

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Реконструкция системы электроснабжения ТПУ с целью повышения энергосбережения

УДК 658.26:378.662(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM84	Голянская Евгения Олеговна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев И. О.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Фех Алина Ильдаровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника	Обухов С.Г.	д.т.н., профессор		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	Иметь представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии отрасли, навыки проведения работ с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение

	электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.
--	---



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

С.Г. Обухов

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5AM84	Голянской Евгении Олеговне

Тема работы:

Программа энергосбережения для распределительных сетей напряжением 6-10кВ и ее влияние на стоимость передачи электрической энергии	
Утверждена приказом директора ИШЭ	Приказ № 77-17/с от 17.03.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является 8 учебный корпус Энергетического института ТПУ. В качестве исходных данных выступают данные потребляемых энергетических ресурсов (электрическая энергия).
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Детальный анализ объекта исследования, анализ структуры энергопотребления, определение расчетных электрических нагрузок 8 корпуса ТПУ; выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В; выбор и проверка низковольтных линий от ТП до отдельного ЭП описание возможных энергосберегающих мероприятий; экономический анализ проекта; исследование

	вредных и опасных факторов рабочего места; заключения по работе.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Однолинейная схема 8 корпуса ТПУ

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент...	Доцент, к.э.н. Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД ШБИП Фех Алина Ильдаровна
Иностранный язык	ст. пред. Соколова Э.Я.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Введение

Описание объекта исследования

Анализ возможных энергосберегающих мероприятий

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	17.03.2020
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев И. О.	к.т.н., доцент		17.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM84	Голянская Евгения Олеговна		17.03.2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования магистр

Период выполнения 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.03.2020	<i>Обзор основной проблемы энергоэффективности. Анализ энергопотребления 8 корпуса ТПУ</i>	10
30.03.2020	<i>Выбор схемы электроснабжения корпуса. Расчет нагрузок корпуса.</i>	10
5.04.2020	<i>Определение расчетных электрических нагрузок по корпусам и по кампусу ТПУ в целом..</i>	10
10.04.2020	<i>Выбор количества, мощности трансформаторов, питающих 8 корпус ТПУ</i>	10
15.04.2020	<i>Выбор и проверка внутривзаводских линий.</i>	10
20.05.2020	<i>Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В. Выбор аппаратов защиты.</i>	10
1.05.2020	<i>Разработка энергоресурсосберегающих мероприятий по электроэнергии</i>	15
15.05.2020	<i>Оформление результатов работы и выводов по работе</i>	5
20.05.2020	<i>Перевод необходимых разделов на английский язык</i>	5
25.05.2020	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	5
28.05.2020	<i>Социальная ответственность</i>	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев И. О.	к.т.н., доцент		17.03.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника	Обухов С.Г.	д.т.н., профессор		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM84	Голянской Евгении Олеговне

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	Инженерная школа энергетики
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 221 000 руб., в т.ч. затраты на оплату труда – не более 137 000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегрально ресурсоэффективности - не менее 4.45 баллов из 4.9
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды (27,1% от ЗП)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	SWOT- анализ.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение заинтересованных сторон, ограничений и допущений проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование рабочей группы проекта, календарное планирование, формирование бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка абсолютной и сравнительной эффективности разработки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM84	Голянская Евгения Олеговна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM84	Голянской Евгении Олеговне

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Реконструкция системы электроснабжения ТПУ с цель повышения энергосбережения	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования	Научно-техническая работа направлена на реконструкцию системы электроснабжения ТПУ и 8 корпуса в частности с целью повышения энергосбережения. Рабочей зоной является аудитория 130 8 корпуса ТПУ
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Трудовой кодекс Российской Федерации N 197 – ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при разработке математической модели и эксплуатации оборудования: - недостаточная освещенность рабочей зоны; - повышенный уровень шума на рабочем месте; - неудовлетворительный микроклимат; - повышенный уровень напряженности электростатического поля; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность:	– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств); – решение по обеспечению экологической безопасности
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;

	– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Фех Алина Ильдаровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM84	Голянская Евгения Олеговна		

Реферат

В выпускной квалификационной работе содержится 187 с., 35 рис., 23 табл., 59 источников, 2 приложения.

Ключевыми словами являются: электроснабжение цеха, расчётная нагрузка, выбор оборудования, однолинейная схема, ресурсоэффективность, безопасность. энергоэффективность, потребления электрической энергии.

Объектом исследования является 8 учебный корпус Отделения электроэнергетики и электротехники Томского политехнического университета

Цель работы: Реконструировать систему электроснабжения 8 корпуса ТПУ и разработать энергосберегающих мероприятий, экономическая оценка их внедрения.

В ходе исследования был выбран метод расчета на основе исходных данных, произведен поэтапный расчет электрических нагрузок завода и цеха, выбрано оборудование и выполнена его проверка при различных режимах работы.

Результатом исследования стали расчет замены существующих трансформаторов на более энергоэффективные, спроектированная модель электроснабжения 8 корпуса, произведена оценка ее экономической целесообразности и безопасности для окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: кампус ТПУ имеет 48 корпусов, 8 корпус ТПУ имеет 4 этажа (включая цокольный)

Экономическая эффективность/значимость работы: реализация предложенных мероприятий по энергосбережению позволит снизить электропотребление на 147929 кВтч в год и плату за электроэнергию на 472971 руб/год.

Оглавление

Реферат	9
Введение.....	13
1. Обзор основной проблемы в области энергоэффективности.....	14
1.1 Анализ динамики мирового энергопотребления	14
1.1 Концепция энергоэффективности	16
2. Анализ энергопотребления и описание условий 8 корпуса ТПУ	18
2.1 Общее описание предмета исследования	18
2.2 Анализ энергопотребления учебного корпуса.....	20
2.3 Анализ факторов, влияющих на потребление электроэнергии.....	23
2.4 Основные потребители электроэнергии.....	27
2.5 Определение и разработка подходящих мер по энергосбережению для учебного корпуса.	28
3. Проектирование системы электроснабжения ТПУ	32
3.1 Исходные данные.....	32
3.2 Определение расчетной электрической нагрузки 8 корпуса ТПУ	42
3.3 Определение расчетных электрических нагрузок по кампусу ТПУ в целом	58
3.4 Распределение объектов кампуса ТПУ по трансформаторным подстанциям	65
3.5 Выбор сечений питающей сети 8 корпуса	80
3.6 Электроснабжение 8 корпуса ТПУ	83
3.6.1 Выбор сечений проводников и защитной аппаратуры напряжением до 1 кВ	85
3.6.2 Выбор вводных автоматов	98
3.6.3 Выбор вводно-распределительного устройства (ВРУ).....	99
3.6.4 Выбор распределительных пунктов (ПР).....	100
4. Рекомендуемые энергоресурсосберегающие мероприятия по электроэнергии	104
4.1 Методика расчета нормативной потребности в электроэнергии.....	105
4.2 Расчет нормативного расхода электроэнергии на освещение.....	107
4.3 Замена ламп накаливания на светодиодные лампы	108
4.3 Мероприятия по совершенствованию обеспечения измерений для расчетного и технического учета электроэнергии	112

4.4. Оценка предложенных мероприятий	112
4.4.1 Разработка графика реализации мероприятий по энергосбережению	114
4.4.2 Экономический эффект реализации мероприятий по энергосбережению	117
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	119
5.1. Преддипломный анализ проекта	119
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	119
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений	120
5.1.3. SWOT-анализ	121
5.2. Инициация проекта	123
5.2.1. Цели и результат проекта	123
5.2.2. Организационная структура проекта	124
5.2.3. Ограничения и допущения проекта	124
5.3. Планирование научно-исследовательских работ	125
5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования	125
5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ	126
5.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	130
5.4.1. Расчет материальных затрат НТИ	130
5.4.2. Расчет затрат на оборудование для выполнения НТИ работ	130
5.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы	131
5.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	133
5.4.5. Накладные расходы	134
5.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	134
5.5. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	135
6. Социальная ответственность	138
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..	138
6.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства	138
6.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны ...	139
6.2. Производственная безопасность	139

6.2.1. Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	140
6.2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	141
6.3. Экологическая безопасность.....	146
6.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	146
6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	147
6.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	147
6.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	148
Заключение	153
Список публикаций.....	155
Список литературы	159
Приложение А	165
Приложение Б.....	166

Введение

В настоящее время в общественных зданиях энергетические ресурсы используются нерационально. В соответствии с требованиями МС ISO 50001:2014 [1] каждая организация должна провести системный анализ потребляемых энергетических ресурсов на предмет их эффективного использования. В данной работе был проведен анализ потребления энергетических ресурсов образовательным учреждением на примере Энергетического института Томского политехнического университета [2].

Согласно Федеральному закону от 23 ноября 2009г. №261-ФЗ образовательные учреждения должны обеспечить снижение энергопотребления (объема потребляемой воды, дизельного или иного топлива, мазута, природного газа, тепловой и электрической энергии) минимум на 3% в год в течение пяти лет [2, 3].

В данной работе рассматривается реконструкция системы электроснабжения ТПУ на примере 8 корпуса ТПУ с целью повышения энергосбережения, а также возможные пути снижения потребления электрической энергии (ЭЭ). Одним из способов снижения потребления ЭЭ является замена старого оборудования на новое, более энергоэффективное. Так как 40% от общего объема потребления ЭЭ приходится на освещение, то необходимо провести оценку эффективности использования осветительных установок [5].

1. Обзор основной проблемы в области энергоэффективности

1.1 Анализ динамики мирового энергопотребления

Согласно исследованию, предоставленному Управлением энергетической информации США, мировая чистая выработка электроэнергии с 2012 по 2040 год увеличилась на 69%, с 21,6 трлн кВтч в 2012 году до 25,8 трлн кВтч в 2020 году и 36,5 трлн кВтч в 2040 году. Уровень потребления электроэнергии является наиболее быстро растущим типом коммунальных услуг для конечных потребителей [2].

Рост уровня потребления электроэнергии тесно связан с экономическим ростом страны. Как отмечается в отчете International Energy Outlook 2016, мировой рост валового внутреннего продукта (ВВП) постепенно замедляется по сравнению с последними 20 годами, однако спрос на электроэнергию постоянно растет, особенно среди стран, которые не входят в Организацию экономического развития. Сотрудничество и развитие (страны, не входящие в ОЭСР). Согласно статистическим данным за 2012 год, уровень выработки электроэнергии в странах, не входящих в ОЭСР, составлял почти половину от выработки электроэнергии во всем мире. Более того, при постоянном экономическом росте в странах, не входящих в ОЭСР, также растет спрос на электроэнергию [3]. За последние несколько десятилетий во всем мире набор первичных источников электроэнергии несколько изменился. Тем не менее, согласно статистическим данным, уголь считается топливом, наиболее широко используемым в производстве электроэнергии, но из-за вредного вредного воздействия на окружающую среду и попыток внедрения других источников энергии уголь не так популярен в использовании. Можно заметить, что уровень электрической энергии, генерируемой атомными электростанциями, значительно возрос с 1970-х до 1980-х годов, а электрическая энергия, генерируемая путем сжигания природного газа, увеличилась после 1980-х годов. Однако за этот период использование нефти для производства электроэнергии снизилось из-за значительного роста цен на нефть [2].

Экологические последствия выбросов парниковых газов и быстрый рост развития возобновляемых источников энергии оказали основное влияние на уровень потребления электроэнергии в начале 2000-х годов. В то же время природный газ стал более широко использоваться из-за того факта, что это ископаемое топливо выделяет значительно меньше углекислого газа, чем нефть или уголь, на 1 кВт-ч выработанного газа. Эталонный пример IEO2016 способствует поддержке выработки электроэнергии из природного газа, ядерных и возобновляемых источников энергии. Более того, наиболее перспективным направлением в изменениях выработки электроэнергии считаются возобновляемые источники энергии, которые в настоящее время являются наиболее быстро растущим источником выработки электроэнергии. В период с 2012 по 2049 год согласно прогнозу IEO2016 эталонная выработка электроэнергии возобновляемыми источниками увеличилась в среднем на 2,9%. Сообщается, что негидроэнергетические возобновляемые источники энергии являются одним из наиболее быстро растущих источников выработки электроэнергии. В 2012 году на такие возобновляемые источники энергии было взято 5% от общего объема выработки электроэнергии в мире, и, согласно оценкам IEO2016, в 2049 году доля неэнергетических возобновляемых источников энергии составит 14% [2].

Согласно IEO2016, природный газ и ядерная энергетика являются следующими наиболее быстро растущими источниками производства электроэнергии. Согласно прогнозу на период 2012-2040 гг. темпы увеличения выработки электроэнергии на природном газе и ядерной энергии составляют 2,7% в год и 2,4% в год, соответственно. Таким образом, можно отметить, что до 2040 года электрическая энергия, вырабатываемая из возобновляемых источников, будет крупнейшим в мире источником электрической энергии [3].

На рисунке 1 показан постоянный рост мирового потребления электроэнергии, представленный Глобальным энергетическим статистическим ежегодником [3].

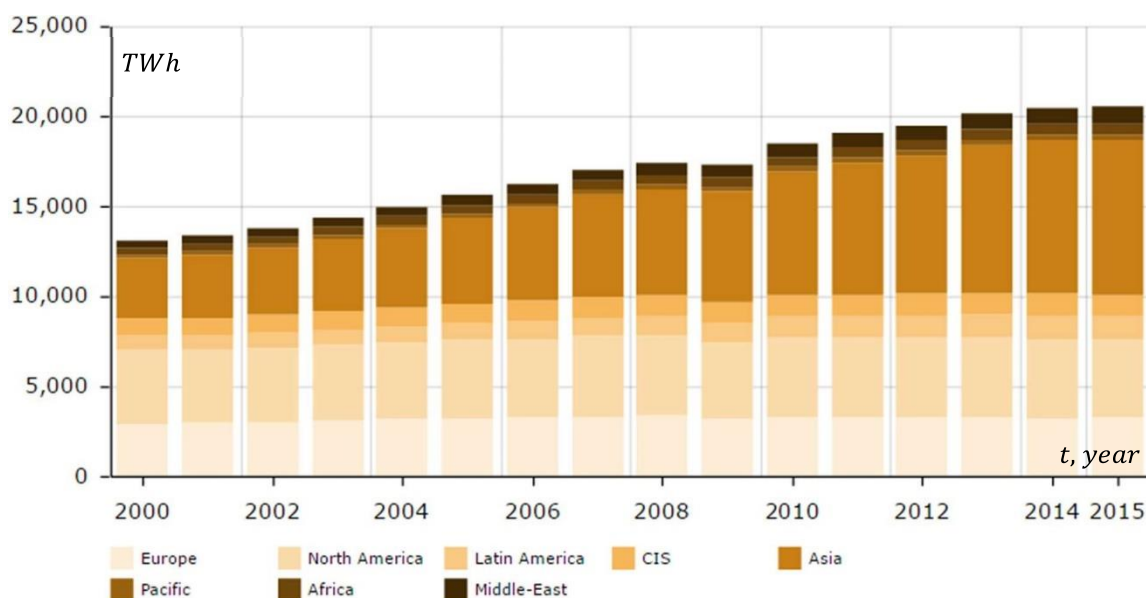


Рисунок 1 – мировое потребление электрической энергии [24]

Потребление электроэнергии в мире значительно возрастает в связи с ростом потребления энергии, ростом населения, постоянно развивающимся обществом, быстрым ростом современных технологий и т. Д. На рисунке 1 показано потребление электроэнергии в мире. Здесь постоянно растет динамика, и просто следует отметить, что с 2000 по 2015 год потребление электроэнергии значительно возросло. Все эти факторы заставляют современный мир изобрести меры, которые, с одной стороны, позволят снизить уровень энергопотребления и выработки энергии, а с другой стороны, снизить стоимость энергии. Существует необходимость сокращения потребления энергии, поскольку это может привести к нерациональному использованию ресурсов. Нерациональное потребление энергии может привести не только к негативному влиянию на бизнес, но и к необратимым экологическим последствиям.

1.1 Концепция энергоэффективности

Анализируя сложившуюся ситуацию с быстрыми темпами роста мировой энергии во всем мире, можно сказать, что существует необходимость в мерах по реализации, которые позволяют снизить уровень энергопотребления.

Энергосберегающие методы являются направлена на контроль и снижение энергопотребления организации. Следующие факторы важны,

потому что они могут привести к:

- Снижению стоимости
- Сокращение выбросов углерода и вызванное им экологическое воздействие
- Снижение риска - чем больше энергии потребляется, тем выше риск того, что рост цен на энергоносители или дефицит поставок могут серьезно повлиять на компанию. При управлении энергопотреблением этот риск можно устранить, уменьшив спрос на энергию и контролируя его, чтобы сделать его более предсказуемым [4].

Одним из наиболее важных факторов является то, что программа энергосбережения должна применяться ко всем зданиям или к группе зданий. Эффект энергосберегающих мер не будет наблюдаться при применении только к одному зданию. Большую роль в этой области играет масштаб внедрения энергосберегающих мероприятий.

В настоящее время понятие энергоэффективности лежит в основе концепции энергосбережения. Быть энергоэффективным означает использовать меньше энергии для того же объема работы. Пример ниже показывает четкое объяснение эффективности использования энергии. Например, есть хороший утепленный дом. Этот дом лучше сохраняет тепло, поэтому для создания комфортной обстановки в доме требуется меньше тепла. Этот пример показывает, что значит быть энергоэффективным. Однако энергоэффективность может быть достигнута разными способами. Во-первых, существующие здания могут быть утеплены с использованием современных изоляционных материалов. Еще одна возможность - замена окон с внедрением новых стеклопакетов, которые исключают потери тепла. Следующая возможность может быть применена к промышленным зданиям. Благодаря использованию современных технологий существует возможность повторного использования тепла, которое вырабатывается в ходе технологического процесса, и такое тепло может быть снова использовано в промышленных целях [4].

Перед разработкой программы энергоэффективности необходимо знать текущую ситуацию с энергоэффективностью в стране. Потому что именно эта информация является основой программы энергоэффективности. Такая базовая информация включает существующий уровень внедрения энергоэффективности в стране, возможную поддержку со стороны правительства и потенциальные препятствия на пути реализации мер по повышению энергоэффективности.

2. Анализ энергопотребления и описание условий 8 корпуса ТПУ

Прежде всего, необходимо знать текущие условия объекта исследования. На основании описания здания и анализа потребления энергии будут предложены возможные меры по энергосбережению.

2.1 Общее описание предмета исследования

Предметом данной работы является Томский политехнический университет, учебный корпус № 8.

Здание расположено по адресу: ул. Усова, 7, Томск. Расположение учебного корпуса показано на рисунке 2.

