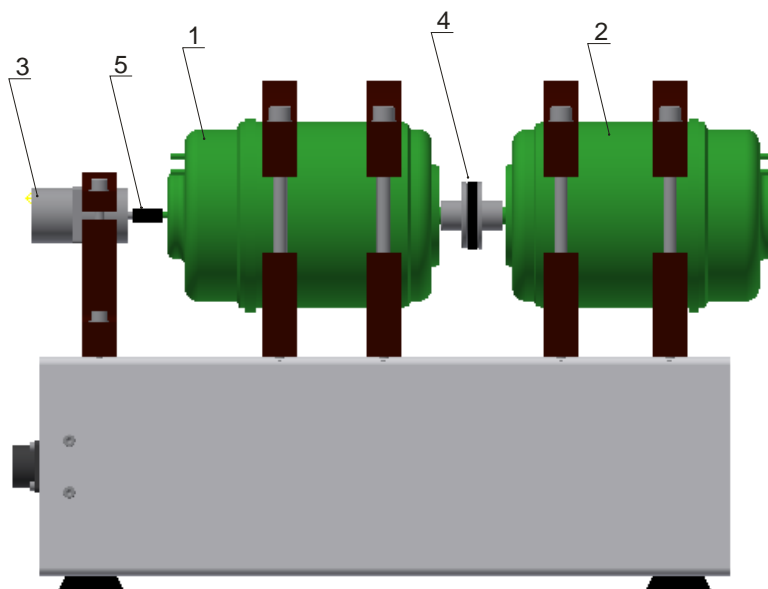


Рисунок 5.1 – Общий вид электромашинного агрегата:  
 1 –нагрузочный генератор; 2 – электродвигатель;  
 3 – тахогенератор; 4 – муфта; 5 – муфта тахогенератора

Таблица 5.1 – Паспортные машины постоянного тока СЛ-569М

Наименование параметра	Значение
Тип	СЛ-569М
Мощность, $P_H$ , Вт	160
Номинальное напряжение питания обмотки якоря, $U_{ЯН}$ , В	110
Номинальное напряжение питания обмотки возбуждения, $U_{ВН}$ , В	110
Номинальная частота вращения, $n_H$ , об/мин	3300
Номинальный ток якоря, $I_{ЯН}$ , А	2,35
к.п.д., $\eta$	0,62
Масса, $m$ , кг	4,5
Сопротивление обмотки якоря, $R_{Я75^\circ C}$ , Ом	5,8
Сопротивление обмотки возбуждения, $R_{ОВ75^\circ C}$ , Ом	800
Механические потери, $P_{МЕХ}$ , Вт	15

## 5.2 Расчет характеристик электродвигателя

В лабораторном стенде используется электромашинный агрегат. Агрегат содержит машину постоянного тока параллельного возбуждения, генератор постоянного тока параллельного возбуждения и тахогенератор.

Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения СЛ-569М изготавливается по ТУ 16-514.054-75. Класс изоляции – А (до 110 °С), режим работы – S1 (продолжительный).

Сопротивление якорной цепи при рабочей температуре  $R_{яц}$ , Ом, рассчитывается по формуле:

$$R_{яц} = \frac{U_{ян} \cdot I_{ян} - P_H}{2 \cdot I_{ян}^2}, \quad (5.1)$$

Тогда

$$R_{яц} = \frac{110 \cdot 2,35 - 160}{2 \cdot 2,35^2} = 8,91 \text{ Ом.}$$

Момент номинальный двигателя  $M_H$ , Н·м

$$M_H = \frac{30 \cdot P_H}{n_H \cdot \pi}, \quad (5.2)$$

$$M_H = \frac{30 \cdot 160}{3300 \cdot \pi} = 0,463 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Потокосцепление номинальное  $k\Phi_H$ , В·с/рад

$$k\Phi_H = \frac{M_H}{I_{ян}}, \quad (5.3)$$

$$k\Phi_H = \frac{0,463}{2,35} = 0,197 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$$

ЭДС двигателя  $E_H$ , В

$$E_H = k\Phi_H \cdot n_H \cdot \frac{\pi}{30}, \quad (5.4)$$

$$E_H = 0,197 \cdot 3300 \cdot \frac{\pi}{30} = 68,08 \text{ В.}$$

Индуктивность якоря и добавочных полюсов номинальная  $L_{ян}$ , Гн:

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$L_{\text{ян}} = 0,572 \cdot \frac{U_{\text{ян}} \cdot 30}{p \cdot n_{\text{н}} \cdot \pi \cdot I_{\text{ян}}}, \quad (5.5)$$

где  $p$  – число пар полюсов.

$$L_{\text{ян}} = 0,572 \cdot \frac{110 \cdot 30}{2 \cdot 3300 \cdot \pi \cdot 2,35} = 0,039 \text{ Гн.}$$

Электромагнитная постоянная времени якоря двигателя,  $T_{\text{ян}}$ , с:

$$T_{\text{ян}} = \frac{L_{\text{ян}}}{R_{\text{яц}}}, \quad (5.6)$$

$$T_{\text{ян}} = \frac{0,039}{8,91} = 0,004 \text{ с.}$$

Поток номинальный,  $\Phi_{\text{н}}$ , Вб:

$$\Phi_{\text{н}} = k\Phi_{\text{н}} \cdot \frac{2 \cdot a \cdot \pi}{p \cdot N}, \quad (5.7)$$

$$\Phi_{\text{н}} = 0,197 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot \pi}{2 \cdot 1820} = 0,00034 \text{ Вб.}$$

Электромеханическая постоянная времени  $T_{\text{м}}$ , с:

$$T_{\text{м}} = \frac{J_{\text{дв}} \cdot R_{\text{яц}}}{(k\Phi)^2} \quad (5.8)$$

где  $J_{\text{дв}}$  – момент инерции двигателя.

Момент инерции двигателя  $J_{\text{дв}}$  определяется по формуле:

$$J_{\text{дв}} = \frac{m_{\text{я}} \cdot r^2}{2}, \quad (5.9)$$

где  $m_{\text{я}}$  - масса якоря двигателя, принимается равной 1/3 массы двигателя, масса якоря принимается  $m_{\text{я}} = 1,5$  кг;

$r$  - радиус якоря двигателя, принимается равным половине оси вращения.

Высота оси вращения двигателя СЛ-569М составляет 0,054 м, следовательно принимается  $r = 0,027$  м.

$$J_{\text{дв}} = \frac{1,5 \cdot 0,027^2}{2} = 0,00055 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Так как якоря двигателя и нагрузочного генератора связаны неразъемной муфтой, то момент инерции удваивается, следовательно электромеханическая постоянная времени  $T_M$ , в соответствии с формулой (5.8):

$$T_M = \frac{2 \cdot 0,00055 \cdot 8,91}{(0,197)^2} = 0,25 \text{ с.}$$

Расчет параметров двигателя сведен в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Расчетные параметры двигателя постоянного тока параллельного возбуждения СЛ-569

Наименование	Обозначение	Величина
Сопротивление якорной цепи, Ом	$R_{яц}$	8,91
Момент номинальный двигателя, Н·м	$M_H$	0,463
Потокоцепление номинальное, В·с/рад	$k\Phi_H$	0,197
ЭДС номинальная двигателя, В	$E_H$	68,08
Индуктивность якоря и добавочных полюсов номинальная, Гн	$L_{ян}$	0,039
Электромагнитная постоянная времени якоря двигателя номинальная, с	$T_{ян}$	0,004
Поток номинальный, Вб	$\Phi_H$	0,00034
Сопротивление обмотки возбуждения, Ом	$R_{обв}$	800
Момент инерции двигателя, кг·м <sup>2</sup>	$J_{дв}$	0,00055
Масса якоря двигателя, кг	$m_я$	1,5
Радиус якоря двигателя, м	$r$	0,027

Для построения механической и электромеханической характеристик двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, представляющих собой прямые линии, необходимо и достаточно рассчитать координаты 2 точек: номинального режима и холостого хода.

Номинальный момент, ток и скорость известны, момент  $M_H$  вычислен выше по формуле (1.2), ток  $I_{ян}$  приводится как одна из технических характеристик,  $I_{ян} = 2,35$  А, скорость рассчитывается по формуле:

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30}, \quad (5.10)$$

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot 3300}{30} = 345,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Частота вращения идеального холостого хода,  $\omega_0$ , рад/с:

$$\omega_0 = \frac{U_H}{k\Phi_H}, \quad (5.11)$$

$$\omega_0 = \frac{110}{0,197} = 558,4 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

По координатам точек холостого хода ( $\omega = \omega_0; I = M = 0$ ) и номинального режима ( $\omega = \omega_0; I = I_H; M = M_H$ ) строим естественную электромеханическую и механическую характеристики. Естественные электромеханическая и механическая характеристики двигателя СЛ-569М приведены на рисунке 5.2.

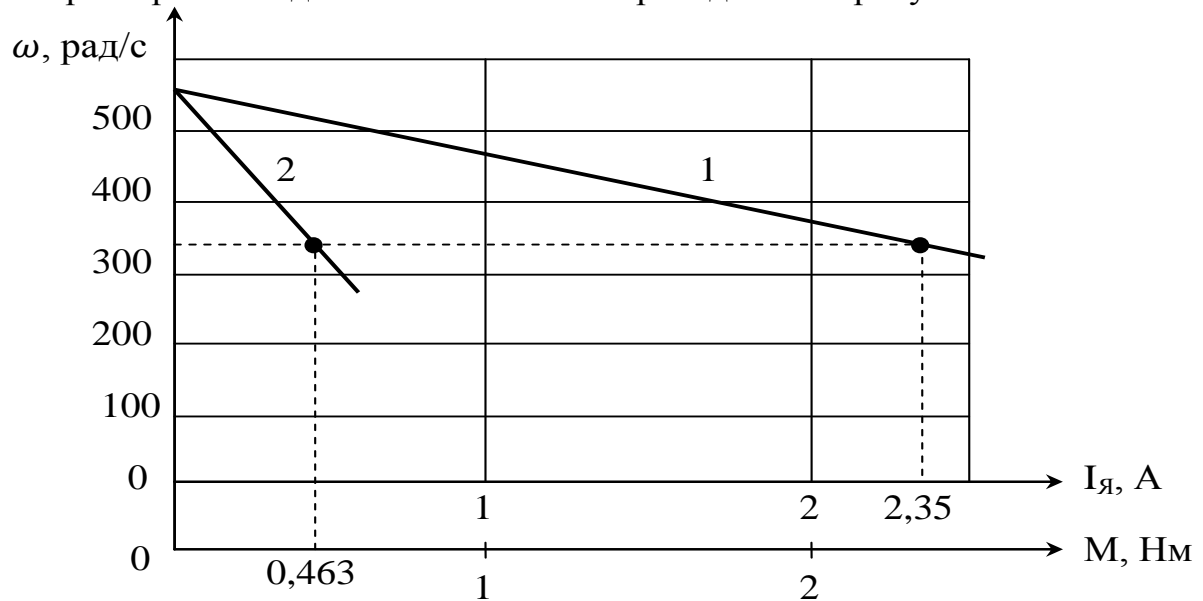


Рисунок 5.2 – Естественные характеристики двигателя СЛ-569М:  
1 – электромеханическая характеристика; 2 – механическая характеристика

КПД двигателя,  $\eta$ :

$$\eta = \frac{\Delta P_{эл}}{P_H}, \quad (5.12)$$

где  $\Delta P_{эл}$  – электрические потери в якоре.

Электрические потери в якоре  $\Delta P_{эл}$ , определяются по формуле:

$$\Delta P_{эл} = I_{яH}^2 \cdot R_{я}, \quad (5.13)$$

$$\Delta P_{эл} = 8,91^2 \cdot 8,91 = 49,21 \text{ Вт.}$$

Тогда

$$\eta = \frac{49,21 \cdot 2}{160} = 0,615 \approx 0,62.$$

Вывод по разделу пять.

В результате расчета были получены электромеханическая и механическая характеристики двигателя СЛ-569М. Также был посчитан КПД двигателя, погрешность расчета составила 1%. Электромагнитная и электромеханическая постоянные времени соответствуют типоразмерам заданного двигателя.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

## 6 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

### 6.1 Цель работы

Целью данной работы является ознакомление со способами пуска и изменения направления вращения двигателей параллельного возбуждения, а также исследование рабочих и регулировочных свойств их путем снятия соответствующих характеристик.

### 6.2 Внешний осмотр и схема двигателя

Перед исследованием необходимо ознакомиться с лабораторным стендом, конструкцией и паспортными параметрами двигателя и нагрузочного генератора. При этом следует записать исходные данные и произвести внешний осмотр машины с целью проверки ее исправности.

Для выполнения работы необходимо изучить схему представленную на рисунке 6.1.

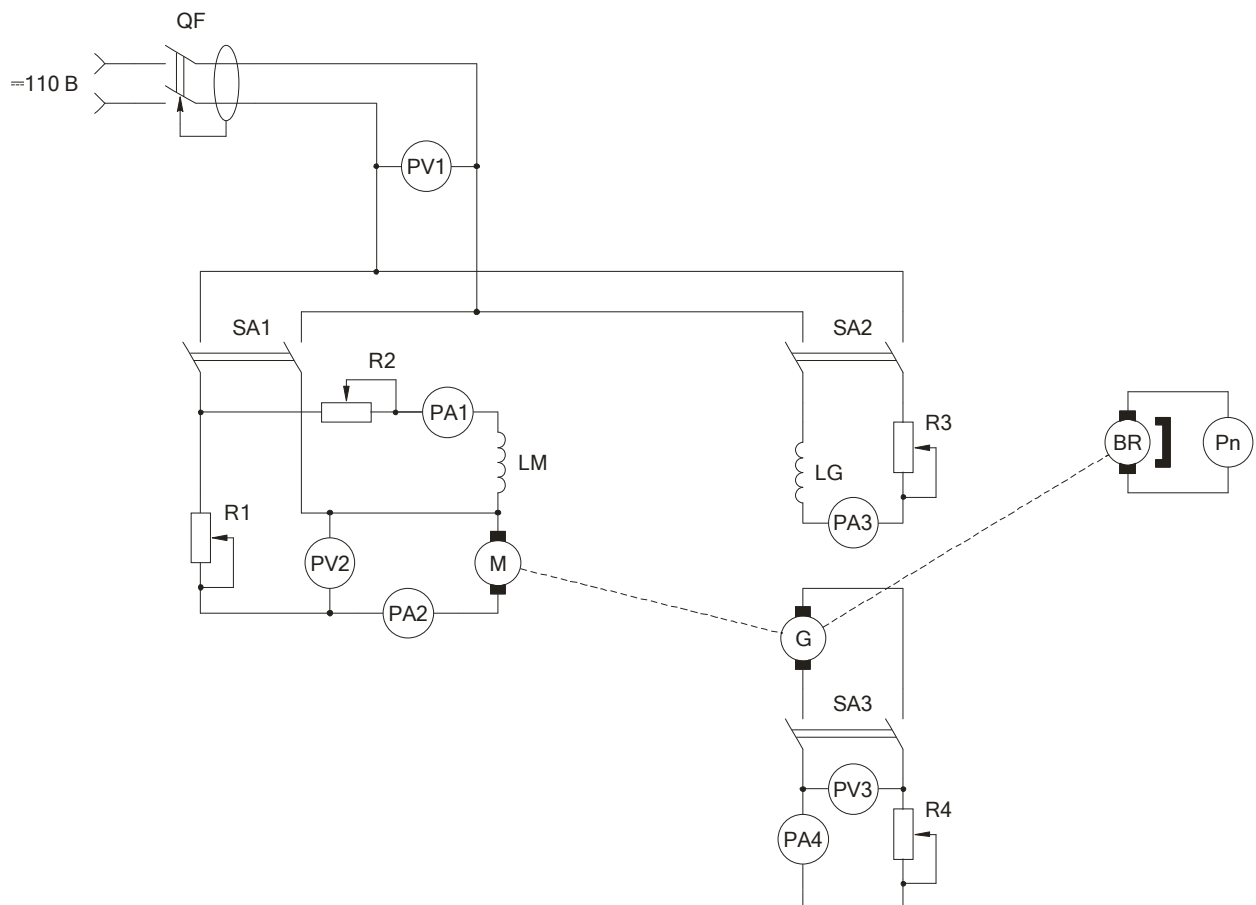


Рисунок 6.1 – Схема для снятия характеристик двигателя параллельного возбуждения: где R1 – пусковой реостат; R2 – реостат в цепи обмотки возбуждения нагрузочного двигателя; R3 – нагрузочный реостат; R4 – реостат в цепи обмотки возбуждения нагрузочного генератора

Пусковой реостат R1 служит для ограничения тока якоря при пуске и для поддержания постоянным напряжения на зажимах якоря или для изменения это-



го напряжения. Мощность регулировочного реостата должна быть рассчитана на длительную работу при номинальной нагрузке двигателя.

В цепь обмотки возбуждения включается регулировочный реостат R2, с помощью которого изменяется ток возбуждения двигателя, а следовательно, и частота вращения вала двигателя.

Измерительные приборы в схеме выбираются в соответствии с возможными диапазонами изменения напряжений и токов двигателя.

### 6.3 Пуск двигателя

Пуск в ход двигателя [1, 3] обычно осуществляется с помощью пускового реостата R1. При пуске этот реостат должен быть полностью введен в цепь якоря.

Ток якоря при пуске может достигать большой величины, превышающей номинальное значение тока в 10...15 раз. По мере разгона двигателя ЭДС обмотки якоря увеличивается, ток якоря уменьшается, и пусковой реостат полностью выводится.

Сопротивление реостата в цепи возбуждения R2 двигателя при пуске должно быть полностью выведено. В этом случае обмотка возбуждения оказывается включенной на полное напряжение сети и пуск производится при наибольшем возможном в лабораторном стенде магнитном потоке двигателя. Благодаря этому обеспечивается значительная величина пускового момента при ограниченном токе якоря.

### 6.4 Рабочие характеристики двигателя

Рабочие характеристики двигателя представляют собой зависимости частоты вращения, момента, тока якоря и коэффициента полезного действия от полезной мощности на валу двигателя при постоянных значениях напряжения на зажимах якоря двигателя и тока возбуждения:

$$\text{КПД, } n, M, I_a = f(P_{2д}) \text{ при } U = \text{const и } I_b = \text{const}$$

где КПД – коэффициент полезного действия двигателя постоянного тока, %;

$n$  – частота вращения вала двигателя, об/мин;

$M$  – момент на валу двигателя, Н·м;

$U$  – напряжение на зажимах обмотки возбуждения и якоря, В;

$P_{2д}$  – полезная мощность на валу двигателя, Вт;

$I_a$  – ток якоря двигателя, А;

$I_b$  – ток обмотки возбуждения двигателя, А.

Для снятия рабочих характеристик двигателя используется схема, представленная на рисунке 6.1. При этом в качестве нагрузки на валу применяется генератор постоянного тока параллельного возбуждения.