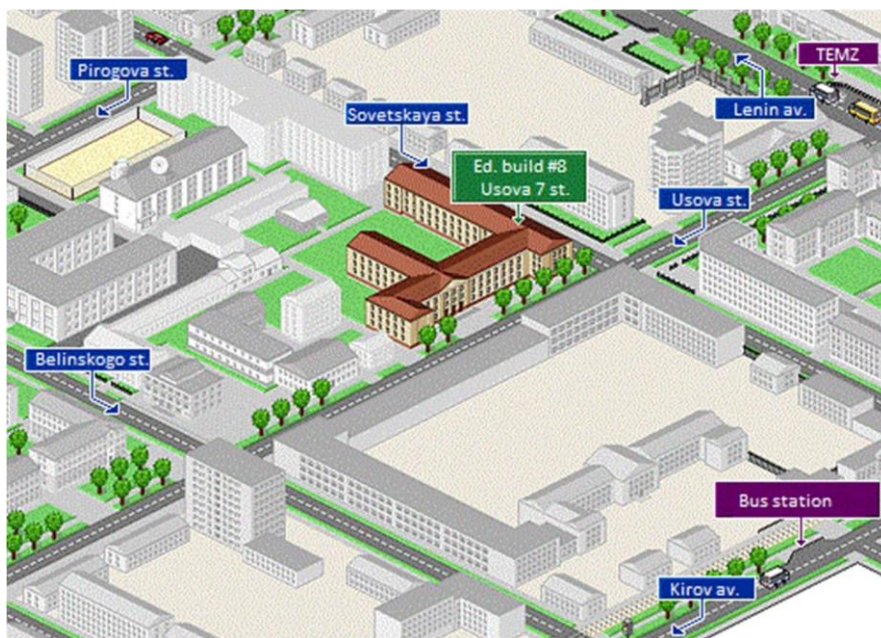


Рисунок 2 – Расположение учебного корпуса [30]

Корпус имеет четыре этажа: первый этаж, первый этаж, второй этаж и третий этаж. Каждый этаж имеет один и тот же план. В здании в основном небольшие комнаты для регулярных занятий. Структура здания была

проанализирована, и был сделан вывод, что все комнаты в учебном корпусе можно разделить на четыре основные категории: аудитории, небольшие учебные комнаты, комнаты для учителей и коридоры. На рисунке 3 показаны помещения учебного корпуса.



Рисунок 3 – Структура учебного корпуса

Как видно, основную часть учебного корпуса составляют небольшие учебные помещения (около 35%). Это означает, что для каждого типа комнаты должны быть приняты специальные меры.

Еще одним важным фактором, который оказывает существенное влияние на потребление электроэнергии, являются климатические условия. Томск находится в переменной климатической зоне. Климат континентальный. Можно заметить, что времена года в Томской области быстро меняются, зимний период начинается в ноябре и продолжается до апреля. Лето в Томске короткое и прохладное. Средняя температура января - 22,6 ° С, средняя температура июля +20,4 ° С [9].

Согласно таблице, которая представляет учебный процесс в Томском политехническом университете, учебный процесс с сентября по июль. Занятия проводятся с понедельника по субботу (6 дней в неделю) с 08:00 до 20:00 (12 часов в день).

Что касается электроснабжения, здание питается от двух подстанций. На рисунке 4 изображена часть однолинейной схемы подстанций ТП-671-2 и ТП-671-2а. На схеме показано внешнее электроснабжение учебного корпуса. Подстанции ТП 671-2 и ТП 671-2а имеют установленную мощность

потребителей $P_{уст} = 650$ кВт. В учебном корпусе есть семь входных распределительных устройств. Установленная мощность потребителей образовательного здания составляет 650 кВт [10].

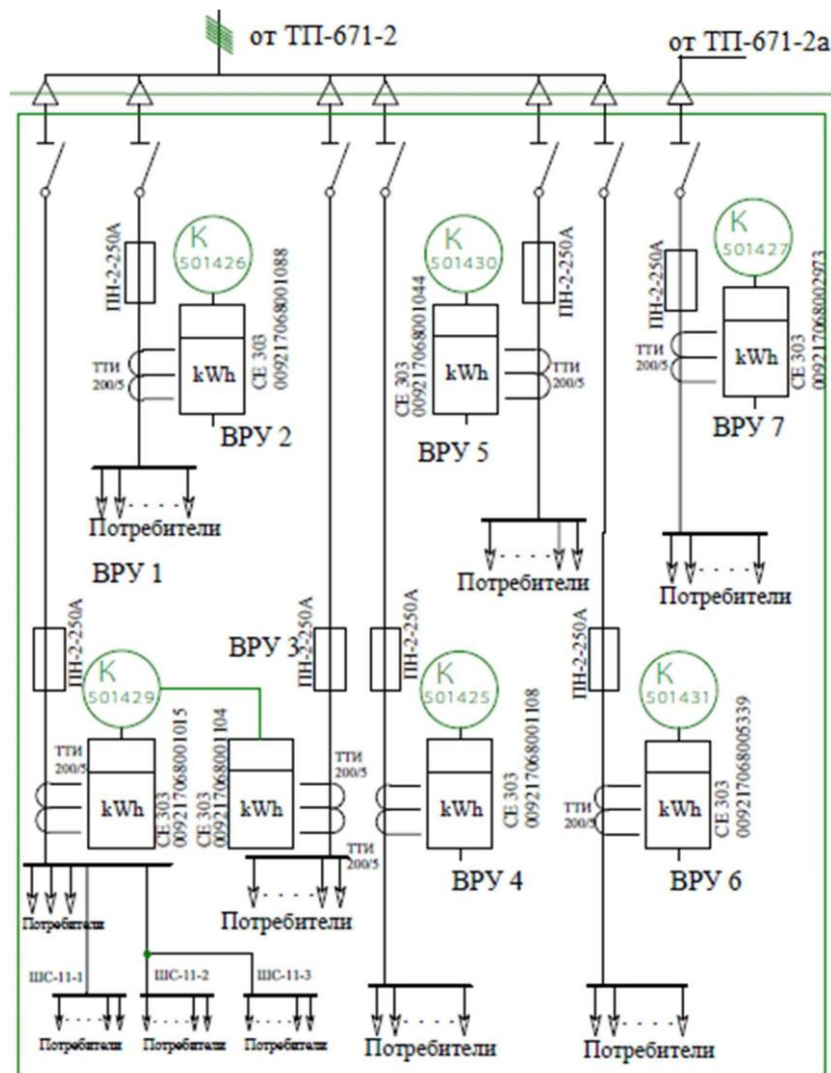


Рисунок 4 – Схема внешнего электроснабжения 8 корпуса ТПУ

2.2 Анализ энергопотребления учебного корпуса

Анализ энергопотребления учебным корпусом Томского политехнического университета приведен ниже.

В таблице 1 приведены данные о потреблении энергии учебным корпусом Томского политехнического университета. Эти данные были получены счетчиками, установленными во входном распределительном устройстве.

Таблица 1 - Данные о потреблении тепловой и электрической энергии за 8-

летний период [5]

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Потребление ЭЭ, кВтч	548254,3	558910	822946,4	821382	799271,7	559279	599028,1	578920
Тепло, Гкал	3850,68	4087,43	3863,384	3741,36	2768,25			

Для наглядного представления имеющихся данных переведем их в кг.у.т.(таблица 2).

Таким образом, 1 кВтч=0,32 кг.у.т.; 1 Гкал=172 кг.у.т.

Таблица 2 – Данные о потреблении тепловой и электрической энергии, представленные в кг.у.т.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Потребление ЭЭ, кг.у.т.	175441,4	178851,4	263342,8	262842,4	255766,9	178969,3	191689	185254,4
Тепло, кг.у.т	662317	703038	664502	643513,9	476139			

На рисунке 5 показана динамика потребления энергии учебным корпусом Томского политехнического института.

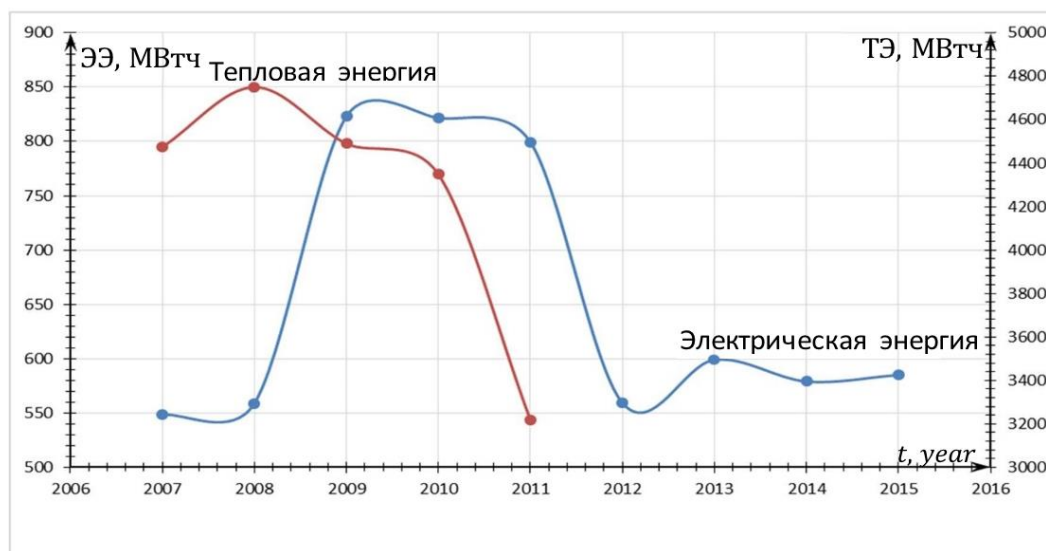


Рисунок 5 - Динамика потребления энергии [5]

Анализируя рисунок 4, можно сделать вывод, что существует тенденция снижения потребления тепловой энергии. Это сокращение может быть результатом замены части старых окон на новые окна, которые имеют лучшую изоляцию от потери тепла, еще одной причиной может быть регулирование отопления и искусственное сокращение отопительного сезона.

Что касается потребления электроэнергии, то в период с 2009 по 2011

год произошел скачок в потреблении электроэнергии. Однако с 2011 года потребление электроэнергии стало сокращаться и в настоящее время оно примерно на том же уровне. Это сокращение можно объяснить реализацией мер по повышению энергоэффективности.

При анализе электроэнергии необходимо учитывать цены на электроэнергию, поскольку известно, что тариф на электроэнергию растет с каждым годом. ТН динамика цен на электроэнергию представлена ниже [12].

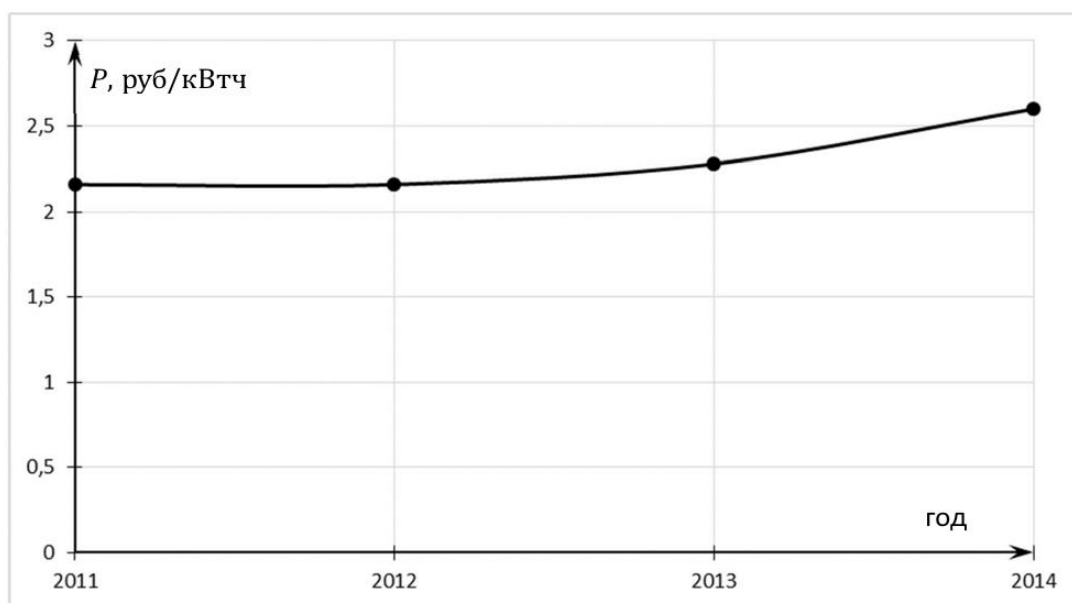


Рисунок 6 - Динамика изменения цены на электроэнергию

Динамика оплаты электрической энергии с изменением потребления электрической энергии учебным корпусом представлена на рисунке 7.

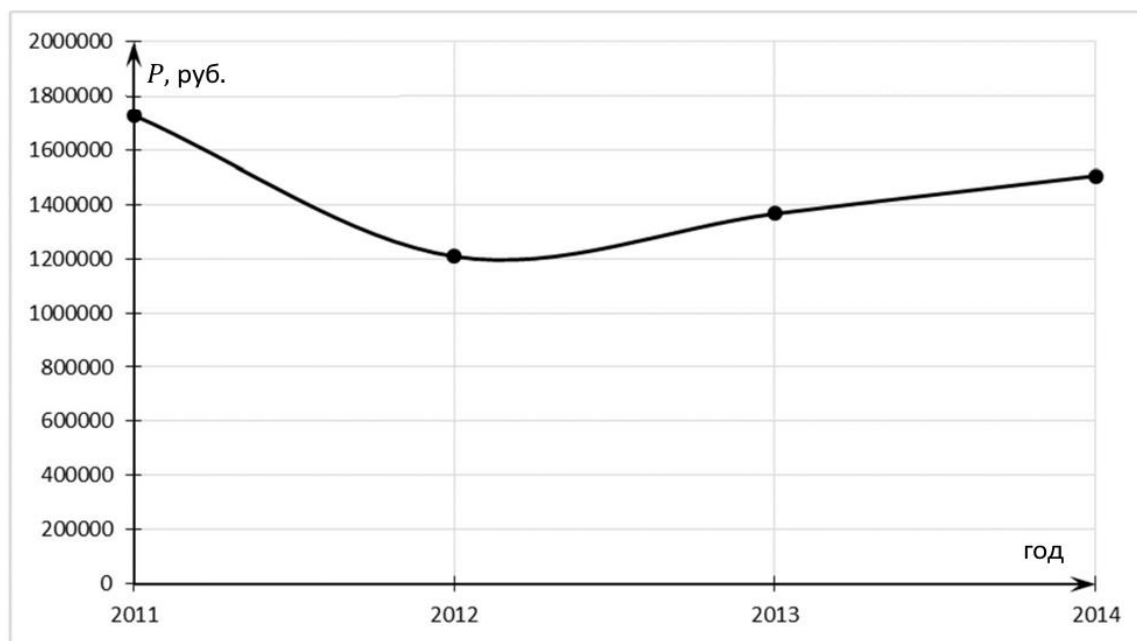


Рисунок 7 - Динамика изменения оплаты электроэнергии

На рисунке 7 показано, что в 2012 году наблюдалось небольшое снижение потребления электроэнергии, и, следовательно, оплата за электроэнергию была меньше, более того, тариф на электроэнергию в течение 2011-2012 годов был на том же уровне. С 2012 года потребление электроэнергии было приблизительно стабильным, но медленный рост тарифов увеличил оплату за электроэнергию.

2.3 Анализ факторов, влияющих на потребление электроэнергии

Организация учебного процесса влияет в основном на потребление электроэнергии в учебных зданиях. Линейный график процесса обучения может помочь более точно показать структуру потребления электрической энергии и повысить точность прогноза потребления электрической энергии.

Линейный график учебного процесса показывает, что учебный процесс является постоянным в течение учебного года. Таким образом, аудитории всегда востребованы. Учебный процесс не меняется.

С учетом количества студентов [10] была рассчитана удельная электрическая энергия на одного студента. В таблице 3 представлено количество студентов энергетического института.

Таблица 3 - Количество студентов Энергетического института

год	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Количество студентов, чел	2 168	2 094	2 099	2 313	2 171	2 098

Данные в таблице показывают, что количество студентов изменилось, но незначительно. Можно сделать вывод, что количество студентов не влияет на потребление электроэнергии.

Другим фактором, влияющим на уровень потребления электроэнергии, является продолжительность светового дня. Продолжительность светового дня осенью и весной больше, чем зимой, поэтому в это время осветительные установки используются более активно. Зимой наблюдается самый высокий уровень потребления электроэнергии [14].

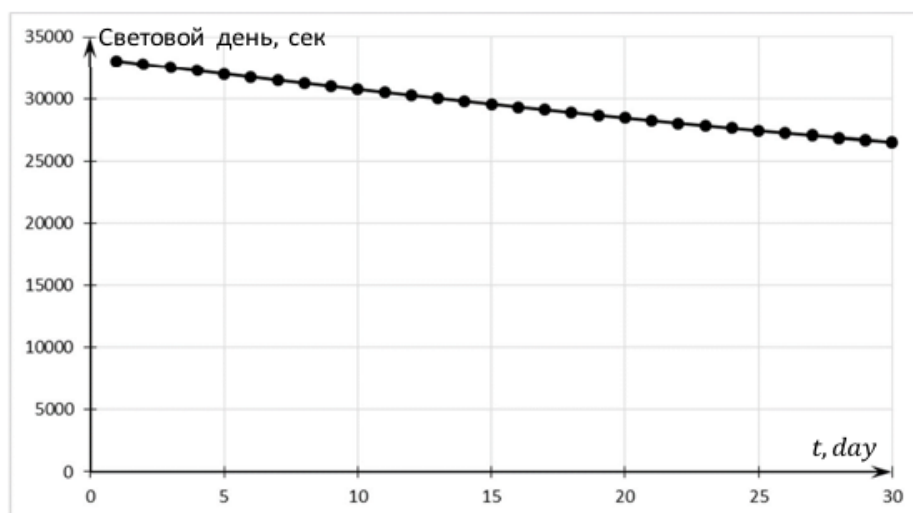


Рисунок 8 - Продолжительность светового дня в ноябре [14]

Таблица 4 – Линейный график учебного процесса

[illegible]

Обозначения:

Теоретическое обучение

: Экзаменационная сессия

О Учебная практика

X Производственная практика

/ Государственная аттестация

= Каникулы

К- Конференц-неделя (не входит в теоретическое обучение) [30].

Конечно, продолжительность светового дня является одним из наиболее важных факторов, влияющих на уровень потребления электроэнергии.

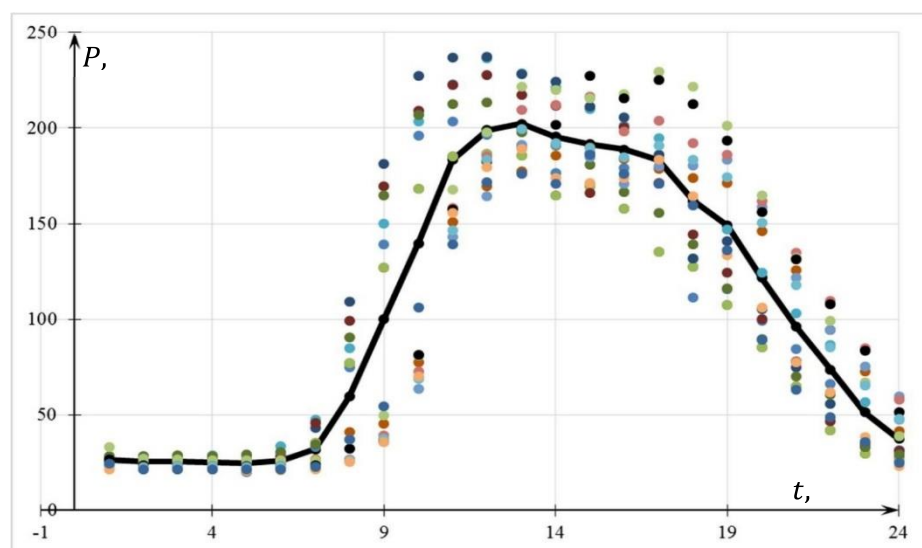


Рисунок 9 - Среднее потребление электроэнергии за рабочий день в ноябре [11]

На рисунке 9 показано, что максимальное потребление электроэнергии составляет с 11:00 до 20:00. В этом случае использование датчиков движения и системы автоматического управления позволяет снизить расход электроэнергии.

Учитывая среднесуточное изменение температуры в ноябре:

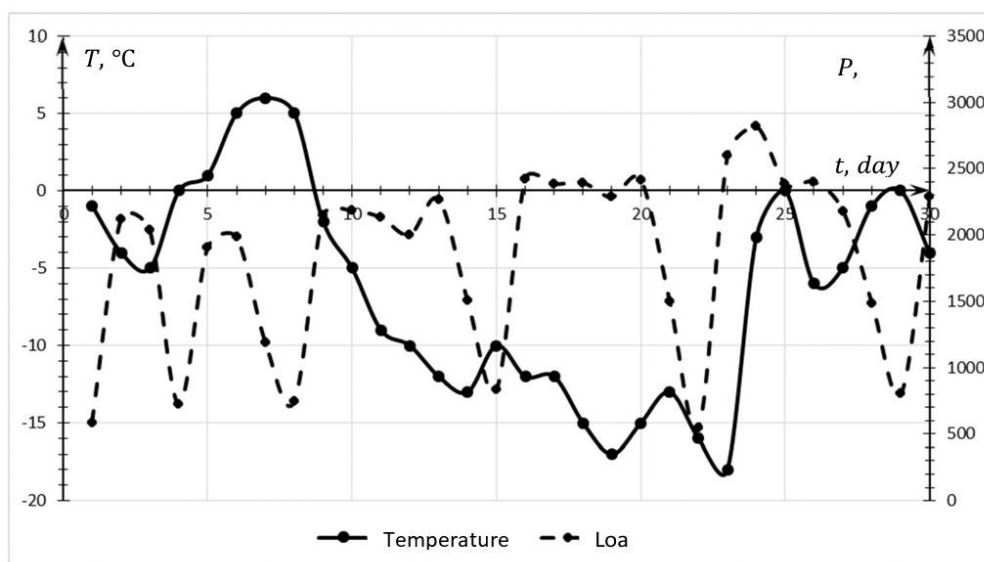


Рисунок 10 - Среднесуточная температура и потребление электроэнергии в ноябре 2015 г. [11]

С 10 по 24 ноября температура ниже нуля, поэтому в этот период

потребление электроэнергии было больше по сравнению с другими днями этого месяца. Снижение потребления электрической энергии можно объяснить сезонным характером потребления электрической энергии. На рисунке видно, что в рабочие дни, когда происходит снижение температуры, потребление электрической энергии увеличивается, и, наоборот, когда происходит повышение температуры, скорость потребления электрической энергии уменьшается [15].

2.4 Основные потребители электроэнергии

Основными потребителями электрической энергии в учебном корпусе являются осветительные установки, офисные помещения и лабораторное оборудование. Структура потребления электроэнергии представлена на рисунке 11.



Рисунок 11 - Структура потребления электроэнергии в учебном корпусе

Доля потребляемой электрической энергии осветительными установками составляет около 49% в учебных зданиях. Согласно статистическим данным потребление электроэнергии Томским политехническим университетом в 2014 году составило 578 920 кВт · ч [8]. Экономия электроэнергии в системе освещения может быть достигнута как за счет уменьшения номинальной мощности источников освещения, так и за счет сокращения срока использования осветительных установок и внедрения системы автоматического управления.

Как показано на рисунке 11, основная часть учебного корпуса - это

аудитории и исследовательские лаборатории, которые предъявляют строгие требования к уровню освещения. В настоящее время уровень искусственного освещения в аудиториях в основном не соответствует минимальным требованиям освещения согласно нормативным документам [16]. Существует необходимость в реконструкции системы освещения для удовлетворения требований ФЗ-261 [1]. Реконструкция позволит снизить затраты на электроэнергию за счет реализации энергосберегающих мероприятий и позволит достичь необходимого уровня освещения.

Основные меры по экономии электроэнергии в осветительных установках:

- сокращение использования ламп накаливания и замена его на люминесцентные лампы. Другой вариант - замена люминесцентных ламп на светодиодные;
- использование люминесцентных ламп с более высокой светоотдачей;
- внедрение энергосберегающих люминесцентных ламп: 18 Вт вместо 20 Вт; 36 Вт вместо 40 Вт; 58 Вт вместо 65 Вт;
- Повышение эффективности существующих источников света путем регулярной очистки;
- использование отраженного света;
- внедрение системы автоматического управления [17].

2.5 Определение и разработка подходящих мер по энергосбережению для учебного корпуса.

Правительство может оказать существенное влияние на сокращение потребления энергии путем разработки специальных законов. Следует отметить, что правительство заинтересовано в этом, потому что такие меры показывают, что технологии в стране развиваются. Таким образом, могу сказать, что государственная поддержка играет большую роль в стимулировании реализации мер по повышению энергоэффективности.

Согласно рисунку 10, значительная часть потребления электроэнергии в учебных заведениях составляет потребление электроэнергии осветительными

установками. Его анализ помогает влиять на установку освещения и снижает энергопотребление. Однако такая мера требует относительно больших вложений. Что касается других потребителей электрической энергии в учебном корпусе, то их часть не так велика, но, тем не менее, я могу создать меры для ее регулирования. Таким образом, исходными данными являются: данные о потреблении электрической энергии, общие данные о строительстве (размер, количество и тип помещений, наличие различных технологий), данные о отоплении, данные об источнике горячей воды, системе комнатного воздуха. кондиционирование и доп.

1.1 Возможные меры по повышению энергоэффективности

В настоящее время разработка мер по повышению энергоэффективности определяет все более популярное направление. Существуют различные исследования, описывающие попытки и практику реализации мер по повышению энергоэффективности в этой области в зависимости от различных климатических условий и различных типов зданий.

Такие меры могут быть разделены на две категории в зависимости от инвестиций (Рисунок 12).

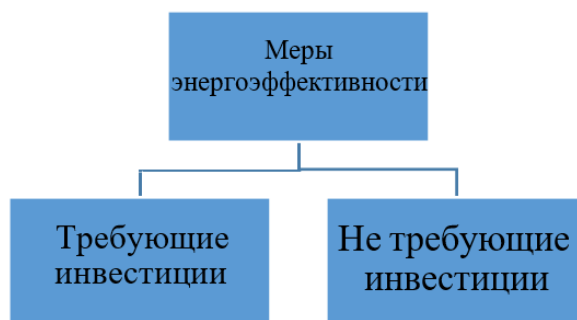


Рисунок 12 - Основные категории мер по повышению энергоэффективности

Для разработки энергоэффективных мероприятий, которые не требуют инвестиций, необходимо провести тщательный анализ существующей ситуации в здании. Важно знать, какие технологии используются в настоящее время в строительстве и возможные способы воздействия на них. Например, это может быть модернизация системы отопления, системы вентиляции и любых других систем, которые используются в здании. При детальном анализе потребления электроэнергии в здании могут быть выявлены «слабые

места», места, где имеются потери энергии или использование энергии неэффективно. В случае мер, требующих инвестиций, необходимо провести детальную экономическую оценку, а также найти источник инвестиций. Такие меры включают замену осветительных установок, разработку системы управления, замену источника энергии на более эффективную и т. д. [18].

В зависимости от способа реализации все меры можно разделить на следующие пять групп [19].



Рисунок 13 Пути реализации мер по повышению энергоэффективности

Используя меры контроля, информация об уровне первичного потребления отслеживается и контролируется, а также оценивается эффективность существующих установок. Меры по снижению нагрузки направлены на корректировку существующих технологий в здании. Например, эти меры включают замену системы освещения или настройку системы отопления. Меры по теплоизоляции включают использование более эффективных материалов для изоляции стен и кровли. Более того, примером таких мер может быть замена окон на более эффективные модели. Многие авторы рекомендуют использовать возобновляемые источники энергии, однако такая мера может применяться не для всех типов зданий. Наконец, последняя категория - это поведение человека. Эта мера предлагает людям

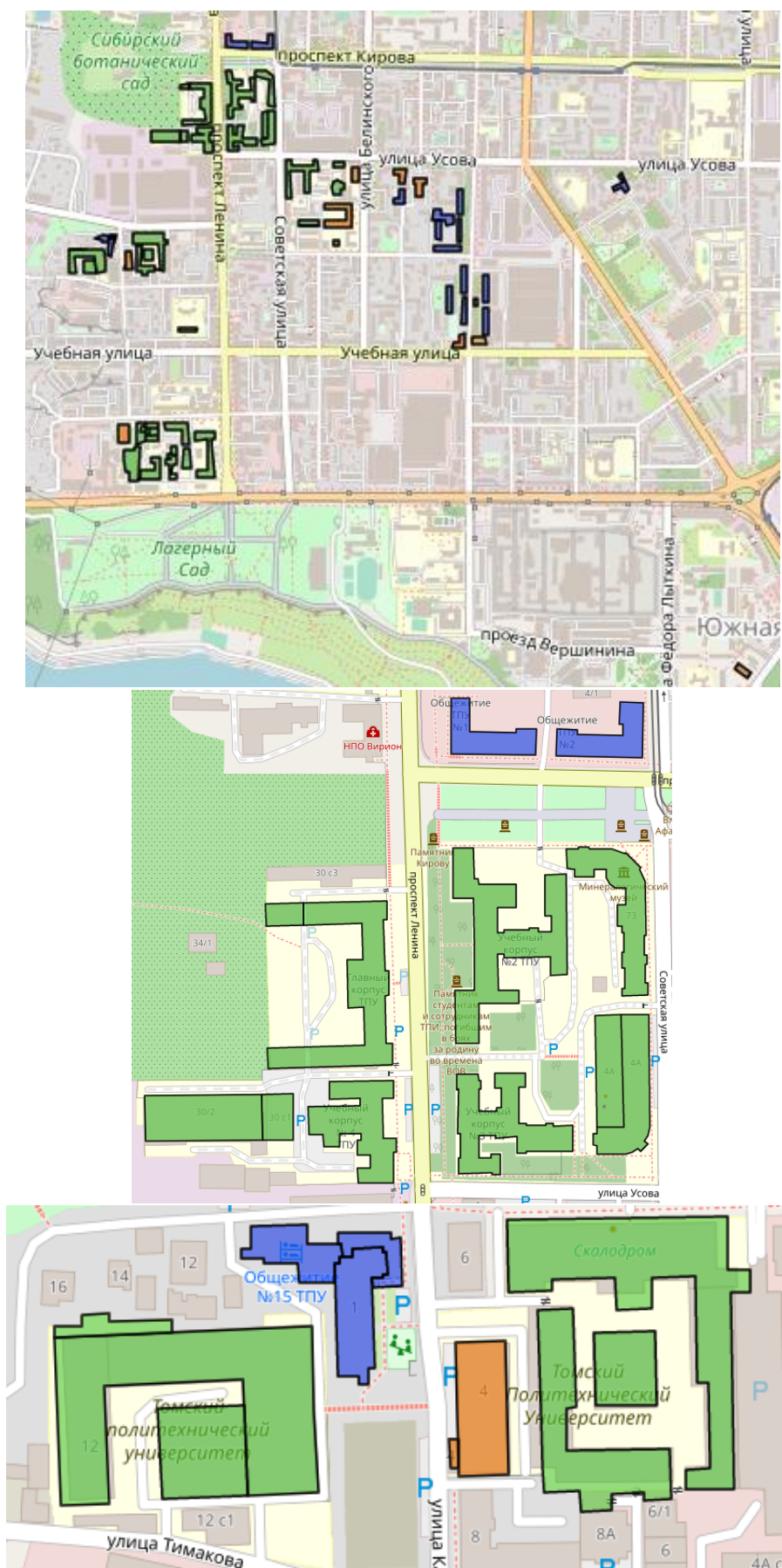
стимул использовать меньше энергии или рациональнее использовать энергию [19].

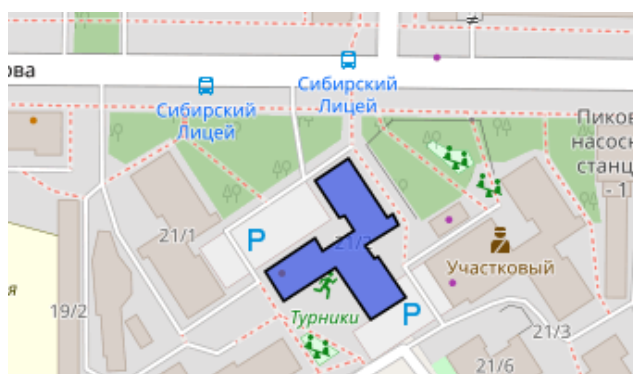
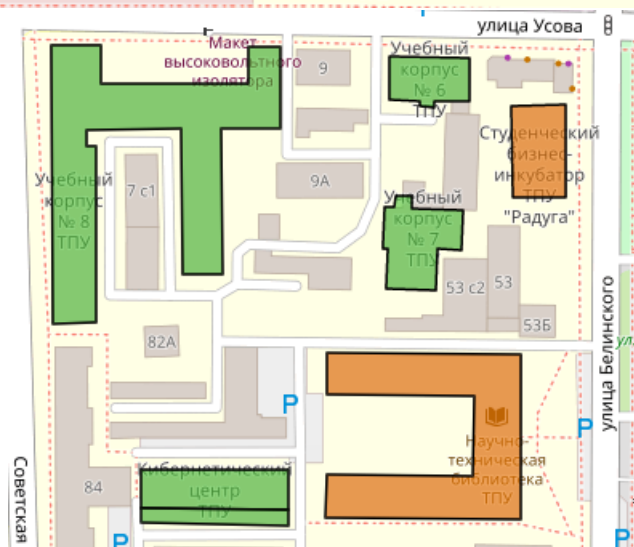
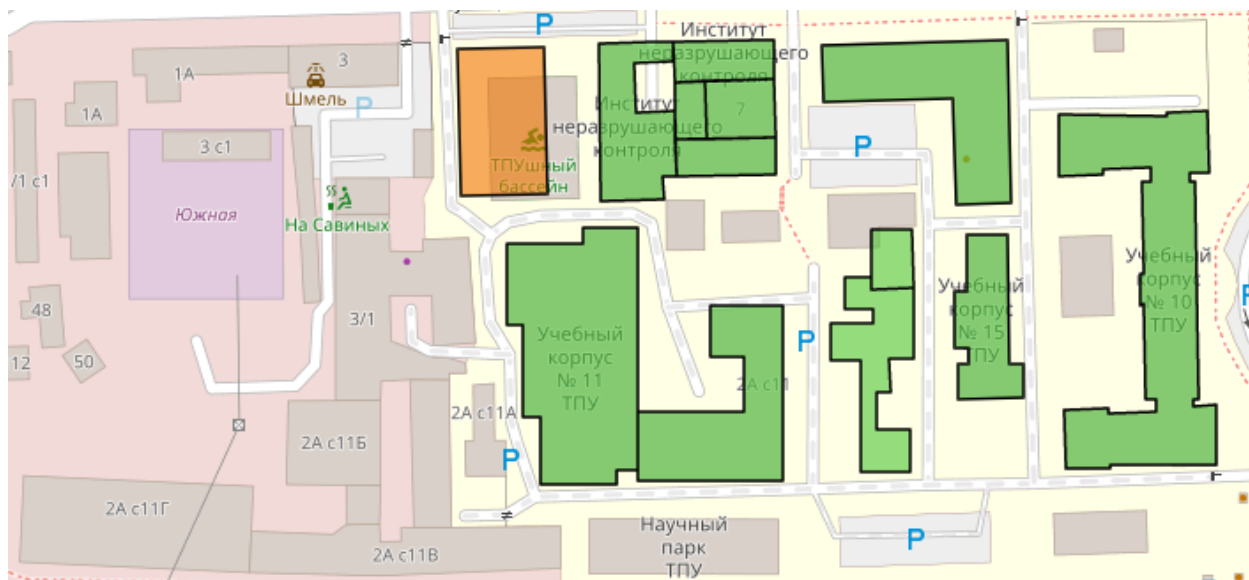
К сожалению, не все из предложенных способов реализации мероприятий по повышению энергоэффективности могут быть использованы для моего данного исследования. Прежде всего, необходимо принять во внимание тип здания. Такие меры, как теплоизоляция, технологии использования возобновляемых источников энергии или поведение человека, будут эффективно работать в жилых зданиях, где здание имеет относительно небольшую площадь, и пользователи заинтересованы в снижении потребления энергии.

В случае общественного строительства могут быть реализованы такие меры, как контроль и снижение нагрузки, и ожидается, что это принесет хороший результат. Могут также применяться меры по теплоизоляции, но это будет более дорогостоящим, и следует предоставить экономическое обоснование.