Опыт проводится в следующей последовательности. После пуска двигателя подается независимое питание на обмотку возбуждения нагрузочного генератора и устанавливается ток возбуждения, при котором были откалиброваны потери холостого хода  $P_0$  (это сумма механических потерь в машине и магнитных

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

потерь в стали магнитопровода). Во всех опытах ток возбуждения нагрузочного генератора поддерживается неизменным. График зависимости потерь холостого хода от частоты вращения при постоянном токе возбуждения приведен на лабораторном стенде.

$$P_0 = f(n), \text{ при } I_B = \text{const}$$

Далее к зажимам обмотки якоря генератора подключается нагрузочный реостат R4. Изменением сопротивления последнего генератор нагружается так, чтобы ток якоря двигателя достиг номинального значения при номинальном напряжении на зажимах обмотки якоря двигателя и номинальной частоте вращения.

Ток возбуждения двигателя, при котором имеет место номинальная частота вращения при номинальном токе якоря и номинальном напряжении на зажимах якоря двигателя отмечается и поддерживается с помощью реостата в цепи возбуждения R2 неизменным в течение всего опыта.

Поддерживая номинальное напряжение на зажимах якоря двигателя при помощи регулировочного реостата R2, изменяют нагрузку генератора в пределах от холостого хода генератора до тех пор, пока ток якоря двигателя не превысит номинального значения в полтора раза. В процессе опыта снимается 5 – 7 точек.

При снятии рабочих характеристик следует помнить, что двигатель при этом ни каким образом не регулируется, а меняется только величина нагрузки на его валу. Необходимо только поддерживать неизменными величины напряжения питания и тока возбуждения двигателя. Данные опыта заносятся в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Опытные данные для построения рабочих характеристик

№ опыта	Двигатель			Генератор		Примечания
	U, В	I <sub>в</sub> , А	I <sub>а</sub> , А	n, об/мин	U <sub>ар</sub> , В	
1						
...						
7						

### 6.5 Определение момента холостого хода

Запустить двигатель и установить ток возбуждения, который был установлен при снятии рабочих характеристик (смотри таблицу 6.1). После этого при помощи регулировочного реостата R1 в цепи якоря устанавливается номинальная частота вращения вала двигателя. Показания приборов заносятся в таблицу 6.2.

Частота вращения двигателей постоянного тока зависит от величины напряжения на обмотке якоря, сопротивления регулировочного реостата в якорной цепи и магнитного потока обмотки возбуждения.

Таблица 6.2 – Опытные данные для определения момента холостого хода

№ опыта	U, В	I <sub>а</sub> , А	I <sub>в</sub> , А	n, об/мин	M <sub>0</sub> , Нм	Примечания
1						

## 6.6 Регулировочные характеристики двигателя

В соответствии с этой зависимостью регулирование частоты вращения может осуществляться следующими способами: изменением напряжения на зажимах якоря двигателя при неизменном токе возбуждения; изменением величины магнитного потока (это реализуется путем изменения величины тока возбуждения); введением сопротивления в цепь обмотки якоря двигателя.

Регулировочная характеристика при изменении тока возбуждения:

$$n = f(I_B) \text{ при } U = \text{const}, M_2 = \text{const}.$$

где  $n$  – частота вращения вала двигателя, об/мин;

$M_2$  – момент на валу двигателя, Н·м;

$U$  – напряжение на зажимах обмотки возбуждения и якоря, В;

$I_B$  – ток обмотки возбуждения двигателя, А.

Этот способ регулирования частоты вращения является наиболее удобным и экономичным, но он позволяет регулировать частоту вращения только в сторону увеличения от номинальной частоты.

Опыт проводится следующим образом. После пуска двигателя при помощи нагрузочного генератора в цепи якоря двигателя устанавливается ток, равный половине номинального, при этом напряжение на зажимах якоря двигателя должно быть номинальным. Ток нагрузки генератора, который при этом получится, следует поддерживать в течение опыта неизменным. Этим обеспечивается постоянство величины нагрузочного момента  $M_2$ .

Сохраняя на зажимах якоря двигателя номинальное напряжение, изменяют ток возбуждения двигателя до тех пор, пока частота вращения вала не превысит номинальную частоту вращения на 20...30 %. В процессе опыта снимается 5–7 точек. Данные опыта заносятся в таблицу 6.1.

Регулировочная характеристика двигателя при изменении напряжения на зажимах якоря двигателя путем введения в цепь якоря регулировочного реостата:

$$n = f(U) \text{ при } I_B = \text{const} \text{ и } M_2 = \text{const}.$$

Данный способ регулирования частоты вращения позволяет изменять частоту вращения электродвигателя в широких пределах в сторону уменьшения от номинальной частоты, но ввиду больших потерь в регулировочном сопротивлении  $R_1$  является неэкономичным. В связи с этим данный способ регулирования частоты вращения вала может быть рекомендован для двигателей малой мощности.

После пуска двигателя устанавливают ток возбуждения, соответствующий номинальному режиму работы двигателя. При помощи нагрузочного генератора устанавливают в цепи якоря двигателя ток, равный половине номинального. Ток нагрузки генератора, который при этом получается, поддерживают в процессе опыта постоянным, что обеспечивает постоянство величины нагрузочного момента.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Далее напряжение на зажимах якоря двигателя уменьшают с помощью регулировочного реостата R1 до тех пор, пока частота вращения двигателя не достигнет половины номинальной. В процессе опыта снимается 5–7 точек. Показания записывают в таблицу 6.1.

## 6.7 Оформление отчета и анализ полученных результатов

### 6.7.1 Расчет рабочих характеристик двигателя параллельного возбуждения

Для построения рабочих характеристик двигателя определяются полезная мощность генератора ( $P_{2г}$ ), подводимая ( $P_1$ ) к двигателю мощность, полезная мощность двигателя ( $P_2$ ), полные потери нагрузочного генератора ( $P$ ), полезный ( $M_2$ ) и полный ( $M$ ) момент двигателя, КПД двигателя по соответствующим расчетным соотношениям и заносятся в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Расчетные данные для построения рабочих характеристик

№ опыта	$P_{2г}$ , Вт	$P_0$ , Вт	$P_M$ , Вт	$P_{эщ}$ , Вт	$P_d$ , Вт	$P_{сум}$ , Вт	$P_2$ , Вт	$P_1$ , Вт	КПД, %	$M_0$ , Н·м	$M_2$ , Н·м	$M$ , Н·м
1												
...												
7												

Расчетные соотношения.

Полезная мощность нагрузочного генератора:

$$P_{2г} = U_{аг} \cdot I_{аг}$$

Потери холостого хода генератора  $P_0$  зависят от тока возбуждения, частоты вращения, определяются опытным путем и даются на стенде в виде графика.

Электрические потери в меди обмотки якоря нагрузочного генератора находят по формуле:

$$P_M = R_{а75}^0 \cdot I_{аг}^2$$

где  $R_{а75}^0$  – сопротивление обмотки якоря генератора при рабочей температуре.

Электрические потери в щеточном контакте нагрузочного генератора

$$P_{эщ} = 2\Delta U_{щ} \cdot I_{аг}$$

Падение напряжения в переходном контакте щеток  $2\Delta U_{щ}$  принять равным 2В на пару щеток.

Добавочные потери нагрузочного генератора ( $P_d$ ). Добавочные потери в номинальном режиме принять равными 1% от номинальной мощности нагрузоч-

ного генератора. Для других нагрузок эти потери пересчитываются пропорционально квадрату тока нагрузки:

$$P_d = P_{дн} \frac{I_{аг}^2}{I_{аг ном}^2},$$

где добавочные потери в номинальном режиме  $P_{дн} = 0,01P_{г ном}$ .

Полные потери нагрузочного генератора

$$P_{\Sigma} = P_0 + P_m + P_{эщ} + P_d.$$

Полный (электромагнитный) момент двигателя:

$$M = M_0 + M_2,$$

где  $M_0$  – момент холостого хода.

Примерный вид рабочих характеристик представлен на рисунке 6.2.

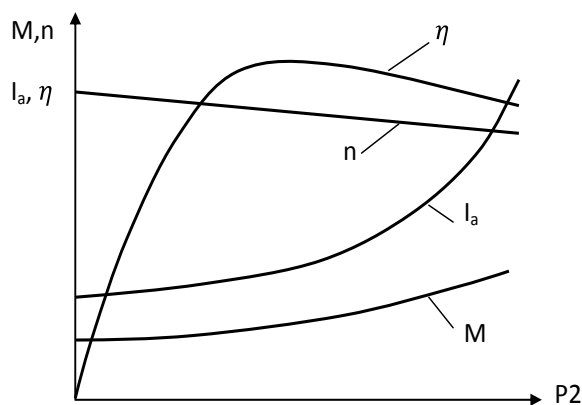


Рисунок – 6.2 Рабочие характеристики двигателя параллельного возбуждения

При расчете потерь в обмотке якоря сопротивление определяется при рабочей температуре  $75^{\circ}\text{C}$ .

#### 6.7.2 Построение естественной механической характеристики двигателя параллельного возбуждения

Естественная механическая характеристика двигателя представляет собой зависимость частоты вращения двигателя ( $n$ ) от момента нагрузки ( $M$ ) при постоянно напряжении питающей сети ( $U = \text{const}$ ) и постоянном токе возбуждения ( $I_B = \text{const}$ ):

$$n = f(M) \text{ при } U = \text{const}, I_B = \text{const}, R_2 = 0$$

Эта характеристика строится по расчетным данным таблицы 6.1, полученным в результате исследования машины в пункте 6.4. При слабом влиянии размагничивающего действия потока поперечной реакции якоря механическая характеристика представляет прямую, наклонную к оси абсцисс. Такую характеристику необходимо иметь для обеспечения устойчивой работы двигателя. По естественной механической характеристике определить процентное номинальное изменение частоты вращения вала двигателя по частоте холостого хода ( $n_0$ ) и номинальной частоте ( $n_n$ ) при изменении величины момента на валу двигателя от нуля до номинального.