3. Проектирование системы электроснабжения ТПУ

3.1 Исходные данные





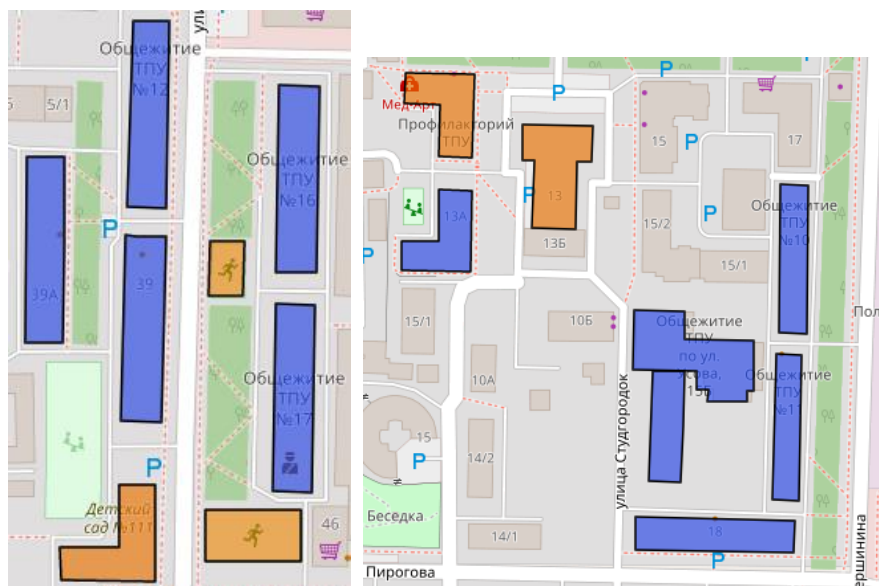


Рисунок 14 – расположение корпусов ТПУ

Таблица 5 – Ведомость электрических нагрузок объектов кампуса ТПУ

наименование помещения	Рн
1 корпус	120
2 корпус	274
3 корпус	141
4 корпус	136
5 корпус	29
6 корпус	49
7 корпус	69
8 корпус	541,58
9 корпус	157
10 корпус	368
11 корпус а-г	242
11 корпус	226
12 корпус	30
15 корпус	32
16а корпус	193
16б корпус	201
16в корпус	35
18 корпус	260
19 учебно-лабораторный корпус	296
20 корпус	585
21 корпус	39
Киберцентр	146
Главный корпус	340
Корпус НТБ	234
Спорткомплекс	34
Спорткорпус	69

МКЦ	53
Профилакторий	72
Бизнес инкубатор	107
Общежитие №19 иностранных студентов ул. Усова 21/2	141
Общежитие гостиничного типа №15 по ул. А.Иванова,8	150
Общежитие по ул. Усова, 15б	1500
Общежитие ул. Вершинина, 31	101
Общежитие ул. Вершинина, 33	98
Общежитие ул. Вершинина, 37	108
Общежитие ул. Вершинина, 39	110
Общежитие ул. Вершинина, 39а	136
Общежитие ул. Вершинина, 46	242
Общежитие ул. Вершинина, 48	306
Общежитие ул. Кирова, 2	88
Общежитие ул. Кирова, 4	85
Общежитие ул. Пирогова, 18	70
Общежитие ул. Пирогова, 18а	76
Общежитие ул. Усова, 13а	50
Д/с 108	80
Д/с 111	60
Бассейн	51
Научный парк	132

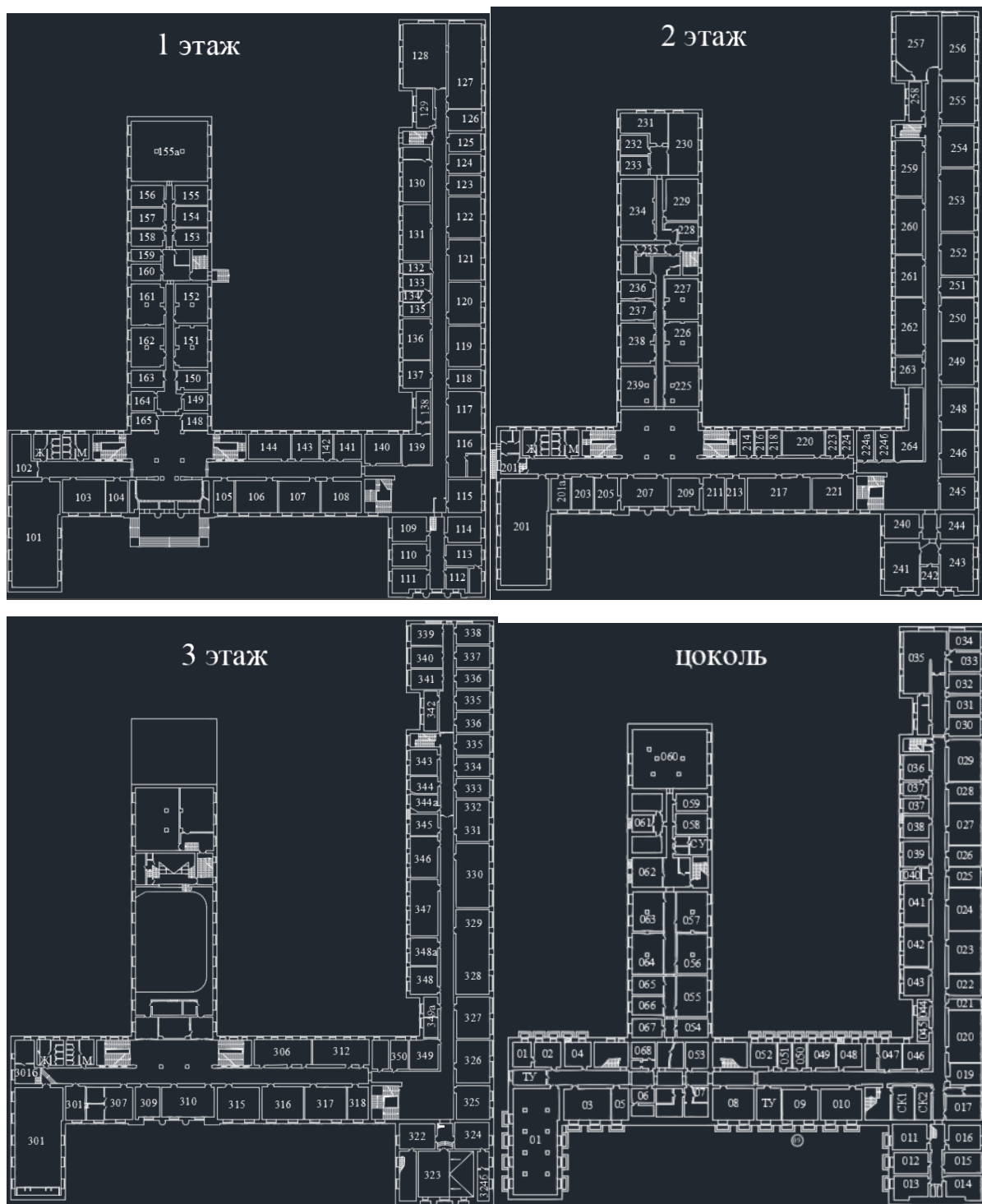


Рисунок 15 – Поэтажный план 8 корпуса ТПУ

Таблица 6 – Сведения об электрических нагрузках 8 корпуса ТПУ.

обозначение на плане	назначение	Установленная мощность, кВт
аудитория 131	учебная аудитория	0,66
аудитория 130	учебная аудитория	0,66
аудитория 129	кабинет	1,92
аудитория 128	лаборатория	3,3
аудитория 127	учебная аудитория	2,4

аудитория 126	кабинет	1,92
аудитория 125	лаборатория	3,3
аудитория 124	лаборатория	3,3
аудитория 123	класс	2,76
аудитория 122	учебная аудитория	2,4
аудитория 138	лаборатория	3,3
аудитория 137	мастерская	2,28
аудитория 136	преподавательская	2,88
аудитория 135	кабинет	1,92
аудитория 134	кабинет	1,92
аудитория 133	кабинет	1,92
аудитория 132	кабинет	1,92
аудитория 121	учебная аудитория	2,4
аудитория 120	учебная аудитория	2,4
аудитория 119	учебная аудитория	2,4
аудитория 118	учебная аудитория	2,4
аудитория 117	учебная аудитория	2,4
аудитория 332	учебная аудитория	0,66
аудитория 331	учебная аудитория	0,66
аудитория 330	учебная аудитория	0,66
аудитория 329	учебная аудитория	0,66
аудитория 328	учебная аудитория	0,66
аудитория 327	учебная аудитория	0,66
аудитория 349a	лаборатория	3,3
аудитория 348	учебная аудитория	0,66
аудитория 348a	учебная аудитория	0,66
аудитория 347	учебная аудитория	0,66
аудитория 346	учебная аудитория	0,66
аудитория 345	учебная аудитория	0,66
аудитория 344	учебная аудитория	0,66
аудитория 344a	кабинет	1,92
аудитория 343	учебная аудитория	0,66
аудитория 342	учебная аудитория	0,66
аудитория 341	учебная аудитория	0,66
аудитория 340	учебная аудитория	0,66
аудитория 339	учебная аудитория	0,66
аудитория 338	учебная аудитория	0,66
аудитория 337	учебная аудитория	0,66
аудитория 336	учебная аудитория	0,66
аудитория 335	учебная аудитория	0,66
аудитория 334	учебная аудитория	0,66
аудитория 333	учебная аудитория	0,66
аудитория 260	учебная аудитория	2,1
аудитория 259	учебная аудитория	2,1
аудитория 258	учебная аудитория	2,1

аудитория 257	учебная аудитория	2,1
аудитория 256	учебная аудитория	2,1
аудитория 255	учебная аудитория	2,1
аудитория 254	учебная аудитория	2,1
аудитория 253	учебная аудитория	2,1
аудитория 252	учебная аудитория	2,1
аудитория 263	учебная аудитория	2,1
аудитория 262	учебная аудитория	2,1
аудитория 261	учебная аудитория	2,1
аудитория 251	учебная аудитория	2,1
аудитория 250	учебная аудитория	2,1
аудитория 249	учебная аудитория	2,4
аудитория 248	учебная аудитория	2,4
аудитория 246	учебная аудитория	2,1
аудитория 08	лаборатория	24
ТУ	теплоузел	2,7
аудитория 09	лаборатория	6
аудитория 052	лаборатория	2,7
аудитория 051	склад	0,252
аудитория 050	венткамера	3,9
СК1	склад	0,252
СК2	склад	0,252
аудитория 011	склад	0,252
аудитория 012	лаборатория	1,8
аудитория 013	лаборатория	1,8
аудитория 014	лаборатория	1,8
аудитория 015	лаборатория	1,8
аудитория 016	лаборатория	1,8
аудитория 017	склад	0,252
аудитория 019	лаборатория	1,9
аудитория 049	склад	0,252
аудитория 048	склад	0,252
аудитория 047	мастерская	1,62
аудитория 046	склад	0,252
аудитория 010	лаборатория	21
аудитория 139	лаборатория	3,3
аудитория 116	учебная аудитория	0,66
аудитория 115	лаборатория	2,1
аудитория 114	преподавательская	1,68
аудитория 113	лаборатория	2,1
аудитория 112	лаборатория	2,1
аудитория 111	лаборатория	2,1
аудитория 110	учебная аудитория	0,66
аудитория 109	лаборатория	2,1
аудитория 108	лаборатория	2,1
аудитория 107	лаборатория	2,1

аудитория 106	лаборатория	2,1
аудитория 105	лаборатория	2,1
аудитория 144	лаборатория	2,1
аудитория 143	преподавательская	2,1
аудитория 142	кабинет	1,74
аудитория 141	лаборатория	2,7
аудитория 140	кафедра	2,1
аудитория 326	учебная аудитория	0,66
аудитория 325	учебная аудитория	0,66
аудитория 324б	учебная аудитория	0,66
аудитория 324	учебная аудитория	0,66
аудитория 323	учебная аудитория	0,66
аудитория 322	учебная аудитория	0,66
аудитория 350	лаборатория	2,7
аудитория 318	учебная аудитория	0,66
аудитория 317	учебная аудитория	0,66
аудитория 316	учебная аудитория	0,66
аудитория 315	учебная аудитория	0,66
аудитория 312	учебная аудитория	0,66
аудитория 306	учебная аудитория	0,66
аудитория 349	мастерская	1,86
аудитория 264	кабинет	1,92
аудитория 245	учебная аудитория	0,66
аудитория 244	преподавательская	2,1
аудитория 243	зал проектирования	1,26
аудитория 242	преподавательская	2,1
аудитория 241	учебная аудитория	0,66
аудитория 240	учебная аудитория	0,66
аудитория 224б	кабинет	1,92
аудитория 224а	кабинет	1,92
аудитория 224	учебная аудитория	0,66
аудитория 223	кабинет	1,92
аудитория 221	приемная	1,92
аудитория 220	кабинет	1,92
аудитория 218	кабинет	1,92
аудитория 217	преподавательская	1,5
аудитория 216	кабинет	1,92
аудитория 214	кабинет	1,92
аудитория 213	конференц-зал	1,5
аудитория 211	лаборатория	2,52
аудитория 039	мастерская	1,08
аудитория 038	лаборатория	2,1
аудитория 029	лаборатория	2,28
аудитория 028	склад	0,252
аудитория 027	лаборатория	2,1
аудитория 037	кабинет	1,08

аудитория 037	кабинет	1,08
аудитория 036	лаборатория	2,1
аудитория 035	лаборатория	2,1
аудитория 034	кабинет	1,08
аудитория 033	кабинет	1,08
аудитория 032	лаборатория	1,68
аудитория 031	лаборатория	1,68
аудитория 030	лаборатория	1,68
аудитория 026	лаборатория	2,1
аудитория 025	кабинет	1,08
аудитория 045	склад	0,21
аудитория 044	склад	0,21
аудитория 043	мастерская	1,5
аудитория 042	мастерская	1,5
аудитория 041	склад	0,252
аудитория 040	склад	0,252
аудитория 024	лаборатория	1,68
аудитория 023	лаборатория	1,68
аудитория 022	лаборатория	2,1
аудитория 021	подсобное	0,06
аудитория 020	лаборатория	2,28
аудитория 01	кабинет	3,23
аудитория 01	подсобное	0,255
аудитория 02	мастерская	3,825
аудитория 03	склад	0,357
аудитория 04	склад	0,357
аудитория 05	лаборатория	40
аудитория 06	склад	0,252
ТУ	склад	0,357
аудитория 07	склад	0,252
Ж	санузел 1эт	1,445
М	санузел 1эт	0,34
аудитория 101	учебная аудитория	1,275
аудитория 102	склад	0,357
аудитория 103	кабинет	2,38
аудитория 104	кабинет	2,38
Ж	санузел 2эт	0,34
М	санузел 2эт	0,34
аудитория 201	учебная аудитория	1,275
аудитория 201 а	учебная аудитория	1,275
аудитория 201 в	кабинет	2,72
аудитория 203	учебная аудитория	1,275
аудитория 205	учебная аудитория	1,275
аудитория 207	учебная аудитория	0,66
аудитория 209	кабинет	1,5
аудитория 301	учебная аудитория	1,275

аудитория 301a	кабинет	2,38
аудитория 301б	кабинет	2,38
аудитория 307	преподавательская	4,08
аудитория 309	учебная аудитория	0,66
аудитория 310	учебная аудитория	0,66
Ж	санузел 3эт	0,34
М	санузел 3эт	0,34
аудитория 303	танц зал	1,36
аудитория 303б	кабинет	1,76
аудитория 319	лаборатория	1,76
аудитория 320	кабинет	1,2
аудитория 303а	служебное	1,85
аудитория 239	кабинет	0,72
аудитория 238	лаборатория	0,72
аудитория 237	кабинет	0,9
аудитория 236	лаборатория	1,32
аудитория 227	лаборатория	1,32
аудитория 226	лаборатория	1,32
аудитория 225	учебная аудитория	0,66
аудитория 235	кабинет	0,9
аудитория 234	преподавательская	1,26
аудитория 233	кабинет	0,9
аудитория 232	преподавательская	1,26
аудитория 231	преподавательская	1,26
аудитория 230	учебная аудитория	0,66
аудитория 229	преподавательская	1,26
аудитория 228	лаборатория	1,32
аудитория 165	кабинет	0,9
аудитория 164	преподавательская	0,9
аудитория 163	преподавательская	0,9
аудитория 162	преподавательская	1,26
аудитория 161	преподавательская	1,26
аудитория 152	преподавательская	1,26
аудитория 151	преподавательская	0,9
аудитория 150	преподавательская	0,9
аудитория 149	преподавательская	0,9
аудитория 148	кабинет	0,9
аудитория 160	преподавательская	0,9
аудитория 159	преподавательская	0,9
аудитория 158	преподавательская	0,9
аудитория 157	преподавательская	0,9
аудитория 156	преподавательская	0,9
аудитория 155	преподавательская	0,9
аудитория 154	преподавательская	1,26
аудитория 153	преподавательская	1,26
аудитория 068	мастерская	1,08

аудитория 067	лаборатория	0,72
аудитория 066	лаборатория	0,72
аудитория 065	лаборатория	0,72
аудитория 064	склад	0,18
аудитория 056	склад	0,18
аудитория 055	мастерская	1,08
аудитория 054	лаборатория	1,02
аудитория 053	склад	0,252
аудитория 063	склад	0,18
аудитория 062	склад	0,18
аудитория 061	склад	0,18
аудитория 060	лаборатория	1,08
аудитория 059	склад	0,18
аудитория 058	лаборатория	1,08
СУ	санузел	0,12
аудитория 057	склад	0,18

3.2 Определение расчетной электрической нагрузки 8 корпуса ТПУ

Расчет силовых нагрузок корпуса производим «методом коэффициента расчетной мощности», который выполняется по форме Ф636-92 и производится для каждого узла питания (распределительного пункта, распределительного или магистрального шинопровода, цеховой трансформаторной подстанции), а также по цеху, корпусу в целом.

Расчет производится в следующей последовательности:

Исходными для расчёта служат данные таблицы 4, на основе которых заполняются графы 1-3, 5-6. Коэффициенты использования K_{II} и коэффициенты мощности электроприёмников $\cos \varphi$ определены согласно справочным данным.

В графу 4 записывается общая установленная мощность однотипных электроприёмников:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n p_{ном i} .$$

В графу 7 записываем значение $tg \varphi$, определяемое как:

$$tg \varphi = tg(\arccos(\cos \varphi)) .$$

В графах 8-9 построчно записываются значения $K_{II} \cdot P_{ном}$ и $K_{II} \cdot P_{ном} \cdot \operatorname{tg} \varphi$

Групповой коэффициент использования для узла определяется по следующей формуле:

$$K_{u(гp)} = \frac{\sum (K_{II} \cdot P_{ном})}{\sum P_{ном}}.$$

Полученное значение заносится в итоговую строку графы 5.

Для нахождения расчётной активной мощности электроприёмников необходимо знать расчетный коэффициент K_p , который зависит от эффективного числа электроприёмников.

Эффективное число электроприемников - такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности электроприемников.

Для его нахождения построчно определяем значение $n \cdot p_{ном}^2$ для каждой группы электроприёмников и сумму полученных значений. Результаты записываются в графу 10.

Эффективное число электроприёмников (графа 11):

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum P_{ном})^2}{\sum n \cdot p_{ном}^2}.$$

Определяем коэффициент расчётной активной мощности K_p (графа 12) на основе полученного эффективного числа электроприёмников, постоянной времени нагрева и группового коэффициента использования.

Расчетная активная мощность подключенных к узлу питания электроприемников напряжением до 1 кВ (графа 13):

$$P_p = K_p \cdot \sum (K_u \cdot P_{ном}).$$

Расчетная реактивная мощность подключенных к узлу питания электроприемников напряжением до 1 кВ (графа 14) :

при $n_{\gamma} \leq 10$:

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum K_u \cdot P_{ном} \cdot \operatorname{tg}(\varphi).$$

при $n_{\gamma} > 10$:

$$Q_p = \sum K_u \cdot P_{ном} \cdot \operatorname{tg}(\varphi).$$

для магистральных шинопроводов независимо от n_{γ} :

$$Q_p = K_p \cdot \sum K_u \cdot P_{ном} \cdot \operatorname{tg}(\varphi).$$

Полная расчётная мощность равна (графа 15):

$$S_p = \sqrt{(P_p)^2 + (Q_p)^2}.$$

Расчётный ток (графа 16):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}.$$

Для расчета нагрузок по справочным данным [1, табл. П 2.1] найдем коэффициенты использования и мощности всех аудиторий 8 корпуса ТПУ и занесём в таблицу 7.

Расчет осветительной нагрузки

Расчетную нагрузку осветительных приемников корпуса определяем по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{po} = P_{но} \cdot K_{co}$$

K_{co} принимаем равным 0.7 [1]. Величину $P_{но}$ находим как:

$$P_{но} = P_{уд} \cdot F$$

Удельную плотность осветительной нагрузки принимаем $12 \frac{Вт}{м^2}$ [1]

$F = 13453 м^2$ — площадь корпуса.

Номинальная мощность осветительной нагрузки:

$$P_{но} = 12 \cdot 10^{-3} \cdot 13453 = 161,44 кВт;$$

Расчетная максимальная нагрузка от электрического освещения:

$$P_{po} = 0,7 \cdot 161,44 = 113,01 кВт$$

Результаты расчета всего корпуса сведём в таблицу 7.

Таблица 7 – Сводная ведомость нагрузок по корпусу

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ								Расчетные величины			Эффективное	Коэффициент	Расчетная мощность			I _p
По заданию технологов					по справочным данным			K _и P _н	K _и P _н	n ² P _н			P _p	Q _p	S _p	
Наименование характерных категорий электроприемников, подключаемых к узлу питания		Количество электроприемников п.шт	Установленная мощность, кВт		Коэффициенты реактивной	Коэффициент										
			Установленная мощность, кВт	Установленная мощность P _н , кВт												
обозначение на плане	назначение				cos(φ)	tg(φ)	K _и					K _p	кВт	кВар	кВА	А
ШР 1-1-1																
аудитория 131	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 130	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 129	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 128	лаборатория	1,00	3,3	3,3	0,4	2,29	0,15	0,495	1,134	10,890						
аудитория 127	учебная аудитория	1,00	2,4	2,4	0,7	1,02	0,4	0,96	0,979	5,760						
аудитория 126	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 125	лаборатория	1,00	3,3	3,3	0,4	2,29	0,15	0,495	1,134	10,890						
аудитория 124	лаборатория	1,00	3,3	3,3	0,4	2,29	0,15	0,495	1,134	10,890						
аудитория 123	класс	1,00	2,76	2,76	0,7	1,02	0,4	1,104	1,126	7,618						
аудитория 122	учебная аудитория	1,00	2,4	2,4	0,7	1,02	0,4	0,96	0,979	5,760						
итого по ШР 1-1-1		10,0		22,62			0,28	6,30	8,32	60,05	9	1,14	7,19	7,91	10,68	16,23
ШР 1-1-2																
аудитория 138	лаборатория	1,00	3,3	3,3	0,4	2,29	0,15	0,495	1,134	10,890						
аудитория 137	мастерская	1,00	2,28	2,28	0,35	2,68	0,35	0,798	2,136	5,198						

аудитория 136	преподавательская	1,00	2,88	2,88	0,7	1,02	0,3	0,864	0,881	8,294						
аудитория 135	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 134	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 133	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 132	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 121	учебная аудитория	1,00	2,4	2,4	0,7	1,02	0,4	0,96	0,979	5,760						
аудитория 120	учебная аудитория	1,00	2,4	2,4	0,7	1,02	0,4	0,96	0,979	5,760						
аудитория 119	учебная аудитория	1,00	2,4	2,4	0,7	1,02	0,4	0,96	0,979	5,760						
аудитория 118	учебная аудитория	1,00	2,4	2,4	0,7	1,02	0,4	0,96	0,979	5,760						
аудитория 117	учебная аудитория	1,00	2,4	2,4	0,7	1,02	0,4	0,96	0,979	5,760						
Итого по ШР 1-1-2		12,0		28,14			0,34	9,4914	11,634	67,928	12	1,05	9,97	11,634	15,32	23,27
ШР 1-3-1																
аудитория 332	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 331	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 330	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 329	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 328	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 327	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 349а	лаборатория	1,00	3,3	3,3	0,4	2,29	0,15	0,495	1,134	10,890						
аудитория 348	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 348а	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 347	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 346	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 345	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
Итого по ШР-1-3-1		12,0		10,56			0,32	3,399	4,097	15,682	7	1,23	4,18	4,599	6,22	9,44
ШР-1-3-2																
аудитория 344	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 344а	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						

аудитория 343	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 342	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 341	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 340	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 339	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 338	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 337	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 336	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 335	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 334	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 333	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
Итого по ШР-1-3-2		13,0					0,39	3,8016	3,878	8,478	13	1,05	3,99	3,878	5,57	8,46
ШР 1-2-1																
аудитория 260	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 259	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 258	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 257	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 256	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 255	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 254	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 253	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 252	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
Итого по ШР 1-2-1		9,00		18,9			0,40	7,56	7,713	39,690	9	1,04	7,86	8,649	11,69	17,76
ШР 1-2-2																
аудитория 263	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 262	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 261	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 251	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 250	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
аудитория 249	учебная аудитория	1,00	2,4	2,4	0,7	1,02	0,4	0,96	0,979	5,760						

аудитория 248	учебная аудитория	1,00	2,4	2,4	0,7	1,02	0,4	0,96	0,979	5,760						
аудитория 246	учебная аудитория	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,4	0,84	0,857	4,410						
Итого по ШР 1-2-2		8,00		17,4			0,40	6,96	7,101	37,980	8	1,10	7,66	8,422	11,38	17,29
ШР-2-0-1																
аудитория 08	лаборатория	1,00	24	24	0,45	1,98	0,15	3,6	7,144	576,000						
ТУ	теплоузел	1,00	2,7	2,7	0,8	0,75	0,75	2,025	1,519	7,290						
аудитория 09	лаборатория	1,00	6	6	0,45	1,98	0,05	0,3	0,595	36,000						
аудитория 052	лаборатория	1,00	2,7	2,7	0,4	2,29	0,2	0,54	1,237	7,290						
аудитория 051	склад	1,00	0,25	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
аудитория 050	венткамера	1,00	3,9	3,9	0,8	0,75	0,95	3,705	2,779	15,210						
Итого по ШР-2-0-1		6,00		39,552			0,26	10,183	13,284	641,854	2	1,38	14,05	13,284	19,34	29,38
ШР-2-0-2																
СК1	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
СК2	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
аудитория 011	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
аудитория 012	лаборатория	1,00	1,8	1,8	0,4	2,29	0,33	0,594	1,361	3,240						
аудитория 013	лаборатория	1,00	1,8	1,8	0,4	2,29	0,33	0,594	1,361	3,240						
аудитория 014	лаборатория	1,00	1,8	1,8	0,4	2,29	0,33	0,594	1,361	3,240						
аудитория 015	лаборатория	1,00	1,8	1,8	0,4	2,29	0,33	0,594	1,361	3,240						
аудитория 016	лаборатория	1,00	1,8	1,8	0,4	2,29	0,33	0,594	1,361	3,240						
аудитория 017	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,1	0,0252	0,019	0,064						
аудитория 019	лаборатория	1,00	1,9	1,9	0,4	2,29	0,33	0,627	1,437	3,610						
Итого по ШР-2-0-2		10,00		11,908			0,31	3,660	8,289	20,064	7	1,23	4,5018	8,289	9,43	14,33
ШР-2-0-3																
аудитория 049	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
аудитория 048	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
аудитория 047	мастерская	1,00	1,62	1,62	0,35	2,68	0,35	0,567	1,518	2,624						
аудитория 046	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
аудитория 010	лаборатория	1,00	21	21	0,45	1,98	0,05	1,05	2,084	441,000						
Итого по ШР-2-0-3		5,00		23,376			0,07	1,655	3,630	443,815	1	2,2	21	23,100	31,22	47,43

ШР-2-1-1																
аудитория 139	лаборатория	1,00	3,3	3,3	0,45	1,98	0,2	0,66	1,310	10,890						
аудитория 116	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 115	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 114	преподавательская	1,00	1,68	1,68	0,7	1,02	0,3	0,504	0,514	2,822						
аудитория 113	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 112	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 111	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 110	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 109	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,2	0,42	0,962	4,410						
Итого по ШР-2-1-1		9,00		16,8			0,20	3,372	6,212	36,634	8	1,48	4,9905	5,490	7,42	11,27
аудитория 108	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 107	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 106	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 105	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,2	0,42	0,962	4,410						
аудитория 144	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 143	преподавательская	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,3	0,63	0,643	4,410						
аудитория 142	кабинет	1,00	1,74	1,74	0,7	1,02	0,33	0,5742	0,586	3,028						
аудитория 141	лаборатория	1,00	2,7	2,7	0,4	2,29	0,15	0,405	0,928	7,290						
аудитория 140	кафедра	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,33	0,693	0,707	4,410						
Итого по ШР-2-1-2		9,00		19,14			0,21	3,9822	6,713	41,188	9	1,32	5,2565	5,782	7,81	11,87
ШР-2-3-1																
аудитория 326	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 325	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 324б	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 324	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 323	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 322	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,33	0,2178	0,222	0,436						
аудитория 350	лаборатория	1,00	2,7	2,7	0,4	2,29	0,15	0,405	0,928	7,290						

Итого по ШР-2-3-1		7,00		6,66			0,29	1,9428	2,4968	9,9036	4	1,47	2,8559	3,142	4,25	6,45
ШР-2-3-2																
аудитория 318	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,33	0,2178	0,222	0,436						
аудитория 317	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 316	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 315	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 312	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 306	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 349	мастерская	1,00	1,86	1,86	0,35	2,68	0,35	0,651	1,742	3,460						
Итого по ШР-2-3-2		7,00		5,82			0,38	2,1888	3,3112	6,0732	7	1,28	2,8017	3,082	4,16	6,33
ШР-2-2-1																
аудитория 264	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 245	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 244	преподавательская	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,3	0,63	0,643	4,410						
аудитория 243	зал проектирования	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,3	0,378	0,386	1,588						
аудитория 242	преподавательская	1,00	2,1	2,1	0,7	1,02	0,3	0,63	0,643	4,410						
аудитория 241	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 240	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 224б	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 224а	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
Итого по ШР-2-2-1		9,00		13,2			0,33	4,3308	4,4183	22,7736	8	1,15	4,9804	5,478	7,40	11,25
аудитория 224	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 223	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 221	приемная	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,35	0,672	0,686	3,686						
аудитория 220	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 218	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 217	преподавательская	1,00	1,5	1,5	0,7	1,02	0,3	0,45	0,459	2,250						
аудитория 216	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						
аудитория 214	кабинет	1,00	1,92	1,92	0,7	1,02	0,33	0,6336	0,646	3,686						

аудитория 213	конференц-зал	1,00	1,5	1,5	0,7	1,02	0,12	0,18	0,184	2,250						
аудитория 211	лаборатория	1,00	2,52	2,52	0,4	2,29	0,15	0,378	0,866	6,350						
Итого по ШР-2-2-2		10,00		17,7			0,29	5,112	5,6957	33,4044	9	1,07	5,4698	6,017	8,13	12,35
ШР-3-0-1																
аудитория 039	мастерская	1,00	1,08	1,08	0,35	2,68	0,35	0,378	1,012	1,166						
аудитория 038	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,2	0,42	0,962	4,410						
аудитория 029	лаборатория	1,00	2,28	2,28	0,4	2,29	0,2	0,456	1,045	5,198						
аудитория 028	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
аудитория 027	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 037	кабинет	1,00	1,08	1,08	0,7	1,02	0,33	0,3564	0,364	1,166						
аудитория 037	кабинет	1,00	1,08	1,08	0,7	1,02	0,33	0,3564	0,364	1,166						
аудитория 036	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
Итого по ШР-3-0-1		8,00		12,072			0,22	2,6094	5,1990	21,9911	7	1,45	3,7836	4,162	5,62	8,55
ШР-3-0-2																
аудитория 035	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,2	0,42	0,962	4,410						
аудитория 034	кабинет	1,00	1,08	1,08	0,7	1,02	0,33	0,3564	0,364	1,166						
аудитория 033	кабинет	1,00	1,08	1,08	0,7	1,02	0,33	0,3564	0,364	1,166						
аудитория 032	лаборатория	1,00	1,68	1,68	0,4	2,29	0,15	0,252	0,577	2,822						
аудитория 031	лаборатория	1,00	1,68	1,68	0,4	2,29	0,15	0,252	0,577	2,822						
аудитория 030	лаборатория	1,00	1,68	1,68	0,4	2,29	0,15	0,252	0,577	2,822						
Итого по ШР-3-0-2		6,00		9,3			0,20	1,8888	3,422	15,21	6	1,62	3,0599	3,366	4,55	6,91
ШР-3-0-3																
аудитория 026	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,15	0,315	0,722	4,410						
аудитория 025	кабинет	1,00	1,08	1,08	0,7	1,02	0,33	0,3564	0,364	1,166						
аудитория 045	склад	1,00	0,21	0,21	0,8	0,75	0,05	0,0105	0,008	0,044						
аудитория 044	склад	1,00	0,21	0,21	0,8	0,75	0,05	0,0105	0,008	0,044						
аудитория 043	мастерская	1,00	1,5	1,5	0,35	2,68	0,35	0,525	1,405	2,250						
аудитория 042	мастерская	1,00	1,5	1,5	0,35	2,68	0,35	0,525	1,405	2,250						
аудитория 041	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
аудитория 040	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						

аудитория 024	лаборатория	1,00	1,68	1,68	0,4	2,29	0,15	0,252	0,577	2,822						
аудитория 023	лаборатория	1,00	1,68	1,68	0,4	2,29	0,15	0,252	0,577	2,822						
аудитория 022	лаборатория	1,00	2,1	2,1	0,4	2,29	0,2	0,42	0,962	4,410						
аудитория 021	подсобное	1,00	0,06	0,06	0,4	2,29	0,05	0,003	0,007	0,004						
аудитория 020	лаборатория	1,00	2,28	2,28	0,4	2,29	0,15	0,342	0,784	5,198						
Итого по ШР-3-0-3		13,00		14,904			0,20	3,0366	6,8379	25,5484	9	1,35	4,0994	4,509	6,09	9,26
ШР 4-0-1																
аудитория 01	кабинет	1,00	3,23	3,23	0,7	1,02	0,33	1,0659	1,087	10,433						
аудитория 01	подсобное	1,00	0,255	0,255	0,4	2,29	0,05	0,0127	0,029	0,065						
аудитория 02	мастерская	1,00	3,825	3,825	0,35	2,68	0,35	1,3387	3,583	14,631						
аудитория 03	склад	1,00	0,357	0,357	0,8	0,75	0,05	0,0178	0,013	0,127						
аудитория 04	склад	1,00	0,357	0,357	0,8	0,75	0,05	0,0178	0,013	0,127						
аудитория 05	лаборатория	1,00	40	40	0,45	1,98	0,05	2	3,969	1600,00						
аудитория 06	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
ТУ	склад	1,00	0,357	0,357	0,8	0,75	0,05	0,0178	0,013	0,127						
аудитория 07	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
Итого по ШР 4-0-1		9,00		48,885			0,09	4,4961	8,7277	1625,63	1	1	40	44,000	59,46	90,35
ШР 4-1-1																
Ж	санузел 1эт	1,00	1,445	1,445	0,35	2,68	0,3	0,4335	1,160	2,088						
М	санузел 1эт	1,00	0,34	0,34	0,35	2,68	0,3	0,102	0,273	0,116						
аудитория 101	учебная аудитория	1,00	1,275	1,275	0,7	1,02	0,4	0,51	0,520	1,626						
аудитория 102	склад	1,00	0,357	0,357	0,8	0,75	0,05	0,0178 5	0,013	0,127						
аудитория 103	кабинет	1,00	2,38	2,38	0,7	1,02	0,33	0,7854	0,801	5,664						
аудитория 104	кабинет	1,00	2,38	2,38	0,7	1,02	0,33	0,7854	0,801	5,664						
Итого по ШР 4-1-1		6,00		8,18			0,32	2,63	3,57	15,29	4	1,42	3,7404	4,115	5,56	8,45
ШР 4-2-1																
Ж	санузел 2эт	1,00	0,34	0,34	0,35	2,68	0,3	0,102	0,273	0,116						
М	санузел 2эт	1,00	0,34	0,34	0,35	2,68	0,3	0,102	0,273	0,116						
аудитория 201	учебная аудитория	1,00	1,275	1,275	0,7	1,02	0,4	0,51	0,520	1,626						