### 6.7.3 Построение регулировочных характеристик двигателя параллельного возбуждения

По данным опытов (пункт 6.6) строятся характеристики:

$$n, I_a, \text{КПД} = f(I_B) \text{ при } U = \text{const}, M2 = \text{const}$$

Объяснить характер полученных характеристик. Указать, экспериментально полученные пределы регулирования частоты вращения вала двигателя параллельного возбуждения для каждого способа регулирования.

Вывод по разделу шесть.

В разделе выпускной квалификационной работы приведена методика выполнения лабораторной работы «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения».

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данном разделе на основе всех расходов связанных с модернизацией и монтажом учебного лабораторного стенда необходимо рассчитать полную себестоимость работы.

$$S = C_m + C_{зп} + C_{есн.} + C_a + C_{пр}, \quad (7.1)$$

где  $C_m$  – материальные затраты;  
 $C_{зп}$  – затраты на оплату труда;  
 $C_{есн.}$  – расходы на социальные нужды;  
 $C_a$  – амортизация;  
 $C_{пр}$  – прочие затраты.

В дипломной работе приведены расчеты материальных затрат, а также расходы на монтаж и эксплуатацию учебного лабораторного стенда.

Составлена смета затрат на разработку и монтаж учебного лабораторного стенда по основным статьям (формула 7.1).

В статье «материальные затраты» включена стоимость основных, вспомогательных материалов, покупных изделий и электроэнергии.

$$C_{см} = C_{ом} + C_{вм} + C_{пок} + C_э. \quad (7.2)$$

Стоимость основных материалов определяется по каждому модулю договорной ценой, руб.:

$$C_{ом} = K \cdot \sum_{i=1}^n (M_i \cdot Ц_i) \quad (7.3)$$

где  $M_i$  – норма расхода данного материала на монтаж лабораторного модуля;

$Ц_i$  – договорная цена учетной единицы материала;

$K$  – коэффициент учитывающий транспортно-заготовительные расходы по материалу, принимается  $K = 1,1$ .

Результаты расчета по статье «основные материалы» представлены в таблице 7.1. Количество материалов в таблице указано с учетом расхода на весь разработанный стенд.

Таблица 7.1 – Статья «основные материалы»

Наименование	Кол-во	Цена	Сумма
Припой ПОС-61 100 гр. 3мм с канифолью	1	66,50	66,5
Флюс ЛТИ-120 (нейтральный) 25 мл	2	23,50	47
Корпус лабораторного стенда, шт.	1	12000,00	12000
Итого ( $C_{ом1}$ ):			12113,5

Стоимость основных материалов  $C_{ом}$  определяется по формуле

$$C_{ом} = 1,1 \cdot C_{ом1} \quad (7.4)$$

$$C_{\text{ом}} = 1,1 \cdot 12113,5 = 13324,85 \text{ руб.}$$

Для расчета стоимости изделий составляется сводная спецификация представленная в таблицах 7.2 – 7.9.

Таблица 7.2 – Перечень используемых элементов модуля питания

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Алюминиевая панель модуля	1	610	610
Винт М4х14 (потайной)	2	0,6	1,2
Винт М4х60 (потайной)	2	3	6
Винт М3х25 (потайной)	4	0,5	2
Шайба зубчатая М4	2	1,10	2,2
Гайка оцинкованная М4	2	0,02	0,04
Гайка самоконтрящаяся М4	4	1,4	5,6
Гайка самоконтрящаяся М3	4	1	4
Шайба увеличенная М4.2	4	0,22	0,88
Шайба увеличенная М3.2	4	0,12	0,48
Саморез с потайной головкой 4.2х16	4	1,25	5
Выключатель автоматический ИЭК МВА20-2-002-В	1	228,72	228,72
DIN-рейка (80 мм)	1	9	9
Пластиковый кожух	1	115	115
Итого			990,12

Таблица 7.3 – Перечень используемых элементов модуль измерений электродвигателя

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Алюминиевая панель модуля	2	610	1220
Вольтметр стрелочный постоянного тока М906 200В	1	413	413
Амперметр стрелочный постоянного тока М906 2,5А	1	413	413
Амперметр стрелочный постоянного тока М906 0,5А	1	413	413
Винт М4х14 (потайной)	4	0,6	2,4
Винт М4х60 (потайной)	2	3	6
Винт М3х25 (потайной)	12	0,5	6
Шайба зубчатая М4	2	1,10	2,2
Гайка оцинкованная М4	2	0,02	0,04
Гайка самоконтрящаяся М4	4	1,4	5,6
Гайка самоконтрящаяся М3	12	1	12
Шайба увеличенная М4.2	4	0,22	0,88
Шайба увеличенная М3.2	12	0,12	1,44



## Окончание таблицы 6.3

Саморез с потайной головкой 4.2x16	8	1,25	10
Выключатель нагрузки ВН-32 ИЭК MNV10-2-020	1	189	189
DIN-рейка (80 мм)	1	9	9
Пластиковый кожух	2	115	230
Итого:			2933,56

Таблица 7.4 – Перечень используемых элементов модуль измерений нагрузочно-го генератора

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Алюминиевая панель модуля	2	610	1220
Вольтметр стрелочный постоянного тока M906 200В	1	413	413
Амперметр стрелочный постоянного тока M906 2,5А	1	413	413
Амперметр стрелочный постоянного тока M906 0,5А	1	413	413
Винт М4х14 (потайной)	4	0,6	2,4
Винт М4х60 (потайной)	3	3	9
Винт М3х25 (потайной)	12	0,5	6
Шайба зубчатая М4	3	1,10	3,3
Гайка оцинкованная М4	3	0,02	0,06
Гайка самоконтрящаяся М4	6	1,4	8,4
Гайка самоконтрящаяся М3	12	1	12
Шайба увеличенная М4.2	6	0,22	1,32
Шайба увеличенная М3.2	12	0,12	1,44
Саморез с потайной головкой 4.2x16	8	1,25	10
Выключатель нагрузки ВН-32 ИЭК MNV10-2-020	2	189	378
DIN-рейка (150 мм)	1	15	15
Пластиковый кожух	2	115	230
Итого:			3135,92

Таблица 7.5 – Перечень используемых элементов модуля тахометра

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Амперметр стрелочный постоянного тока M906 150мА	1	413	413
Алюминиевая панель модуля	1	610	610
Винт М4х14 (потайной)	2	0,6	1,2
Винт М3х25 (потайной)	4	0,5	2
Гайка самоконтрящаяся М3	4	1	4
Шайба увеличенная М3.2	4	0,12	0,48

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

## Окончание таблицы 6.5

Саморез с потайной головкой 4.2x16	4	1,25	5
Пластиковый кожух	1	115	115
Итого:			1150,68

Таблица 7.6 – Перечень используемых элементов модуля управления электродвигателем

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Реостат VR-200W/30-1 (200Вт, 30 Ом)	1	1922,29	1922,29
Реостат ППБ-50Г (50Вт, 2.2 кОм)	1	954	954
Алюминиевая панель модуля	1	610	610
Винт М4х14 (потайной)	2	0,6	1,2
Саморез с потайной головкой 4.2x16	4	1,25	5
Пластиковый кожух	1	115	115
Ручка на вал реостата	2	130	260
Итого:			3867,49

Таблица 7.7 – Перечень используемых элементов модуля управления нагрузочным генератором

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Реостат VR-200W/300-1 (200Вт, 300 Ом)	1	1922,29	1922,29
Реостат ППБ-50Г (50Вт, 3.3 кОм)	1	652,51	652,51
Алюминиевая панель модуля	1	610	610
Винт М4х14 (потайной)	2	0,6	1,2
Саморез с потайной головкой 4.2x16	4	1,25	5
Пластиковый кожух	1	115	115
Ручка на вал реостата	2	130	260
Итого:			3566

Таблица 7.8 – Перечень используемых элементов модуля электромашинный агрегат

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Алюминиевая панель модуля	2	610	1220
Винт М4х14 (потайной)	4	0,6	2,4
Винт М4х25 (потайной)	8	0,5	4
Гайка самоконтрящаяся М4	8	1,4	11,2
Шайба увеличенная М4.2	8	0,22	1,76
Оргстекло (215x400мм)	1	62,72	62,72
Электродвигатель СЛ-569М	2	1900	3800
Металлическая подставка	1	520	520
Комплект опоры для двигателя	4	150	600
Винт DIN 912 М8х100	8	14	112

## Окончание таблицы 6.8

Винт DIN 912 M8x25	8	6,8	54,4
Шайба M8.2	8	0,31	2,48
Винт DIN 912 M6x35	2	4	8
Винт DIN 912 M8x30	2	3,5	7
Шайба M6.2	4	0,26	1,04
Гайка самоконтрящаяся M6	2	3,2	6,4
Винт M4x12	8	0,90	7,2
Винт M4x18	4	1	4
Шайба для поликарбоната с EPDM прокладкой M22-10.5	4	7	28
Гайка самоконтрящаяся M4	20	1,4	28
Шайба увеличенная M4.2	8	0,22	1,76
2PM22B10Ш1В1 вилка на блок	1	840	840
2PMT22КПН10Т1В1В розетка на кабель	1	1460	1460
Кабель МКЭШ 10x0,75	0,8	78,14	62,51
Тахогенератор ТГ-1	1	1708	1708
Комплект опоры для тахогенератора	1	110	110
Итого:			10662,87

Таблица 7.9 – Сводная таблица по всем используемым модулям

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Модуль питания	1	990,12	990,12
Модуль измерений электродвигателя	1	2933,56	2933,56
Модуль измерений нагрузочного генератора	1	3135,92	3135,92
Модуль тахометр	1	1150,68	1150,68
Модуль управления электродвигателем	1	3867,49	3867,49
Модуль управления нагрузочным генератором	1	3566	3566
Модуль электромашинного агрегата	1	10662,87	10662,87
Итого:			26306,64

Таким образом стоимость покупных элементов будет равна  $C_{\text{пок}} = 26306,64$  руб.