аудитория 201 а	учебная аудитория	1,00	1,275	1,275	0,7	1,02	0,4	0,51	0,520	1,626						
аудитория 201 в	кабинет	1,00	2,72	2,72	0,7	1,02	0,33	0,8976	0,916	7,398						
аудитория 203	учебная аудитория	1,00	1,275	1,275	0,7	1,02	0,4	0,51	0,520	1,626						
аудитория 205	учебная аудитория	1,00	1,275	1,275	0,7	1,02	0,4	0,51	0,520	1,626						
аудитория 207	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,4	0,264	0,269	0,436						
аудитория 209	кабинет	1,00	1,5	1,5	0,7	1,02	0,33	0,495	0,505	2,250						
Итого по ШР 4-2-1		9,00		10,66			0,37	3,90	4,32	16,82	7	1,15	4,4856	4,934	6,67	10,13
ШР 4-3-1																
аудитория 301	учебная аудитория	1,00	1,275	1,275	0,7	1,02	0,4	0,51	0,520	1,626						
аудитория 301а	кабинет	1,00	2,38	2,38	0,7	1,02	0,33	0,7854	0,801	5,664						
аудитория 301б	кабинет	1,00	2,38	2,38	0,7	1,02	0,33	0,7854	0,801	5,664						
аудитория 307	преподавательская	1,00	4,08	4,08	0,7	1,02	0,3	1,224	1,249	16,646						
аудитория 309	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,2	0,132	0,135	0,436						
аудитория 310	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,33	0,2178	0,222	0,436						
Ж	санузел 3эт	1,00	0,34	0,34	0,35	2,68	0,3	0,102	0,273	0,116						
М	санузел 3эт	1,00	0,34	0,34	0,35	2,68	0,3	0,102	0,273	0,116						
Итого по ШР 4-3-1		8,00		12,12			0,32	3,86	4,27	30,70	5	1,28	4,9390	5,433	7,34	11,16
ШР 5-3-1																
аудитория 303	танц зал	1,00	1,36	1,36	0,45	1,98	0,2	0,272	0,540	1,850						
Итого по ШР 5-3-1		1,00		1,36			0,20	0,27	0,54	1,85	1	4	1,36	1,496	2,02	3,07
аудитория 303б	кабинет	1,00	1,76	1,76	0,7	1,02	0,3	0,528	0,539	3,098						
аудитория 319	лаборатория	1,00	1,76	1,76	0,4	2,29	0,3	0,528	1,210	3,098						
аудитория 320	кабинет	1,00	1,2	1,2	0,7	1,02	0,3	0,36	0,367	1,440						
Итого по ШР 5-3-2		3,00		4,72			0,30	1,42	2,12	7,64	3	1,74	2,4638	2,710	3,66	5,56
ШР 5-3-3																
аудитория 303а	служебное	1,00	1,85	1,85	0,35	2,68	0,3	0,555	1,485	3,423						
Итого по ШР 5-3-3		1,00		1,85			0,30	0,56	1,49	3,42	1	2,67	1,85	2,035	2,75	4,18

ШР 6-2-1																
аудитория 239	кабинет	1,00	0,72	0,72	0,7	1,02	0,25	0,18	0,184	0,518						
аудитория 238	лаборатория	1,00	0,72	0,72	0,4	2,29	0,25	0,18	0,412	0,518						
аудитория 237	кабинет	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,33	0,297	0,303	0,810						
аудитория 236	лаборатория	1,00	1,32	1,32	0,4	2,29	0,3	0,396	0,907	1,742						
аудитория 227	лаборатория	1,00	1,32	1,32	0,4	2,29	0,05	0,066	0,151	1,742						
аудитория 226	лаборатория	1,00	1,32	1,32	0,4	2,29	0,2	0,264	0,605	1,742						
аудитория 225	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,33	0,2178	0,222	0,436						
Итого по ШР 6-2-1		7,00		6,96			0,23	1,60	2,78	7,51	7	1,42	2,2731	2,500	3,38	5,13
ШР 6-2-2																
аудитория 235	кабинет	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,33	0,297	0,303	0,810						
аудитория 234	преподавательская	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,25	0,315	0,321	1,588						
аудитория 233	кабинет	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,33	0,297	0,303	0,810						
аудитория 232	преподавательская	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,25	0,315	0,321	1,588						
аудитория 231	преподавательская	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,25	0,315	0,321	1,588						
аудитория 230	учебная аудитория	1,00	0,66	0,66	0,7	1,02	0,25	0,165	0,168	0,436						
аудитория 229	преподавательская	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,3	0,378	0,386	1,588						
аудитория 228	лаборатория	1,00	1,32	1,32	0,4	2,29	0,05	0,066	0,151	1,742						
Итого по ШР 6-2-2		8,00		8,82			0,24	2,15	2,28	10,15	8	1,39	2,9857	3,284	4,44	6,74
ШР 6-1-1																
аудитория 165	кабинет	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,33	0,297	0,303	0,810						
аудитория 164	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 163	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 162	преподавательская	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,3	0,378	0,386	1,588						
аудитория 161	преподавательская	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,3	0,378	0,386	1,588						
аудитория 152	преподавательская	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,3	0,378	0,386	1,588						
аудитория 151	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 150	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 149	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 148	кабинет	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,33	0,297	0,303	0,810						

Итого по ШР 6-1-1		10,00		10,08			0,31	3,08	3,14	10,43	10	1,07	3,2934	3,140	4,55	6,91
ШР 6-1-2																
аудитория 160	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 159	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 158	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 157	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 156	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 155	преподавательская	1,00	0,9	0,9	0,7	1,02	0,3	0,27	0,275	0,810						
аудитория 154	преподавательская	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,3	0,378	0,386	1,588						
аудитория 153	преподавательская	1,00	1,26	1,26	0,7	1,02	0,3	0,378	0,386	1,588						
Итого по ШР 6-1-2		8,00		7,92			0,30	2,376	2,424	8,0352	8	1,19	2,8274	3,110	4,20	6,39
ШР 6-0-1																
аудитория 068	мастерская	1,00	1,08	1,08	0,35	2,68	0,33	0,3564	0,954	1,166						
аудитория 067	лаборатория	1,00	0,72	0,72	0,4	2,29	0,15	0,108	0,247	0,518						
аудитория 066	лаборатория	1,00	0,72	0,72	0,4	2,29	0,2	0,144	0,330	0,518						
аудитория 065	лаборатория	1,00	0,72	0,72	0,4	2,29	0,15	0,108	0,247	0,518						
аудитория 064	склад	1,00	0,18	0,18	0,8	0,75	0,05	0,009	0,007	0,032						
аудитория 056	склад	1,00	0,18	0,18	0,8	0,75	0,05	0,009	0,007	0,032						
аудитория 055	мастерская	1,00	1,08	1,08	0,35	2,68	0,35	0,378	1,012	1,166						
аудитория 054	лаборатория	1,00	1,02	1,02	0,4	2,29	0,2	0,204	0,467	1,040						
аудитория 053	склад	1,00	0,252	0,252	0,8	0,75	0,05	0,0126	0,009	0,064						
Итого по ШР 6-0-1		9,00		5,95			0,22	1,33	3,28	5,06	7	1,52	2,0201	2,222	3,00	4,56
ШР 6-0-2																
аудитория 063	склад	1,00	0,18	0,18	0,8	0,75	0,05	0,009	0,007	0,032						
аудитория 062	склад	1,00	0,18	0,18	0,8	0,75	0,05	0,009	0,007	0,032						
аудитория 061	склад	1,00	0,18	0,18	0,8	0,75	0,05	0,009	0,007	0,032						
аудитория 060	лаборатория	1,00	1,08	1,08	0,4	2,29	0,2	0,216	0,495	1,166						
аудитория 059	склад	1,00	0,18	0,18	0,8	0,75	0,05	0,009	0,007	0,032						
аудитория 058	лаборатория	1,00	1,08	1,08	0,4	2,29	0,15	0,162	0,371	1,166						
СУ	санузел	1,00	0,12	0,12	0,35	2,68	0,51	0,0612	0,164	0,014						

аудитория 057	склад	1,00	0,18	0,18	0,8	0,75	0,05	0,009	0,007	0,032						
Итого по ШР 6-0-2		8,00		3,18			0,15	0,48	1,06	2,51	4	2,35	1,1379	1,252	1,69	2,57
ИТОГО ПО СИЛОВОЙ НАГРУЗКЕ		250		428,57			0,26	109,63	152,25	3293,31	56	1	109,63	152,25	187,61	285,04
осветительная нагрузка				160,09	1								160,09			
				588,66									269,72		309,72	470,57

Проведенными расчетами была определена общая мощность 8 корпуса ТПУ, а также найден расчетный ток нагрузки. Данные расчеты используются для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов.

3.3 Определение расчетных электрических нагрузок по кампусу ТПУ в целом

Расчетная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Определение электрических нагрузок в системе электроснабжения промышленного предприятия выполняют для характерных мест присоединения приемников электроэнергии. При этом отдельно рассматривают сети напряжением до 1 кВ и выше.

Расчётная нагрузка (активная и реактивная) силовых приёмников цехов определяются из выражений:

$$P_p = K_c \cdot P_n;$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где P_n – суммарная установленная мощность всех приёмников цеха;

K_c – коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным[2];

$\operatorname{tg} \varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности;

Результаты расчета сводим в таблицу 6

Таблица 8 – Расчетные нагрузки по объектам кампуса ТПУ

наименование помещения	силовая нагрузка						осветительная нагрузка					силовая+ освещение		
	P _н	K _с	cos(f)	tg(f)	P _p	Q _p	F	P _{уд}	P _{но}	K _{со}	P _{ро}	P _p +P _{ро}	Q _p	S _p
1 корпус	120	0,28	0,75	0,88	33,13	29,21	3529	12,00	42,35	0,70	29,64	62,77	29,21	69,24
2 корпус	274	0,74	0,75	0,88	202,16	178,29	8271	12,00	99,25	0,70	69,48	271,64	178,29	324,93
3 корпус	141	0,25	0,75	0,88	34,99	30,86	4790	12,00	57,48	0,70	40,24	75,23	30,86	81,31
4 корпус	136	0,61	0,75	0,88	82,56	72,81	5707	12,00	68,48	0,70	47,94	130,50	72,81	149,44
5 корпус	29	0,71	0,75	0,88	20,49	18,07	911	12,00	10,93	0,70	7,65	28,14	18,07	33,45
6 корпус	49	0,21	0,75	0,88	10,08	8,89	948	12,00	11,38	0,70	7,96	18,04	8,89	20,11
7 корпус	69	0,25	0,75	0,88	16,96	14,95	1354	12,00	16,25	0,70	11,37	28,33	14,95	32,03
8 корпус	541,58				109,63	152,25	13453	12,00	161,44	0,70	113,01	222,63	152,25	269,71
9 корпус	157	0,13	0,75	0,88	20,20	17,82	7142	12,00	85,70	0,70	59,99	80,19	17,82	82,15
10 корпус	368	0,43	0,75		158,69	139,95	14016	12,00	168,19	0,70	117,73	276,42	139,95	276,42
11 корпус а-г	242	0,78	0,75	0,88	189,50	167,12	7755	7,00	54,29	0,70	38,00	227,50	167,12	282,29
11 корпус	226	0,52	0,75	0,88	117,09	103,26	11363	12,00	136,36	0,70	95,45	212,54	103,26	236,29
12 корпус	30	0,13	0,75	0,88	3,83	3,38	1370	12,00	16,44	0,70	11,51	15,34	3,38	15,71
15 корпус	32	0,36	0,75	0,88	11,42	10,07	1982	12,00	23,78	0,70	16,65	28,07	10,07	29,83
16а корпус	193	0,43	0,75	0,88	83,88	73,98	3980	12,00	47,76	0,70	33,43	117,32	73,98	138,69
16б корпус	201	0,02	0,75	0,88	4,72	4,16	4820	12,00	57,84	0,70	40,49	45,21	4,16	45,40
16в корпус	35	0,52	0,75	0,88	18,39	16,22	1010	12,00	12,12	0,70	8,48	26,87	16,22	31,39
18 корпус	260	0,63	0,75	0,88	165,03	145,54	8416	12,00	100,99	0,70	70,69	235,72	145,54	277,03
19 учебно-лабораторный корпус	296	0,54	0,75	0,88	159,52	140,69	14804	12,00	177,65	0,70	124,35	283,88	140,69	316,83
20 корпус	585	0,49	0,75	0,88	285,96	252,19	9822	12,00	117,86	0,70	82,50	368,46	252,19	446,51
21 корпус	39	0,48	0,75	0,88	18,75	16,54	824	12,00	9,89	0,70	6,92	25,67	16,54	30,54
Киберцентр	146	0,28	0,75	0,88	41,22	36,35	3515	12,00	42,18	0,70	29,53	70,74	36,35	79,54
Главный корпус	340	0,07	0,75	0,88	22,48	19,82	10967	12,00	131,60	0,70	92,12	114,60	19,82	116,30
Корпус НТБ	234	0,20	0,75	0,88	46,38	40,91	13861	12,00	166,33	0,70	116,43	162,81	40,91	167,87

Спорткомплекс	34	0,29	0,75	0,88	9,70	8,55	1415	10,00	14,15	0,70	9,91	19,60	8,55	21,38
Спорткорпус	69	0,12	0,75	0,88	8,49	7,49	2849	12	34,19	0,70	23,93	32,43	7,49	33,28
МКЦ	53	0,14	0,75	0,88	7,36	6,49	3441	12,00	41,29	0,70	28,90	36,26	6,49	36,84
Профилакторий	72	0,32	0,75	0,88	22,87	20,17	2793	10	27,93	0,70	19,55	42,42	20,17	46,97
Бизнес инкубатор	107	0,11	0,75	0,88	11,59	10,22	2512	12	30,14	0,70	21,10	32,69	10,22	34,25
Общежитие №19 иностраннх студентов ул. Усова 21/2	141	0,29	0,75	0,88	40,87	36,04	6642	12	79,70	0,70	55,79	96,66	36,04	103,16
Общежитие гостиничного типа №15 по ул. А.Иванова,8	150	0,19	0,75	0,88	28,77	25,37	4548	12	54,58	0,70	38,20	66,97	25,37	71,62
Общежитие по ул. Усова, 15б	1500	0,20	0,75	0,88	303,68	267,82	12497	12	149,96	0,70	104,97	408,65	267,82	488,60
Общежитие ул. Вершинина, 31	101	0,24	0,75	0,88	23,76	20,96	4079	12	48,95	0,70	34,26	58,03	20,96	61,69
Общежитие ул. Вершинина, 33	98	0,26	0,75	0,88	25,34	22,35	4073	12	48,88	0,70	34,21	59,56	22,35	63,61
Общежитие ул. Вершинина, 37	108	0,40	0,75	0,88	43,60	38,45	6168	12	74,02	0,70	51,81	95,41	38,45	102,87
Общежитие ул. Вершинина, 39	110	0,15	0,75	0,88	15,96	14,08	6195	12	74,34	0,70	52,04	68,00	14,08	69,44
Общежитие ул. Вершинина, 39а	136	0,19	0,75	0,88	26,46	23,33	6047	12	72,56	0,70	50,79	77,25	23,33	80,70
Общежитие ул. Вершинина, 46	242	0,23	0,75	0,88	54,53	48,09	9515	12	114,18	0,70	79,93	134,45	48,09	142,79
Общежитие ул. Вершинина, 48	306	0,18	0,75	0,88	56,50	49,83	9599	12	115,19	0,70	80,63	137,14	49,83	145,91
Общежитие ул. Кирова, 2	88	0,38	0,75	0,88	33,88	29,88	5608	12	67,30	0,70	47,11	80,98	29,88	86,32
Общежитие ул. Кирова, 4	85	0,26	0,75	0,88	22,41	19,76	4918	12	59,02	0,70	41,31	63,72	19,76	66,72
Общежитие ул. Пирогова, 18	70	0,23	0,75	0,88	15,83	13,96	5412	12	64,94	0,70	45,46	61,29	13,96	62,86
Общежитие ул. Пирогова, 18а	76	0,18	0,75	0,88	13,61	12,00	3572	12	42,86	0,70	30,00	43,61	12,00	45,24

Общежитие ул. Усова, 13а	50	0,49	0,75	0,88	24,70	21,79	2840	12	34,08	0,70	23,86	48,56	21,79	53,22
Д/с 108	80	0,26	0,75	0,88	20,65	18,21	1102	12	13,22	0,70	9,26	29,91	18,21	35,02
Д/с 111	60	0,26	0,75	0,88	15,46	13,64	741	12	8,89	0,70	6,22	21,69	13,64	25,62
Бассейн	51	0,57	0,75	0,88	29,24	25,79	2700	10	27,00	0,70	18,90	48,14	25,79	54,61
Научный парк	132	0,76	0,75	0,88	99,72	87,95	2903	12	34,84	0,70	24,39	124,11	87,95	152,11
ИТОГО	8662				2812,04	2535,55	266780		3148,76		2204,13	5016,17	2535,55	5620,59

Про исходным данным трансформаторные подстанции, питающие объекты кампуса ТПУ, запитаны от ФП "Южная" 6 кВ.

На данный момент при проектировании сетей в районах нового жилищного строительства городов следует применять напряжение 10 кВ вне зависимости от напряжения существующих сетей. Что касается промышленных предприятий, то применение напряжения 6 кВ возможно и допустимо, однако выбор его в каждом конкретном случае должен подкрепляться соответствующим технико-экономическим обоснованием.

Для промышленных предприятий напряжение 6 кВ может оказаться целесообразным в двух случаях: при питании предприятия от ТЭЦ на генераторном напряжении 6 кВ и при значительной доле электродвигателей 6 кВ в суммарной нагрузке предприятия. Поскольку в первом случае выбирают не только напряжение распределительной сети, но и генераторное напряжение, технико-экономическое сравнение вариантов выбора напряжения производят с учетом затрат на электрическую часть собственных нужд ТЭЦ и на питающую и распределительную сеть всех промышленных предприятий, подключенных к ТЭЦ на генераторном напряжении. Во втором случае, когда внешнее электроснабжение промышленного предприятия выполняется на напряжении 35—330 кВ, ТЭР производят по приведенным затратам только на распределительную сеть данного предприятия независимо от преобладающего в энергосистеме или данном сетевом районе напряжения распределительных сетей. Выбор напряжения 6 или 10 кВ зависит от соотношения нагрузок 10; 6 и 0,4 кВ, причем критерием выбора являются технико-экономические показатели, в первую очередь, приведенные затраты, в которых учитываются как показатели сети, так и понизительных подстанций.

Преимущества напряжения 10 кВ перед напряжением 6 кВ: уменьшение сечений проводов и кабелей, а также относительных величин потерь напряжения и мощности в сетях; уменьшение токов нагрузки и токов короткого замыкания; упрощение решения вопросов увеличения мощности при расширении. Однако двигатели 10 кВ выпускаются в ограниченной

номенклатуре, двигатели с единичной мощностью 250—630 кВт на напряжение 10 кВ практически отсутствуют, стоимость двигателей 10 кВ выше, чем двигателей 6 кВ. В связи с этим высоковольтные сети напряжением 10 кВ следует предусматривать только для тех предприятий, где источник электроэнергии имеет напряжение 10 кВ и где отсутствуют или имеются в незначительном количестве высоковольтные двигатели. Если источник электроэнергии имеет напряжение 6 кВ и при выборе оборудования приходится в основном применять высоковольтные двигатели 6 кВ, то для высоковольтных сетей также применяется это напряжение. Практика проектирования показала, что применить для большинства НПЗ и НХЗ высоковольтные распределительные сети напряжением 10 кВ не удастся.

Трансформация напряжения распределительной сети 10 кВ в рабочее напряжение электродвигателей 6 кВ непосредственно на местах потребления, как правило, нерациональна, так как уступает по экономическим показателям схеме электроснабжения с независимым распределением по площадке напряжений 6 и 10 кВ, несмотря на увеличение в последнем случае расхода проводникового материала. При установке на ГПП промышленных предприятий или на подстанциях глубоких вводов (ПГВ) трансформаторов с двумя вторичными напряжениями (6 и 10 кВ) в сети возможна установка силовых трансформаторов 10/0,4 кВ и трансформаторов 10 и 6 кВ для питания преобразовательных и электротермических установок. Эти установки могут быть выбраны на напряжение 10 и 6 кВ, однако, поскольку мощности расщепленных вторичных обмоток трансформаторов ГПП (ПГВ) составляют лишь 50 % номинальной, а стоимость трансформаторов преобразовательных и электротермических установок при первичном напряжении 10 и 6 кВ одинакова, выбор этого напряжения определяется расчетной нагрузкой вторичных обмоток трансформаторов ГПП (ПГВ).

В ряде случаев при использовании в распределительной сети двух напряжений 10 и 6 кВ целесообразна установка трехобмоточных трансформаторов с обмоткой среднего напряжения 10 кВ и низшего

напряжения 6 кВ при мощности каждой из этих обмоток, равной 100 % мощности трансформатора. В этом случае допустимо любое соотношение нагрузок 6 и 10 кВ. Такие трансформаторы выпускают мощностью 25 000, 40 000, 63 000 и 80 000 кВ • А при напряжении 110 кВ. В основном же средняя обмотка в трансформаторах 110 и 150 кВ имеет напряжение 35 кВ; в трансформаторах 220 кВ имеется средняя обмотка также и на 110 кВ; 330 кВ — на 110, 150 и 220 кВ.

Схема распределительной сети для трехобмоточных трансформаторов с обмотками 10 и 6 кВ упрощается, так как все электродвигатели подключаются к обмоткам 6 кВ, а силовые трансформаторы, независимо от их назначения — к обмоткам 10 кВ.

Питание от ФП «Южная» находится в аренде от ЗАО «Горсети». Данные о нагрузке ФП «Южная» отсутствуют, поэтому спрогнозировать вероятность перехода на напряжение 10 кВ не представляется возможным. Принимаем напряжение $U = 6$ кВ.

Трансформатор ФП «Южная» также остается без изменений: ТДНС 25000-35/6

Суммарные расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 6-10 кВ ГПП, питающие объекты ТПУ, определяются из выражений:

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_p^H + \sum P_p^G) \cdot K_{p.m(a)} + P_{po} + \Delta P_T + \Delta P_L ;$$

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_p^H + \sum Q_p^G) \cdot K_{p.m(p)} + Q_{po} + \Delta Q_T ,$$

где K_{pm} - коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, принимаемый в пределах 0,9-0,95.

$K_{pm(a)} = 0,95$ — коэффициент разновременности максимумов нагрузок для активной мощности;

$K_{pm(p)} = 0,9$ — коэффициент разновременности максимумов нагрузок для реактивной мощности.

Приближенно потери мощности в них можно определить из выражений:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H ;$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H ;$$

$$\Delta P_L = 0,03 \cdot S_p^H .$$

Полная мощность, питающая кампус ТПУ, на шинах 6-10 кВ ГПП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} .$$

Определим потери при $S_p^H = 5606,74$ кВА:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 5620,59 = 112,41 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 5620,59 = 562,06 \text{ кВар};$$

$$\Delta P_L = 0,03 \cdot 5620,59 = 168,62 \text{ кВт};$$

Расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 6-10 кВ

$$P_{p\Sigma} = 2812,04 \cdot 0,95 + 2204,12 + 112,41 + 168,62 = 5156,598 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = 2535,55 \cdot 0,9 + 562,06 = 2544,055 \text{ кВар}$$

Полная мощность, питающая кампус ТПУ, на шинах 6-10 кВ ГПП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{(5156,598)^2 + (2544,055)^2} = 5888,901 \text{ кВА}$$

3.4 Распределение объектов кампуса ТПУ по трансформаторным подстанциям

Определяющими факторами при выборе числа и мощности трансформаторов ТП 10(6)/0,4 кВ являются критерии надежности, затраты на питающую сеть 0,4 кВ, потери мощности в этой сети и в трансформаторах, затраты на компенсацию реактивной мощности и строительную часть ТП. Для точного учета перечисленных факторов необходимо выполнять технико-экономические расчеты предполагаемых схем электроснабжения завода.

Количество цеховых ТП непосредственно влияет на затраты на распределительные устройства напряжением 10(6) кВ и внутризаводские и цеховые электрические сети. Так, при уменьшении числа ТП (т. е. при увеличении их единичной номинальной мощности) уменьшается число ячеек РУ, суммарная длина линий и потери электроэнергии и напряжения в сетях 10(6) кВ, но возрастает стоимость сетей напряжением 0,4 кВ и потери в них. Увеличение числа ТП, наоборот, снижает затраты на цеховые сети, но увеличивает число ячеек РУ 10(6) кВ и затраты на сети напряжением 10(6) кВ. При некотором количестве трансформаторов с номинальной мощностью

$S_{ном.т}$ можно добиться минимума приведенных затрат при обеспечении заданной степени надежности электроснабжения. Такой вариант будет являться оптимальным, и его следует рассматривать как окончательный.

Номинальные мощности трансформаторов ($S_{ном т}$) определяются плотностью нагрузки цехов и выбираются, как правило, одинаковыми для всей группы цехов, исходя из рациональной их загрузки в нормальном режиме и с учетом резервирования в послеаварийном режиме.

Полная нагрузка неизвестна. Рассчитаем минимально необходимую мощность трансформатора, которая необходима для питания кампуса ТПУ.

Мощность трансформаторов на определяется по формуле:

$$S_{н.тр} = \frac{S_{р.}}{2 \cdot \beta_m},$$

Где $s_{р.гпп}$ – полная расчетная мощность;

$\beta_m = 0,7$ – коэффициент загрузки трансформаторов ГПП.

2 – число трансформаторов, так как согласно нормам технологического проектирования для второй категории потребителей необходима установка двухтрансформаторных подстанций [2].

Таблица 9 – Распределение корпусов ТПУ по трансформаторным подстанциям

ТП	Наименование	Pp+Ppo	Qp	Σ P	Sномтр мин
ТП 671-2	бизнес-инкубатор	34,25	10,22	356,10	254,36
	корпус 6	20,11	8,89		
	корпус 7	32,03	14,95		
	корпус 8	269,71	152,25		
ТП671-5	корпус 9	82,15	17,82	82,15	58,68
ТП671-7	корпус 1	69,24	29,21	792,30	565,93
	корпус 2	324,93	178,29		
	корпус 3	81,31	30,86		
	корпус 19	316,83	140,69		
ТП671-8	корпус 10	309,83	139,95	616,69	440,49
	корпус 15	29,83	10,07		
	корпус 18	277,03	145,54		
ТП671-27	главный корпус	116,30	19,82	314,90	224,93
	5 корпус	33,45	18,07		

	корпус 4	149,44	72,81		
	корпус 12	15,71	3,38		
ТП671-52	корпус 16 а	138,69	73,98	248,76	177,69
	корпус 16 б	45,40	4,16		
	корпус 16 в	31,39	16,22		
	Спорткорпус	33,28	7,49		
ТП671-54	общежитие ул. Вершинина 46	142,79	48,09	288,70	206,22
	общежитие ул. Вершинина 48	145,91	49,83		
ТП671-40	общежитие ул. Пирогова 18	62,86	13,96	441,17	315,12
	общежитие ул. Вершинина 31	61,69	20,96		
	общежитие ул. Вершинина 33	63,61	22,35		
	общежитие ул. Вершинина 37	102,87	38,45		
	общежитие ул. Вершинина 39	69,44	14,08		
	общежитие ул. Вершинина 39а	80,70	23,33		
ТП6712	общежитие ул. Усова 13а	53,22	21,79	182,27	130,19
	общежитие ул. Пирогова 18а	45,24	12,00		
	МКЦ	36,84	6,49		
	Профилактория	46,97	20,17		
ТП671-22	общежитие ул. Кирова 2	86,32	29,88	153,03	109,31
	общежитие ул. Кирова 4	66,72	19,76		
ТП671-29	общежитие ул. Карпова 1 (А.Иванова)	71,62	25,37	71,62	51,15
ТП671-36 ТП671-50	Д/с 108	35,02	18,21	35,02	25,01
ТП671-40	Д/с 111	25,62	13,64	25,62	18,30
ТП-671-55	Спорткомплекс	21,38	8,55	21,38	15,27
ТП-671-61	НТБ	167,87	40,91	277,95	198,54
	Корпус 21	30,54	16,54		
	киберцентр	79,54	36,35		
ТП-604-97	Общежитие Усова 21/2	103,16	36,04	103,16	73,69
ПС"Южная" ТП-671-82	Корпус 11 а-г	282,29	167,12	1171,80	837,00
	Бассейн	54,61	25,79		
	Научный парк	152,11	87,95		
	20 корпус	446,51	252,19		
	Корпус 11	236,29	103,26		
ТП 671-91	общежитие ул. Усова 15б	488,60	267,82	488,60	349,00

Известно, что ТП 671-2 питает дополнительно только двухэтажный деревянный жилой дом. Нагрузки остальных ТП неизвестны.

Трансформатор ТМ-400/6 полностью покрывает необходимую нагрузку ТП 671-2.

Параметры выбранного трансформатора сводим в таблицу 10.

Таблица 10- Параметры трансформатора ТП 671-2

Тип трансформатора	S _{ном} , кВА	U _{ном} обмоток, кВ		U _к , %	P _{кз} , кВт	P _{хх} , кВт	I _х , %
		ВН	НН				
ТМ-400/6	400	6	0,4	4,5	5,9	0,83	1,8

Нагрузки ТП точно неизвестны, так как помимо объектов кампуса ТПУ запитаны жилые дома, гаражи и другие объекты инфраструктуры города.

Если предположить, что кампус ТПУ изолирован, и только эти объекты запитаны от трансформаторных подстанций, то распределение и номинал трансформаторов может быть рассчитано следующим образом.

Ориентировочно выбор номинальной мощности цеховых трансформаторов производится по удельной плотности нагрузки σ ;

Удельная плотность нагрузки для объектов кампуса ТПУ:

$$\sigma = \frac{S_p}{F_{ц}} = \frac{5620,59}{266780} = 0,02 \text{ кВА} / \text{м}^2,$$

Где S_p - суммарная мощность предприятия

$F_{ц}$ - суммарная площадь цехов

Для данной плотности нагрузки рекомендуется использовать трансформаторы мощностью 630 кВА. Для лучшего распределения энергии и сокращения количества низковольтных линий выбираем трансформаторы 4-х номиналов: 250, 400, 630 и 1000 кВА. При этом придерживаемся коэффициента загрузки $\beta = 0,7$.

При установке группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы.

Минимальное число трансформаторов цеховых ТП определяется по формуле:

$$N_{\min} = \frac{\Sigma(P_p'' + P_{po})}{\beta_T S_{нтр}};$$

где β_m – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме;

$S_{н.тр}$ – номинальная мощность одного трансформатора, кВА;

$\sum P_p$ – суммарная расчетная активная нагрузка с учетом освещения, подведенная к трансформаторам в сети ниже 1 кВ.

Таблица 9 – Расчетные нагрузки по объектам кампуса ТПУ

ТП	Наименование	Pp+Ppo	$\sum P$	Sном тр
ТП 671-2	бизнес-инкубатор	32,69	301,69	400
	корпус 6	18,04		
	корпус 7	28,33		
	корпус 8	222,63		
ТП671-7	корпус 1	62,77	693,52	630
	корпус 2	271,64		
	корпус 3	75,23		
	корпус 19	283,88		
ТП671-8	корпус 10	276,42	908,68	1000
	20 корпус	368,46		
	корпус 15	28,07		
	корпус 18	235,72		
ТП671-27	главный корпус	114,60	288,59	400
	5 корпус	28,14		
	корпус 4	130,50		
	корпус 12	15,34		
ТП671-52	корпус 16 а	117,32	398,90	400
	корпус 16 б	45,21		
	корпус 16 в	26,87		
	Д/с 108	29,91		
	общежитие ул. Карпова1 (А.Иванова)	66,97		
	корпус 9	80,19		
	Спорткорпус	32,43		
ТП671-54	общежитие ул. Вершинина 46	134,45	533,94	630
	общежитие ул. Вершинина 48	137,14		
	Д/с 111	21,69		
	общежитие ул. Вершинина 37	95,41		
	общежитие ул. Вершинина 39	68,00		
	общежитие ул. Вершинина 39а	77,25		
ТП671-12	общежитие ул. Усова13а	48,56	127,24	250
	МКЦ	36,26		
	Профилакторий	42,42		
ТП671-22	общежитие ул. Кирова 2	80,98	144,70	250
	общежитие ул. Кирова 4	63,72		

ТП671-29	общежитие ул. Вершинина 31	58,03	631,14	630
	общежитие ул. Пирогова 18а	43,61		
	общежитие ул. Вершинина 33	59,56		
	общежитие ул. Пирогова 18	61,29		
	общежитие ул. Усова 15б	408,65		
ТП-671-55	Спорткомплекс	19,60	19,60	250
ТП-671-61	НТБ	162,81	259,23	250
	Корпус 21	25,67		
	киберцентр	70,74		
ТП-604-97	Общежитие Усова 21/2	96,66	96,66	250
ТП-671-82	Корпус 11 а-г	227,50	612,28	630
	Бассейн	48,14		
	Научный парк	124,11		
	Корпус 11	212,54		

Определяем минимальное возможное число трансформаторов мощностью 1000 кВА:

$$N_{\min}^{1000} = \frac{\Sigma P_{\text{расч.и}}}{\beta_T \cdot S_{\text{н.мп}}} = \frac{908,68}{0,7 \cdot 1000} = 1,3$$

Полученную расчетную величину округляем до ближайшего большего целого значения $N_{\min} = 2$.

Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор:

$$P' = \frac{\Sigma P_p^{HH}}{N_{\min}} = \frac{908,68}{2} = 545,37 \text{ кВт.}$$

Аналогично определяем минимальное возможное число трансформаторов мощностью 630 кВА.

$$N_{\min}^{630} = \frac{\Sigma P_{\text{расч.и}}}{\beta_T \cdot S_{\text{н.мп}}} = \frac{2470,88}{0,7 \cdot 630} = 5,6$$

Полученную расчетную величину округляем до ближайшего большего целого значения $N_{\min} = 6$

Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор:

$$P' = \frac{\Sigma P_p^{HH}}{N_{\min}} = \frac{2470,88}{6} = 411,81 \text{ кВт.}$$

Минимальное возможное число трансформаторов мощностью 400 кВА.

$$N_{\min}^{400} = \frac{\Sigma P_{\text{расч.нi}}}{\beta_T \cdot S_{\text{н.тр}}} = \frac{989,17}{0,7 \cdot 400} = 3,53$$

Полученную расчетную величину округляем до ближайшего большего целого значения $N_{\min} = 4$

Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор:

$$P' = \frac{\Sigma P_p^{HH}}{N_{\min}} = \frac{989,17}{4} = 247,29 \text{ кВт.}$$

Минимальное возможное число трансформаторов мощностью 250 кВА.

$$N_{\min}^{250} = \frac{\Sigma P_{\text{расч.нi}}}{\beta_T \cdot S_{\text{н.тр}}} = \frac{647,44}{0,7 \cdot 250} = 3,7$$

Полученную расчетную величину округляем до ближайшего большего целого значения $N_{\min} = 4$

Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор:

$$P' = \frac{\Sigma P_p^{HH}}{N_{\min}} = \frac{647,44}{4} = 161,86 \text{ кВт.}$$

Таблица 10 – Расчётное число трансформаторов в объекте кампуса ТПУ

ТП	Наименование	Рр+Рро	Ni
ТП 671-2	бизнес-инкубатор	32,69	0,13
	корпус 6	18,04	0,07
	корпус 7	28,33	0,11
	корпус 8	222,63	0,90
ТП671-7	корпус 1	62,77	0,15
	корпус 2	271,64	0,66
	корпус 3	75,23	0,18
	корпус 19	283,88	0,69
ТП671-8	корпус 10	276,42	0,28
	20 корпус	368,46	0,37
	корпус 15	28,07	0,03
	корпус 18	235,72	0,24
ТП671-27	главный корпус	114,60	0,46
	5 корпус	28,14	0,11
	корпус 4	130,50	0,53
	корпус 12	15,34	0,06
	корпус 16 а	117,32	0,47

ТП671-52	корпус 16 б	45,21	0,18
	корпус 16 в	26,87	0,11
	Д/с 108	29,91	0,12
	общежитие ул. Карпова1 (А.Иванова)	66,97	0,27
	корпус 9	80,19	0,32
	Спорткорпус	32,43	0,13
ТП671-54	общежитие ул. Вершинина 46	134,45	0,33
	общежитие ул. Вершинина 48	137,14	0,33
	Д/с 111	21,69	0,05
	общежитие ул. Вершинина 37	95,41	0,23
	общежитие ул. Вершинина 39	68,00	0,17
	общежитие ул. Вершинина 39а	77,25	0,19
ТП671-12	общежитие ул. Усова13а	48,56	0,30
	МКЦ	36,26	0,22
	Профилакторий	42,42	0,26
ТП671-22	общежитие ул. Кирова 2	80,98	0,50
	общежитие ул. Кирова 4	63,72	0,39
ТП671-29	общежитие ул. Вершинина 31	58,03	0,14
	общежитие ул. Пирогова 18а	43,61	0,11
	общежитие ул. Вершинина 33	59,56	0,14
	общежитие ул. Пирогова 18	61,29	0,15
	общежитие ул. Усова 15б	408,65	0,99
ТП-671-55	Спорткомплекс	19,60	0,12
ТП-671-61	НТБ	162,81	1,01
	Корпус 21	25,67	0,16
	киберцентр	70,74	0,44
ТП-604-97	Общежитие Усова 21/2	96,66	0,60
ТП-671-82	Корпус 11 а-г	227,50	0,55
	Бассейн	48,14	0,12
	Научный парк	124,11	0,30
	Корпус 11	212,54	0,52

Для систематизации расчёта представим полученное число трансформаторов, устанавливаемое в каждом объекте в виде таблицы, представленной ниже.