Стоимость электроэнергии при модернизации и изготовлении лабораторного стенда  $C_э$  руб., определяется по формуле

$$C_э = C_э^1 \cdot P, \quad (7.5)$$

где  $C_э^1$  – тариф (стоимость) электроэнергии,  $C_э^1 = 2,04$  руб/квт·ч;

$P$  – количество единиц потребляемой электроэнергии,  $P = 460$  квт·ч.

$$C_э = 2,04 \cdot 460 = 938,4 \text{ руб.}$$

Стоимость сырья и материалов определяется  $C_{\text{см}}$  руб.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$C_m = 12113,5 + 26306,64 + 938,40 = 39358,54 \text{ руб.}$$

Исходные данные о продолжительности выполнения этапов работ взяты, исходя из фактически затраченного времени, приведены в таблице 7.10.

Таблица 7.10 – Данные для расчета основной заработной платы

Этап работы	Выполняемая работа	Продолжительность выполняемой работы, дни
1	Постановка задачи	1
2	Выбор оборудования	1
3	Составление описания модулей	2
4	Определение основных приемов разработки модулей	1
5	Изучение материалов	1
6	Разработка электромеханического проекта стенда	2
7	Разработка панелей модулей	3
8	Изготовление панелей модулей	14
9	Сборка модулей (с учетом времени на закупку необходимых для сборки метизов и т.д.)	5
Итого:		30

В разработке участвует инженер, оклад которого составляет  $O_u = 20000$  руб.

Время разработки стенда  $T'_{PK}$ , мес.

$$T'_{PK} = \frac{T_{PK}}{D}, \quad (7.6)$$

где  $T_{PK}$  – время, затраченное на изготовление всего модульного комплекса, дни

количество рабочих дней в месяце,  $D = 20$  дней.

$$T'_{PK} = \frac{30}{20} = 1,5 \text{ мес.}$$

Основная заработная плата  $C_{оз}$ , руб.

$$C_{оз} = O_u \cdot T'_{PK} \cdot k_{пр} \cdot k_{ур}, \quad (7.7)$$

где  $k_{пр}$  – коэффициент премирования;

$k_{ур}$  – уральский коэффициент.

$$C_{оз} = 20000 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 44850 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата производственного персонала  $C_{дз}$ , руб.

$$C_{дз} = 0,1 \cdot C_{оз}, \quad (7.8)$$

$$C_{дз} = 0,1 \cdot 44850 = 4485 \text{ руб.}$$

Заработная плата состоит из основной заработной платы и дополнительной

$$C_{зп} = 44850 + 4485 = 49335 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды находятся по формуле

$$O_{ЕСН} = k_{сн} \cdot C_{зп}, \quad (7.9)$$

где  $k_{сн}$  – единый социальный налог,  $k_{сн} = 0,30$ .

Таким образом, единый социальный налог составляет

$$O_{ЕСН} = 0,30 \cdot 98970 = 14800,5 \text{ руб.}$$

Виды основных средств и нормы амортизационных отчислений представлены в таблице 7.11.

Таблица 7.11 – Виды основных средств и нормы амортизационных отчислений

Виды основных фондов	Годовая норма амортизационных отчислений $H_{ai}$ , %	Балансовая стоимость $i$ -той единицы основных фондов $C_{офи}$ , руб.	Амортизационные отчисления, руб.
Лабораторные приборы	14	15000	2100
Принтер	14	2800	150
ПК	14	20000	2800
Итого:			6300

Амортизационные отчисления по отдельным видам основных средств

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{C_{офи} \cdot H_{ai}}{100}, \quad (7.10)$$

где  $C_{офи}$  – балансовая стоимость  $i$ -ой единицы основных средств, руб;

$H_{ai}$  – годовая норма амортизационных отчислений, %;

$n$  – число видов основных средств,  $n = 3$ .

$$A_{12} = \frac{15000 \cdot 14}{100} + \frac{20000 \cdot 14}{100} + \frac{10000 \cdot 14}{100} = 6300 \text{ руб.}$$

Оборудование эксплуатируется 3 мес., значит

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$A = \frac{6300 \cdot 3}{12} = 1575 \text{ руб.}$$

Затраты  $C_p$  на материалы и размножение разработанной документации  $C_p$ , руб, представлены в таблице 7.12.

Таблица 7.12 – Затраты на документацию

Наименование продукции	Единица измерения	Количество	Сметная стоимость, руб.
Бумага формата А4	Лист	100	24,00
Распечатывание	–	–	175,00
Итого, $C_p$ :			229,00

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию оборудования  $C_3$  приведены в таблице 7.13.

Таблица 7.13 – Результаты расчета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Оборудование	Время работы оборудования при сборке и наладке, ч	Стоимость одного часа работы оборудования, руб.	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.
Мультиметр	8	10,00	80,00
Паяльник 25Вт	48	3,00	144,00
Прочее оборудование	48	5,00	240,00
Итого, $C_3$ :			464,00

Расчёт административно-управленческих расходов на разработку учебного лабораторного стенда  $C_{ay}$  приведен в таблице 7.14.

Таблица 7.14 – Результаты расчета административно-управленческих расходов

Наименование статьи расходов	Время аренды/работы/энергопотребления, мес.	Стоимость использования, руб./мес.	Административно-управленческие расходы, руб.
Аренда помещения	3	2000	6000,00
Уборка помещения	3	500	1500,00
Электроэнергия	3	300	900,00
Итого, $C_{ay}$ :			8400,00

Из выше перечисленных расчетов находим общехозяйственные прочие расходы

$$O = C_P + C_Э + C_{АУ} \quad (7.11)$$

$$O = 229,00 + 464,00 + 8400,00 = 9093 \text{ руб.}$$

Смета затрат на разработку и изготовление учебного лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения» приведена в таблице 7.15.

Таблица 7.15 – Смета затрат на разработку и изготовление учебного лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения»

Статьи затрат	Сумма, руб.	%
Сырье и материалы	39358,54	35
Заработная плата	49335	40
Отчисления на социальные нужды	14800,5	14
Амортизация	1575	2
Прочие затраты	9093	9
Итого:	114162,04	100

Расчет эксплуатационной стоимости в год ведется по следующим статьям:

- сырье и материалы;
- заработная плата производственных рабочих;
- единый социальный налог;
- амортизация;
- общехозяйственные расходы.

Результаты расчета по статье «сырье и материалы» представлены в таблице 7.16. Количество материалов в таблице указано с учетом среднего расхода на обслуживание модернизированного стенда.

Таблица 7.16 – Статья «сырье и материалы»

Наименование	Кол-во	Цена	Сумма
Припой ПОС-61 100 гр. 3мм с канифолью	1	66,50	66,50
Флюс ЛТИ-120 (нейтральный) 25 мл	1	23,50	23,50
Спирт технический 100 гр.	1	8,5	8,50
Ацетон 50 гр.	4	2,75	11,00
Итого:			109,5

В статью «заработная плата производственных рабочих» отнесем зарплату 0,25 ставки старшего лаборанта (за один лабораторный стенд), составляющую 774,12 руб.

Таким образом, за 12 месяцев статья «заработная плата производственных рабочих» составит

$$C_3 = 774,12 \cdot 12 = 9290 \text{ руб.}$$

Единый социальный налог равен 30% от заработной платы производственных рабочих и составляет

$$O_{\text{ЕСН}} = 0,30 \cdot 9290 = 2787 \text{ руб.}$$

Виды основных средств и нормы амортизационных отчислений представлены в таблице 7.17.

Таблица 7.17 – Виды основных средств и нормы амортизационных отчислений

Виды основных фондов	Годовая норма амортизационных отчислений $N_{ai}$ , %	Балансовая стоимость i-той единицы основных фондов $C_{офи}$ , руб.	Амортизационные отчисления, руб.
Учебно-лабораторный комплекс	14	50000	7000
ПК	14	15000	2100
Итого:			9100

Расчёт общехозяйственных расходов на эксплуатацию лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения» основных средств и нормы амортизационных отчислений представлены в таблице приведен в таблице 7.18.

Таблица 7.18 – Результаты расчета общехозяйственных расходов

Наименование статьи расходов	Время аренды/работы/энергопотребления, мес.	Стоимость использования, руб./мес.	Административно-управленческие расходы, руб.
Уборка помещения	12	200	2400,00
Электроэнергия	12	50	600,00
Итого, $C_{ay}$ :			3000,00

Годовые эксплуатационные расходы на лабораторный стенд «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения» приведены в таблице 7.19.

Таблица 7.19 – Годовые эксплуатационные расходы на учебный лабораторный стенд «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения»

Статьи затрат	Сумма, руб.	%
Сырье и материалы	109,5	0,5
Заработная плата производственных рабочих	9290	38,2
Единый социальный налог	2787	11,5
Амортизация	9100	37,5
Общехозяйственные затраты	3000	12,3
Итого:	24286,5	100



Вывод по разделу семь.

В данном разделе на основе всех расходов связанных с модернизацией и монтажом лабораторного стенда произведен подсчет годовых эксплуатационных расходов, составлена смета затрат и рассчитана полная себестоимость проекта которая составила 114162,04 рубля.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 8.1 Краткое описание рассматриваемого объекта

Лаборатория «Электрические машины» расположена на первом этаже трехэтажного здания филиала ЮУрГУ в г.Златоусте.

Помещение аудитории прямоугольной формы площадью 46,6 кв. м. Столы для проведения лабораторных работ располагаются вдоль двух стен. У одной стены шесть столов, у противоположной - четыре. Лабораторные столы оборудованы столешницей, на которой расположены стойки с панелями для проведения лабораторных работ.

### 8.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Электромашинные агрегаты учебных лабораторных стендов имеют вращающиеся части, что может привести к травмированию студентов при проведении лабораторных работ. Также имеет место вредное воздействие на людей электромагнитное излучение.

К вредным и опасным производственным факторам относятся:

#### а) физические факторы:

– пониженная влажность воздуха и повышенная температура в помещении; это приводит к быстрому утомлению человека, снижается его внимание, память, скорость работы;

– недостаточная освещенность рабочего места студента затрудняет длительную работу, вызывает утомление и способствует нервному напряжению;

– цветовое оформление помещения и спектральные характеристики используемого света; от этого зависит надежность приема информации оператором, психологическое и физиологическое состояние человека;

– электромагнитные факторы (электрический ток, повышенный уровень поля радиочастот, компьютер, являющийся источником электромагнитного излучения) влияют на нервную и сердечно-сосудистую систему человека;

#### б) психофизиологические факторы:

– физические перегрузки (гиподинамия);

– нервно-эмоциональные нагрузки (умственное перенапряжение, переутомление, перенапряжение зрительных, слуховых анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки) [12].

### 8.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

Рабочее место студента укомплектовано необходимой технологической и организационной оснасткой; работа на нем осуществляется в режимах и условиях, предусмотренных действующей нормативно-технической документацией, в том числе в отношении освещения, микроклимата, шума, и т.д. Допустимые эргономические параметры рабочего места приведены в таблице 8.1.

Параметр считается соответствующим требованиям, если его значение отклоняется от нормативного не более чем на  $\pm 10$  мм (по линейному параметру) и на  $1^\circ$  (по угловому параметру).

Для нормальной и высокопроизводительной работы в помещении лаборатории необходимо, чтобы метеорологические условия (температура, влажность и

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

скорость движения воздуха), т.е. микроклимат, находились в определенных условиях.

Оптимальная температура воздуха на рабочих местах для легких работ должна составлять от 20 до 25°C. Относительная влажность воздуха в теплый период года должна составлять от 30 до 60%, в холодный период – 70%, скорость движения воздуха в помещении в холодный период не должна превышать – 0,1 м/с [13].

Освещение в помещении является смешанным (естественным и искусственным). Освещенность поверхности рабочего стола должна находиться в пределах от 300 до 500 лк, а общая освещенность – не менее 400 лк [14].

Таблица 8.1 – Нормативные значения эргономических параметров рабочего места

Наименование параметра	База отсчета	Нормативное значение
рабочий стол (рабочая поверхность)		
- высота, мм	полы	680-800 при регулировке, 725 без регулировки.
- ширина, мм	край стола	800-1400
- глубина, мм	передний край стола	600-800
рабочий стул		
- высота поверхности сиденья, мм	полы	450
- радиус кривизны спинки стула, мм	середина спинки, горизонтальная плоскость	>400
- угол наклона поверхности сиденья, град	горизонтальная плоскость	5
- ширина сиденья, мм	край сиденья	400
- глубина сиденья, мм	передний край сиденья	>400
- высота спинки стула, мм	поверхность сиденья	350
- радиус кривизны спинки стула, мм	середина спинки, горизонтальная плоскость	>400
- угол наклона спинки стула, град.	поверхность сиденья, вертикальная плоскость	25°

#### 8.4 Охрана труда

Профилактические и ремонтные работы на учебном лабораторном стенде должны производиться персоналом, прошедшим специальную подготовку и имеющим квалификационную группу не ниже третьей. Замена неисправных элементов проводится на обесточенном стенде. Реализация внешнего вида конструкции должна предусматривать отсутствие острых, колющих и режущих кромок, представляющих потенциальную опасность травмирования.

При обслуживании и ремонте учебного лабораторного стенда используются следующие средства защиты:

- инструменты с диэлектрическими ручками;
- указатель напряжения (ИН – 2).

Все лабораторные работы производятся на стенде не менее чем двумя студентами. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж, получившие допуск и ознакомленные с инструкцией по охране труда при работе в лаборатории «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов».

Для защиты человека от травмирования вращающимися механическими частями привода обязательно использование защитного кожуха, закрывающего валы электрических машин и соединяющую их упругую муфту.

При оценке условий труда учитываются время воздействия электромагнитного поля и характер облучения студентов и обслуживающего персонала. Средства и методы защиты от электромагнитных полей делятся на три группы: организационные, инженерно-технические и лечебно-профилактические.

Наиболее рациональными к применению являются инженерно-технические меры защиты:

- электрогерметизация элементов схем, блоков, узлов установки в целом;
- рациональное размещение оборудования.

Основными мерами защиты от поражения током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, для случайного прикосновения;
- электрическое разделение сети;
- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала защитным заземлением, защитным отключением, применением специальных электротехнических средств — переносных приборов и приспособлений;
- организация безопасной эксплуатации электроустановок.

К учебному лабораторному стенду от распределительного щита подведено напряжение постоянного тока 110 В. Для обеспечения безопасного проведения лабораторных работ все стенды заземляются. Стенды состоят из корпуса и прикрепленных к нему модулей. Стенд снабжен принципиальной схемой и имеет инструкцию по технике безопасности. В схеме стенда предусмотрен сетевой вольтметр, расположенный на модуле питания стенда, свидетельствующий о наличии напряжения. Все электрооборудование находится в зоне прямой видимости.

Предусмотрена защита электрооборудования от токов короткого замыкания и других ненормальных режимов работы, аварийное отключение производится автоматическим выключателем типа ВА47-29, встроенным в модуль питания.

В лаборатории запрещается находиться в верхней одежде, нельзя шуметь, курить. Перед началом работ необходимо ознакомиться с расположением выключателя со стороны, питающей сети. Все действия с электрооборудованием можно производить с разрешения старшего лаборанта. Запрещается работать с незаземленным оборудованием, загромождать рабочее место оборудованием, не относящимся к выполняемой работе. Не переходить без разрешения лаборанта с одного рабочего места на другое, выполнять какие-либо работы, не относящиеся к порученной работе. После выполнения работ привести в порядок рабочее место. При несчастном случае пострадавшему необходимо оказать первую помощь

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

и сообщить немедленно лаборанту. Ответственным за проведение инструктажа и за соблюдение норм охраны труда является начальник лаборатории или старший лаборант.

### 8.5 Производственная санитария

Вид трудовой деятельности, тяжесть и напряженность работ устанавливаются на основе аттестации рабочих мест по условиям труда. Выполнение лабораторных работ можно отнести к первой категории тяжести, при этом физические усилия составляют до 174 Вт. Такие работы выполняются сидя или стоя, не требуют систематического мышечного напряжения[12].

Для обеспечения в лабораторном помещении параметров микроклимата в соответствии с «Санитарными нормами микроклимата производственных помещений» СН № 4088-86 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» для категорий работ 1а – 1б рекомендуется применять системы вентиляции и отопления.

Мероприятия по оздоровлению воздушной среды разрабатываются для конкретного лабораторного помещения с учетом реально сложившихся причин загрязнения воздуха и климатического дискомфорта (например, скопление пыли в результате присутствия статических полей, пониженная влажность из-за действия систем отопления и нагреваемых частей аппаратуры).

Для поддержания заданных значений температуры и влажности в лабораторных помещениях рекомендуется применять кондиционирование и вентиляцию. Кондиционер обеспечит автоматическое поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах в течение года, очистку воздуха от пыли и вредных веществ, создание небольшого избыточного давления в чистых помещениях для исключения поступления неочищенного воздуха. Вентиляция воздуха в лаборатории обеспечивается путем воздухообмена в помещении в результате действия ветрового и теплового напоров, получаемых из-за разной плотности воздуха снаружи и внутри помещения. Организованная естественная вентиляция осуществляется аэрацией. Аэрация предусматривает бесканальный обмен воздуха через окна, форточки, фрамуги и т.п.

Естественное освещение в помещении осуществляется в виде бокового освещения. Величина коэффициента естественной освещенности (к.е.о.) соответствует нормативным уровням по СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

По конструктивному исполнению различают следующие системы искусственного освещения:

- общее – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования;
- комбинированное – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочем месте.

Расчет освещения помещения.

Размеры лаборатории: длина А=8 м; ширина В=5,8 м; высота Н=2,75 м.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Система освещения общая равномерная, светильники типа НСО1 с лампами которые имеют следующие характеристики: мощность  $W=150$  Вт, напряжение питания  $U=220$  В.

Расчет выполняется методом коэффициента использования светового потока, в следующем порядке:

1) определяется высота подвеса светильника над рабочей поверхностью

$$H_{\Pi} = H - h_p - h_c, \quad (8.1)$$

где  $h_p=0,8$  м – высота рабочей поверхности;

$h_c=0,45$  м – высота светильника,

$$H_{\Pi} = 2,75 - 0,8 - 0,45 = 1,5 \text{ м.}$$

2) определяется индекс помещения  $i$

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\Pi} \cdot (A + B)}, \quad (8.2)$$

$$i = \frac{8 \cdot 5,8}{1,5 \cdot (8 + 5,8)} = 2,25 \approx 2,3$$

3) выбирается коэффициент  $\eta=65\%$ , коэффициент использования светового потока лампы (%), зависящий от типа лампы, типа светильника, коэффициента отражения потолка и стен, высоты подвеса светильников и индекса помещения [14, прил. 12];

4) выбирается коэффициент запаса  $K = 1,4$  [14, прил. 5];

5) определяется количество светильников  $N$  при условии равномерного освещения

$$\Phi_{\text{Л}} = \frac{100 \cdot E_{\text{Н}} \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (8.3)$$

$$N = \frac{100 \cdot E_{\text{Н}} \cdot S \cdot Z \cdot K}{\Phi_{\text{Л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (8.4)$$

где  $\Phi_{\text{Л}}$  – световой поток одной лампы, 2300 лм;

$E_{\text{Н}}$  – нормируемая минимальная освещенность, 200 лк [14, прил. 1];

$S$  – площадь освещаемого помещения, 46,6 м<sup>2</sup>;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности, определяемый отношением  $E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$  значения которого, для люминесцентных ламп – 1,1;

$n$  – число ламп в светильнике, равно 1;

$\eta$  – коэффициент затенения рабочего места работающим, равно 0,9;

$$N = \frac{100 \cdot 200 \cdot 46,6 \cdot 1,1 \cdot 1,4}{2300 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 65} = 10,66 \approx 11 \text{ шт.}$$

Для удобства расположения принимается  $N = 12$  штук.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

В лаборатории искусственное освещение осуществляется с помощью 12 светильников по 1 лампе. Непосредственно на рабочих столах предусматривается установка местного освещения. Осветительные установки не должны создавать слепящих бликов, а также необходимо исключить попадание в глаза прямого света. Освещенность рабочих мест составляет 200лм при норме освещения 200лм, следовательно, установка дополнительного освещения не требуется.

Кроме освещенности большое влияние на деятельность оказывает цветовое оформление помещения и спектральные характеристики используемого света. Рекомендуется применение тонов теплой гаммы, что создает впечатление бодрости, возбуждения и замедленного течения времени, а также вызывает у человека ощущение тепла.

Рациональный режим труда и отдыха работников, установленный с учетом психофизиологической напряженности труда, динамики функционального состояния систем организма и работоспособности, предусматривает строгое соблюдение регламентированных перерывов. Для студентов это перерыв между учебными занятиями, который составляет 10 минут. Для обслуживающего персонала – лаборантов, рабочий день которых составляет 8 часов, основным перерывом является перерыв на обед. В соответствии с особенностями трудовой деятельности и характером функциональных изменений со стороны различных систем организма в режиме труда должны быть введены два или три регламентированных перерыва длительностью 10 минут каждый.

#### 8.6 Эргономика и производственная эстетика

Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение лабораторных работ в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля для средних размеров тела человека при росте 150-174 см для женщин, 160-184 см для мужчин, не должны превышать  $530 \pm 30$  мм в вертикальной плоскости, и 590-640 мм в горизонтальной плоскости при высоте рабочей поверхности 725 мм над полом.

Выполнение частых трудовых операций должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости которая достигает  $120^\circ$  от поля обзора человека ( $\approx 180^\circ$ ) и максимальная длина составляет 400 мм.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать оптимальное положение студента.

Важным фактором является пространство под столом, его должно быть достаточно, чтобы удобно сгибать и разгибать колени.

Стол должен иметь криволинейную форму, за счет вогнутости его большая часть оказывается используемой, т.к. попадает в зону досягаемости моторного поля. Поскольку работа студента сочетает в себе работу за компьютером и бумажную, то стол помимо места для монитора, клавиатуры, системного блока должен содержать еще и дополнительные полочки и ящики, чтобы не загружать бумагами рабочее пространство стола. Стол должен позволять менять глубину положения монитора. Площадь столешницы не должна быть менее  $1 \text{ м}^2$ . Чем массивнее стол, тем лучше, меньше вибрации от техники.

Кресло должно обеспечивать физиологически рациональную рабочую позу, при которой не нарушается циркуляция крови и не происходит других вредных воздействий. Для этого необходимо чтобы у кресла была упругая спинка

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

анатомической формы с подлокотниками и иметь возможность поворота, изменения высоты и угла наклона сиденья и спинки. Кресло должно быть регулируемым, с возможностью вращения, чтобы дотянуться до далеко расположенных предметов.

Рабочее место для выполнения работ в положении стоя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-88, ГОСТ 22269-88, ГОСТ 21829-88 и требованиям технической эстетики.

Монитор должен располагаться на рабочем столе прямо, и удален от глаз минимум на 50-60 см. Верхняя граница экрана должна быть на уровне глаз или не ниже 15 см ниже уровня глаз.

Важное значение имеют не только оптимальное расположение монитора, но и его технические параметры. Прежде всего, это разрешение монитора и частота обновления изображения. Для работы необходим плоскоэкранный монитор с диагональю минимум 17" или 19", оптимальное разрешение – 1024×768 или 1280×1024 соответственно. Однако при этом частота обновления изображения не должна быть меньше 100 Гц, поскольку колебания яркости приводят к нервному переутомлению и быстрому ухудшению зрения.

Клавиатура должна располагаться в 10-15 см (в зависимости от длины локтя) от края стола. Глубина стола должна позволять полностью положить локти на стол, отодвинув клавиатуру к монитору.

Рабочее место для выполнения работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-88, ГОСТ 22269-88, ГОСТ 21829-88 и требованиям технической эстетики.

Организацию рабочих мест необходимо осуществлять на основе современных эргономических требований. Используемые предметы и органы управления находятся в оптимальной рабочей зоне.

Данный стенд удовлетворяет требованиям к учебным лабораторным стендам видеодисплейным терминалам и персональным электронно-вычислительным машинам как в плане безопасности, так и по эргономическим параметрам [12].

## 8.7 Противопожарная и взрывобезопасность

К нормативным правовым актам Российской Федерации по пожарной безопасности относятся федеральные законы о технических регламентах, федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, устанавливающие обязательные для исполнения требования пожарной безопасности. К нормативным документам по пожарной безопасности относятся национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности (нормы и правила).

На существующие здания, сооружения и строения, запроектированные и построенные в соответствии с ранее действовавшими требованиями пожарной безопасности, положения настоящего Федерального закона не распространяются, за исключением случаев, если дальнейшая эксплуатация указанных зданий, сооружений и строений приводит к угрозе жизни или здоровью людей вследствие возможного возникновения пожара. В таких случаях собственник объекта или лицо, уполномоченные владеть, пользоваться или распоряжаться зданиями, сооружениями и строениями, должны принять меры по приведению системы обес-

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



печения пожарной безопасности объекта в соответствии с требованиями настоящего Федерального закона [16].

Здания и те их части, в которых размещаются ЭВМ, должны иметь не ниже II степени огнестойкости. Помещения для обслуживания, ремонта и наладки ЭВМ должны относиться по пожаро-взрывобезопасности к категории (В1-В4) в соответствии с требованиями Федерального закона [16]. К категориям В1 - В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

Пожары представляют собой особую опасность, так как вызывают большие материальные потери. Пожар может возникнуть при взаимодействии горючих веществ и окислителя при наличии источника зажигания. Горючими компонентами являются строительные материалы отделки помещения, двери, полы, обмотки радиотехнических деталей и прочее. Источниками зажигания могут стать электронные схемы, устройства питания, где в результате различных нарушений могут образоваться перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать возгорание горючих элементов. Опасность взрыва отсутствует.

Успех ликвидации пожара зависит, прежде всего, от быстроты оповещения о его начале. Помещение необходимо оборудовать пожарной сигнализацией.

Необходимо проводить ряд организационных мероприятий для предупреждения пожаров в соответствии с ГОСТ 12.4.009-83 и ГОСТ 12.1.004-91.

Проводить инструктажи с обслуживающим персоналом и студентами с оформлением записи в журнале инструктажей под роспись.

Организационно-технические мероприятия по пожарной безопасности включают в себя следующее:

- а) включение вопросов пожарной профилактики во все инструктажи по технике безопасности;
- б) запрет курения в неполюженном месте;
- в) назначение ответственного за пожарную безопасность;
- г) контроль изоляции электропроводки с периодичностью 1 раз в год;
- д) применение плакатов наглядной агитации по пожарной безопасности.

Также необходимо раз в квартал производить очистку от пыли всех узлов и частей лабораторных стендов. Запрещается в лаборатории курить, применять электронагревательные приборы, включать и выключать электросеть во время работы с легковоспламеняющимися жидкостями. Запрещается оставлять без наблюдения включенную в сеть радиоэлектронную аппаратуру.

Первичные средства пожаротушения для помещения определяются согласно ГОСТ 12.1.004 - 91.

В используемом помещении рекомендуется выполнять следующие технические мероприятия:

- а) применить углекислотные огнетушители для тушения электроприборов. Устанавливают 1 огнетушитель на 40 – 50 м<sup>2</sup>, но не менее двух в помещении.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

В помещении, где производятся работы, связанные с созданием автоматизированной системы сбора и обработки информации об отказах элементной базы видеоконтролирующего устройства необходимо установить 2 огнетушителя ОУ - 5;

- б) ящик с песком объемом 0,5 м<sup>3</sup>;
- в) систему автоматической пожарной сигнализации с датчиками, реагирующими на появление дыма ФНП - 1 из расчета 1 на 10 м<sup>2</sup>;
- г) телефон, установленный в легкодоступном месте;
- д) стальные несущие и ограждающие конструкции защищены огнезащитными материалами.

Для ликвидации пожаров в начальной стадии применяются первичные средства пожаротушения: огнетушители ручные и передвижные; сухой песок; асбестовые одеяла и другие. Типы применяемых огнетушителей: ОП-10, ОХВП-10, ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, ОП-5-07. Для ликвидации пожаров в лаборатории пожарные краны установлены в доступных и заметных местах: в коридорах, на площадках.

В лаборатории «Электрические машины» применяется огнетушитель порошковый ОП-5-02 ТУ-22-144-00-86, для тушения классов пожаров В, С, Е до 1000 В.

#### 8.8 Экологическая безопасность

К основным физическим факторам окружающей среды, оказывающим негативное воздействие на здоровье человека, относятся шум, вибрация, электромагнитные излучения, электрический ток.

Шум представляет собой комплекс звуков, вызывающих неприятные ощущения, в крайнем случае – разрушение органов слуха.

Вибрация представляет собой сложный колебательный процесс с широким диапазоном частот, возникающий в результате передачи колебательной энергии от какого-то механического источника.

Источниками электромагнитного излучения служат радиолокационные, радио- и телевизионные станции, различные промышленные установки, приборы, в том числе бытового назначения.

Электрическое поле в значительной степени оказывает вредное воздействие на человека. По характеру воздействия различают три уровня:

- непосредственное воздействие, проявляющееся при пребывании в электрическом поле; эффект этого воздействия усиливается с увеличением напряженности поля и времени пребывания в нем;

- воздействие импульсных разрядов (импульсного тока), возникающих при прикосновении человека к изолированным от земли конструкциям, корпусам машин и механизмов на пневматическом ходу и протяженным проводникам или при прикосновении человека, изолированного от земли, к растениям, заземленным конструкциям и другим заземленным объектам;

- воздействие тока, проходящего через человека, находящегося в контакте с изолированными от земли объектами – крупногабаритными предметами, машинами и механизмами, протяженными проводниками – тока стекания.

Учебные лабораторные стенды с экологической точки зрения не представляют опасности.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Элементы, входящие в состав схем, не опасны для здоровья людей и не являются загрязнителями окружающей среды. Электромашинный агрегат лабораторного стенда является источниками вибрации, но прикреплен к общему основанию посредством виброгасящих прокладок, в результате чего вибрация сводится к минимуму. Единственным источником шума также является электромашинный агрегат, но уровень шума, создаваемый ими не превышает допустимых норм. Измерительное оборудование является источником электромагнитного излучения и потребляет электрический ток (как и сам лабораторный стенд), но так как студенты выполняют лабораторные работы в течение короткого времени и измерительное оборудование располагается на расстоянии от них, вредного влияния на организм и на окружающую среду не оказывается.

В процессе работы студентов в лаборатории образуются отходы, к которым относятся бумага, гибкие проводники, электронные элементы модулей, лампы накаливания. Эти отходы утилизируются в контейнерах для мусора. За утилизацию твердых отходов филиал производит налоговые отчисления.

### 8.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

При возникновении чрезвычайных ситуаций решается комплекс специальных задач по ликвидации последствий, важнейшим из которых является проведение спасательных и других неотложных работ, направленных на спасение жизни и сохранение здоровья людей, на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для нее опасных факторов. Мероприятия по подготовке и проведению спасательных и других неотложных работ в зоне чрезвычайных ситуаций тесно связаны с мероприятиями по обеспечению устойчивости работы объекта. Мероприятия по повышению устойчивости работы объектов будут экономически обоснованы, если они максимально увязаны с задачами, решаемыми в период безаварийной работы объекта, улучшения условий труда, совершенствования производственного процесса.

Основными мероприятиями по повышению устойчивости работы объектов являются:

- повышение прочности и устойчивости важнейших элементов объекта;
- повышение устойчивости материально-технического снабжения;
- повышение устойчивости управления объектом;
- разработка мероприятий по уменьшению вероятности возникновения вторичных факторов чрезвычайных ситуаций и ущерба от них.

Лаборатория, в которой устанавливаются лабораторный комплекс, расположена в здании филиала. Наиболее вероятными стихийными бедствиями, которые могут возникнуть в районе расположения филиала, являются подтопление и выброс ядовитых веществ в атмосферу.

В районе расположения филиала находятся несколько предприятий, которые в своем технологическом процессе используют ядовитые вещества, такие как мышьяк и аммиак. При возникновении аварийной ситуации на предприятии: разгерметизация емкости для хранения ядовитых веществ; нарушение технологического процесса; террористический акт и другие, появляется опасность выброса вредных веществ в атмосферу. Облако ядовитых веществ распространится по району в котором располагается филиал за считанные минуты, в результате чего может произойти массовое отравление людей.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Противопожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий по предупреждению локализации и ликвидации пожаров, а также по обеспечению безопасной эвакуации людей и материальных ценностей в случае пожара.

Наиболее частыми причинами пожаров являются нарушения правил пожарной безопасности и технологических процессов, неправильная эксплуатация электросети и оборудования, грозовые разряды.

При борьбе с пожарами их ликвидация состоит из остановки огня, его локализации тушения и последующей охраны места возгорания.

Выбор средств и методов тушения пожаров зависит от стадии пожара и горючих веществ.

Спасение людей – главная задача спасательных работ при пожарах. Из зон возможного распространения пожара эвакуируются люди и материальные ценности. В первую очередь разыскивают людей, оказавшихся в горящих районах зданиях и сооружениях. Розыск людей осуществляют в целях безопасности парами: один спасатель разыскивает, а второй страхует его с помощью веревки, находясь в более безопасном месте. В условиях сильного задымления спасательные работы проводят с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

Безопасность человека, эксплуатирующего учебный лабораторный стенд, гарантируется тем, что при выходе из строя элемента, повлекшего за собой ненормальную работу, срабатывает система защиты по току, приводящая к отключению питания комплекса. Также предусмотрено ручное отключение комплекса (при выходе из строя электроники).

При обслуживании учебных лабораторных стендов, в случае возникновения первых признаков аварийной ситуации (появление дыма, запаха и др.) следует отключить устройство от питания сети и далее действовать так, как предписывают правила гражданской обороны в данной ситуации. Если вблизи находятся дети или люди, не способные самостоятельно передвигаться, следует организовать их эвакуацию в безопасное место.

Вывод по разделу восемь.

В данном разделе рассмотрены основные вопросы охраны труда, противопожарной охраны и взрывобезопасности, произведен анализ производственных и экологических опасностей, организации рабочих мест, установлены параметры микроклимата. Лабораторные комплексы с экологической точки зрения не представляют опасности. Элементы, входящие в состав схем, не опасны для здоровья людей и не являются загрязнителями окружающей среды. Шум и вибрация минимальные.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте произведена модернизация лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения». Выполнен расчет механических и электромеханических характеристик привода с двигателем постоянного тока параллельного возбуждения серии СЛ569М. Проведены опыты холостого хода для расчета механических потерь при различных скоростях вращения и лабораторная работа «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения». Составлено методическое пособие для проведения лабораторных работ студентами направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

В экономической части расчет сметной стоимости модернизации лабораторного стенда «Исследование электродвигателя параллельного возбуждения» составил 114162,04 рублей и годовой эксплуатации лабораторного комплекса составил 24286,5 рублей. Рассмотрены вопросы по охране труда, в которые вошли: условия труда, техника безопасности, метод проведения лабораторных работ, расчет искусственного освещения, противопожарная охрана и взрывобезопасность; экологической безопасности – факторы окружающей среды, воздействия электромагнитного излучения; и гражданской обороны – меры ликвидации аварийных ситуаций, противопожарная профилактика.

Результаты работы будут использоваться при обучении студентов кафедры «ЭиАПП» филиала ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 ГОСТ 12.4.113-82. Система стандартов безопасности труда. Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности. – Введ. 1982–03–01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1982. – 14 с.
- 2 Электрический привод: методические указания к проведению лабораторных работ. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 84 с.
- 3 Электрический привод: Техническое описание лабораторного комплекса. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 23 с.
- 4 Принцип работы частотного преобразователя // <http://www.promenergo.ru>
- 5 Varispeed F7 преобразователь частоты для векторного управления: Руководство по эксплуатации преобразователей частоты фирмы «Omron».
- 6 Технические характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения СЛ-569МУ // <http://www.laborant.ru>
- 7 Характеристики двигателей в электроприводе / С.Н. Вешеневский. Изд. 6-е, испр.- М.: Изд-во Энергоатомиздат, 1977.
- 8 Справочник по асинхронным двигателям и пускорегулирующей аппаратуре / Г.А. Карвовский, С.П. Огороков.- М.: Изд-во Энергоатомиздат, 1969.
- 9 Расчет асинхронного электропривода// <http://www.dsk.knarkov.net>
- 10 Великанов К.М. и др. Экономика и организация производства в дипломных работах: учебное пособие для машиностроительной специальности вузов/ изд. 2-е перераб. и доп. под ред. К.М. Великанова. - М.: Изд-во Машиностроение, 1973.
- 11 Каталог продукции // ООО «Интерэлектрокомплект».- 2008.- № 2. – С 10-12.
- 12 Трофимова, С.Н. Методические рекомендации для студентов электротехнических специальностей. Выполнение разделов «Охрана труда», «Экологическая безопасность», «Гражданская оборона» в дипломном проекте// <http://www.zb-susu.ru>.
- 13 Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / сост. С.Н. Трофимова, В.И. Чуманов, В.А. Шишимиров. – Челябинск. Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 54 с.
- 14 Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие по дипломному проектированию для студентов технических специальностей / под ред. С.Н. Трофимовой. С.П. Максимов, Т.Б. Балакина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 55 с.
- 15 ГОСТ 12.2.032-88. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – Введ. 1979-01-01.- М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1979. – 5 с.
- 16 Вольдек, А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1974.– 839 с.
- 17 Костенко, М.П. Электрические машины.– М.-Л.: Энергия, 1972. – Ч. 1. – 548 с.
- 18 Петров, Г.Н. Электрические машины. – М.: Энергия, 1974.– Ч. 1. – 435 с.
- 19 Копылов, И.П. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / И.П. Копылов – 3-е изд., испр. и доп. – М.:Высшая школа,2002.-757 с.: ил.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

20 Вигриянов, П.Г. Расчет характеристик электрических машин: учебное пособие по курсовому проектированию / П.Г. Вигриянов, С.Г.Воронин - Челябинск: ЧПИ,1986-42 с.

21 Кравчик, А.Э. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик .-М. Энергоиздат, 1982.- 504с, ил.

					13.03.02.2017.328.00.00 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		