Таблица 11 – Распределение трансформаторов по корпусам кампуса ТПУ

ТП	Наименование	Количество и мощность трансформаторов
ТП 671-2	бизнес-инкубатор	2х400 кВА
	корпус 6	
	корпус 7	
	корпус 8	
ТП671-7	корпус 1	2х630 кВА
	корпус 2	
	корпус 3	
	корпус 19	
ТП671-8	корпус 10	2х1000 кВА
	20 корпус	
	корпус 15	
	корпус 18	
ТП671-27	главный корпус	2х400 кВА
	5 корпус	
	корпус 4	
	корпус 12	
ТП671-52	корпус 16 а	2х400 кВА
	корпус 16 б	
	корпус 16 в	
	Д/с 108	
	общежитие ул. Карпова1 (А.Иванова)	
	корпус 9	
	Спорткорпус	
ТП671-54	общежитие ул. Вершинина 46	2х630 кВА
	общежитие ул. Вершинина 48	
	Д/с 111	
	общежитие ул. Вершинина 37	
	общежитие ул. Вершинина 39	
	общежитие ул. Вершинина 39а	
ТП671-12	общежитие ул. Усова13а	2х250 кВА
	МКЦ	
	Профилакторий	
ТП671-22	общежитие ул. Кирова 2	2х250 кВА
	общежитие ул. Кирова 4	
ТП671-29	общежитие ул. Вершинина 31	2х630 кВА
	общежитие ул. Пирогова 18а	
	общежитие ул. Вершинина 33	
	общежитие ул. Пирогова 18	
	общежитие ул. Усова 15б	

ТП-671-55	Спорткомплекс	1х250 кВА
ТП-671-61	НТБ	2х250 кВА
	Корпус 21	
	киберцентр	
ТП-604-97	Общежитие Усова 21/2	1х250 кВА
ТП-671-82	Корпус 11 а-г	2х630 кВА
	Бассейн	
	Научный парк	
	Корпус 11	

В цехах устанавливаем трансформаторы марки ТМ. Нагрузки близлежащих цехов объединяем, трансформаторы запитываются по радиальной схеме.

Параметры выбранных трансформаторов цеховых ТП сводим в таблицу 12.

Таблица 12 - Параметры трансформаторов цеховых ТП

Тип трансформатора	S _{ном} , кВА	U _{ном} обмоток, кВ		U _к , %	P _{кз} , кВт	P _{хх} , кВт	I _х , %
		ВН	НН				
ТМ-250/6	250	6	0,4	4,5	3,7	0,58	1,9
ТМ-400/6	400	6	0,4	4,5	5,9	0,83	1,8
ТМ-630/6	630	6	0,4	5,5	7,6	1,05	1,6
ТМ-1000/6	1000	6	0,4	5,5	12,2	1,9	1,7

По полученной таблице расстановки трансформаторов расставим на генплане кампуса выбранное количество трансформаторов и изобразим необходимые для нормального электроснабжения сети.

Целесообразно приближать цеховые трансформаторы, к которым подключено несколько цехов, к цеху, имеющему наибольшую мощность. Так как нет информации о коммуникациях, которые будут смонтированы на территории, поэтому будем проводить линии передачи электроэнергии по наименьшей длине. Полученный вариант представим на рисунках.

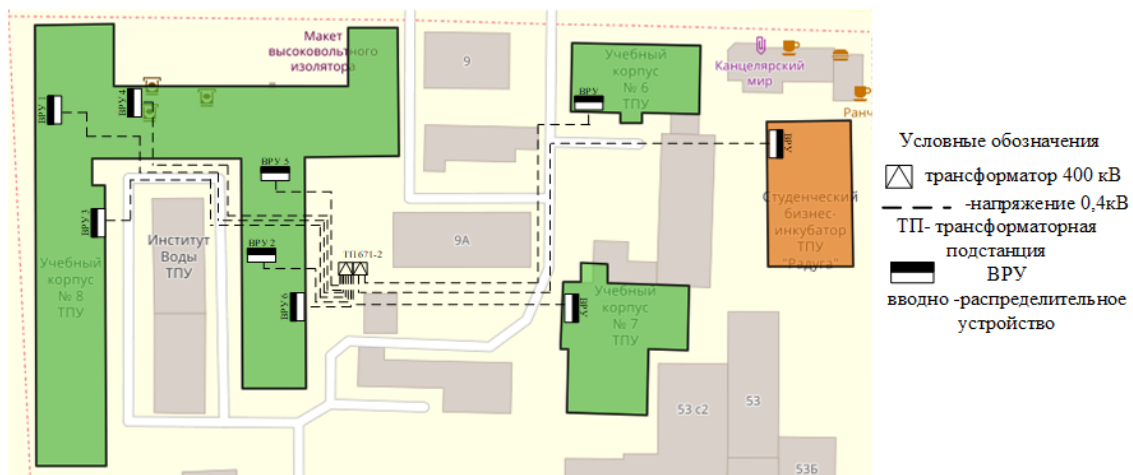


Рисунок 16 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-2



Рисунок 17 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-7

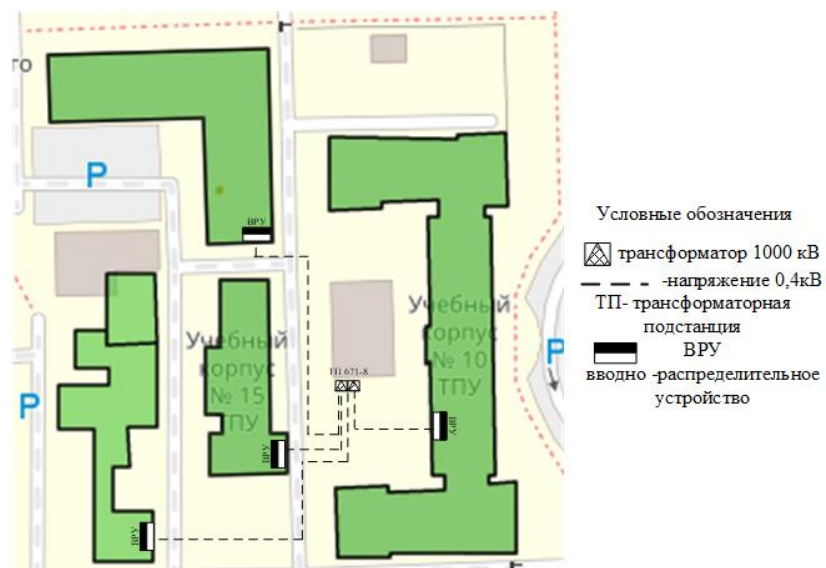


Рисунок 18 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-8

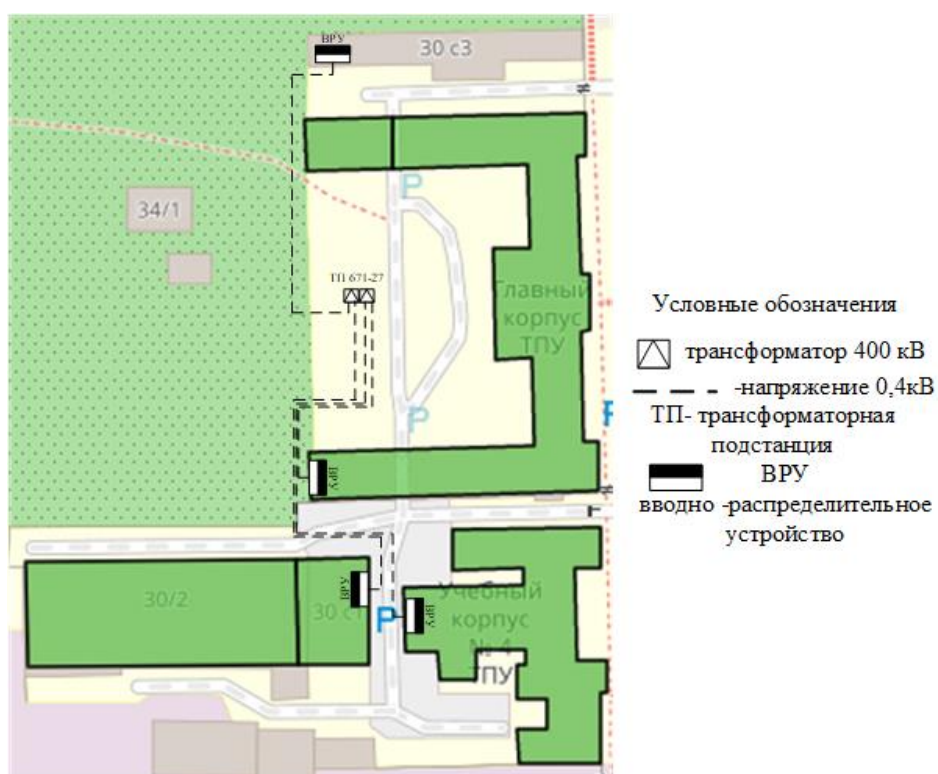


Рисунок 19 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-27

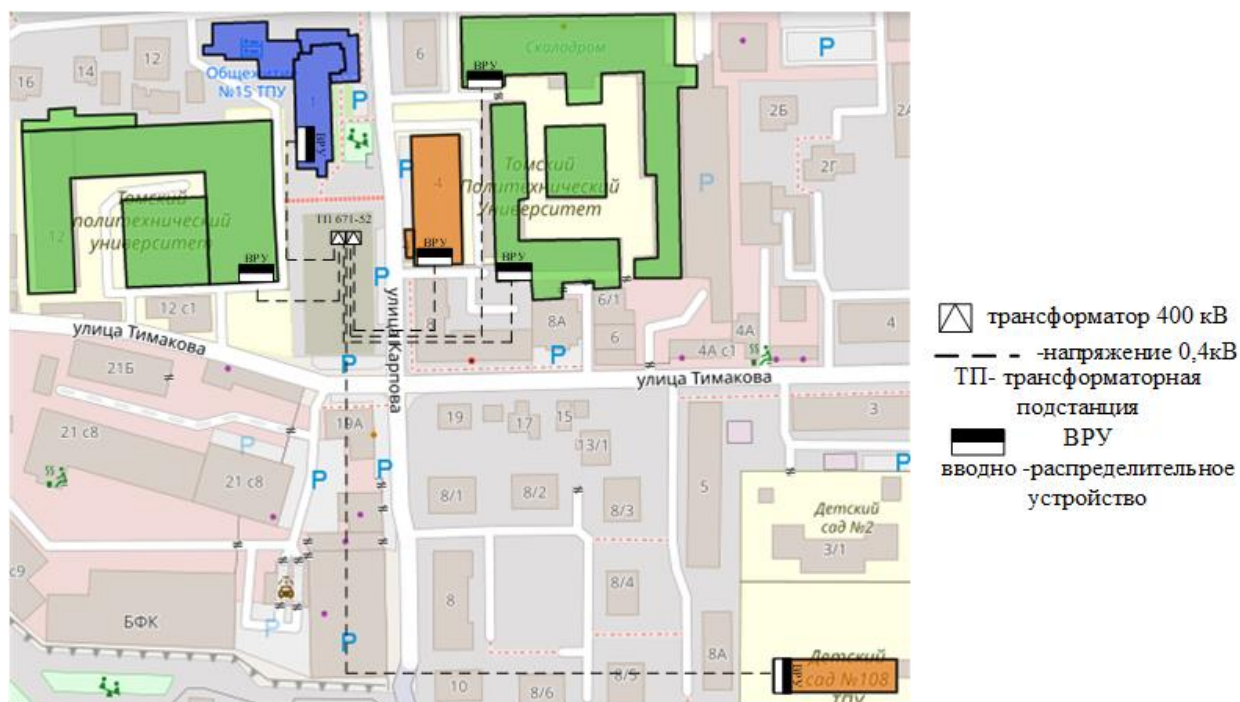


Рисунок 20 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-52

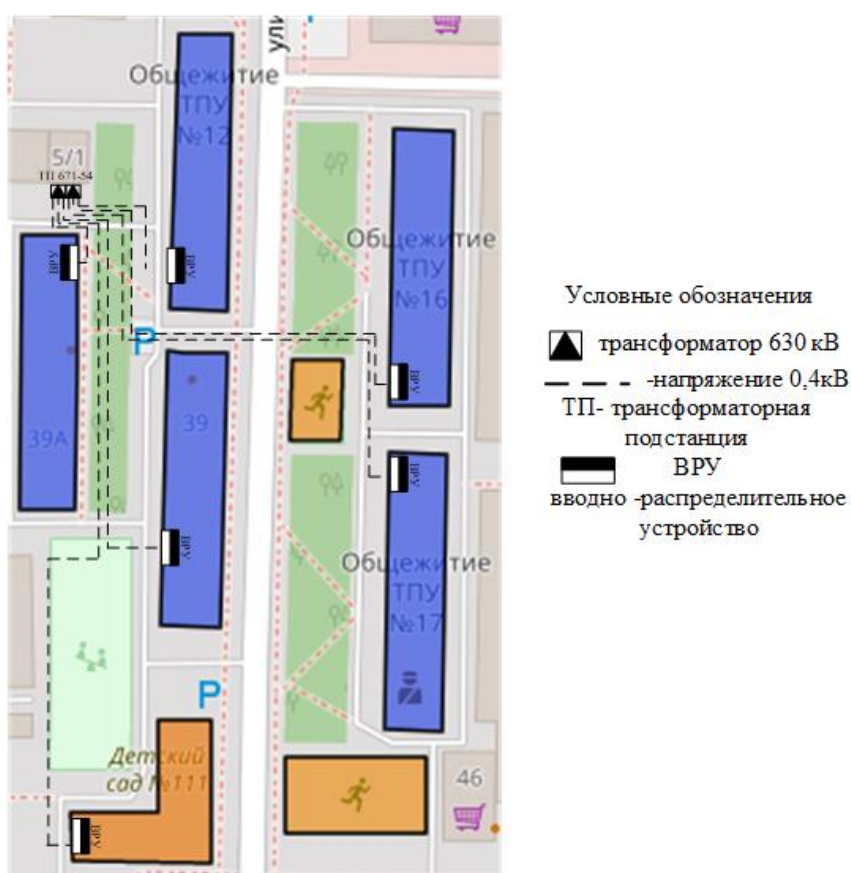


Рисунок 21 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-54



Рисунок 22 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-12

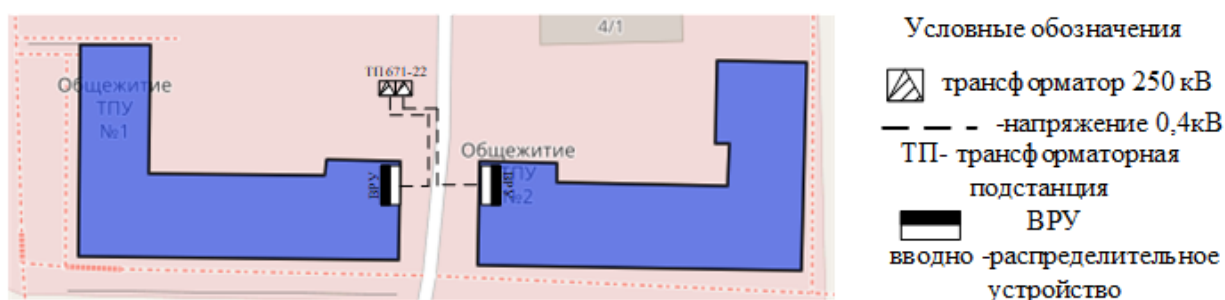


Рисунок 23 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-22



Рисунок 24 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-29



Рисунок 25 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-55



Рисунок 26 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-61



Рисунок 27 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-604-97



Рисунок 28 – Вариант расстановки трансформаторов ТП-671-82

3.5 Выбор сечений питающей сети 8 корпуса

Выбор сечений проводников питающей сети корпуса будем производить из условий допустимой нагрузки и допустимой потери напряжения.

Выбор сечения проводника по условию допустимого нагрева при длительном протекании расчетного тока нагрузки I_m определяется из условия

$$I_{доп} \geq \frac{I_p}{k_{прокл}}$$

Сечение проводника должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию

$$I_{доп} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{прокл}},$$

где $k_{прокл}$ - поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей;

k_z - коэффициент защиты или кратность защиты;

I_z - номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата, А.

Проверка выбранного сечения проводника по допустимой потери напряжения выполняется из условия

$$\Delta U_{p\%} = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{10 \cdot U_H^2}.$$

Таблица 11 – Результаты выбора КЛ ТП-РУ

Номер линии	Назначение линии	Расчетная нагрузка на один кабель		длина линии	Допустимая нагрузка на один кабель			Проверка по нагреву		Марка и сечение кабеля, выбранного по условию допустимого нагрева S, мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	R, Ом	X, Ом	P	Q	потери в линии
		Норм режим I _p , А	I _{пав}		Норм режим I _{доп} , А	N _{кб} *I _{доп}	I _{пав}	норм режим	пав								
КЛ-1	ТП 671-2-ВРУ1	43,92	87,83	0,15	120	240	312	48,80	95,47	АВВГ (4х50)	0,625	0,06	0,094	0,0090	40,84	45,11	2,65
КЛ-2	ТП 671-2-ВРУ2	71,57	143,14	0,06	155	310	403	79,52	155,58	АВВГ (4х70)	0,447	0,06	0,027	0,0036	65,91	74,10	1,27
КЛ-3	ТП 671-2-ВРУ3	11,74	23,48	0,05	46	92	119,6	13,04	25,52	АВВГ (4х10)	3,12	0,06	0,156	0,0030	10,94	12,04	1,09
КЛ-4	ТП 671-2-ВРУ4	57,04	114,08	0,08	120	240	312	63,38	124,00	АВВГ (4х50)	0,625	0,06	0,050	0,0048	53,17	58,48	1,84
КЛ-5	ТП 671-2-ВРУ5	6,09	12,17	0,08	46	92	119,6	6,76	13,23	АВВГ (4х10)	3,12	0,06	0,250	0,0048	5,67	6,24	0,90
КЛ-6	ТП 671-2-ВРУ6	15,35	30,70	0,035	60	120	156	17,05	33,36	АВВГ (4х16)	1,95	0,06	0,068	0,0021	14,54	15,52	0,64

3.6 Электроснабжение 8 корпуса ТПУ

Электроснабжение корпуса выполняется в следующей последовательности:

1. Приёмники корпуса распределяются по пунктам питания (силовым распределительным шкафам), выбирается схема и способ прокладки питающей сети корпуса (от ТП до пунктов питания). Принятая схема (радиальная) питающей сети должна обеспечивать требуемую надёжность питания приёмников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приёмников. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учётом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов аналогично.

2. Определяются расчётные электрические нагрузки по пунктам питания корпуса.

3. Производится выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения.

4. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления корпуса.

5. Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприёмника) строится карта селективности действия аппаратов защиты.

6. Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее мощного электроприёмника для режимов максимальной, минимальной и послеаварийной нагрузок.

7. Производится расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприёмника корпуса.

Принимая во внимание среду корпуса, категорию надежности, экономичность схемы электроснабжения, а также перспективы её развития выбираем радиальную схему электроснабжения корпуса. Схема электроснабжения 1 этажа приведена на рисунке 29. Схема электроснабжения других этажей аналогична

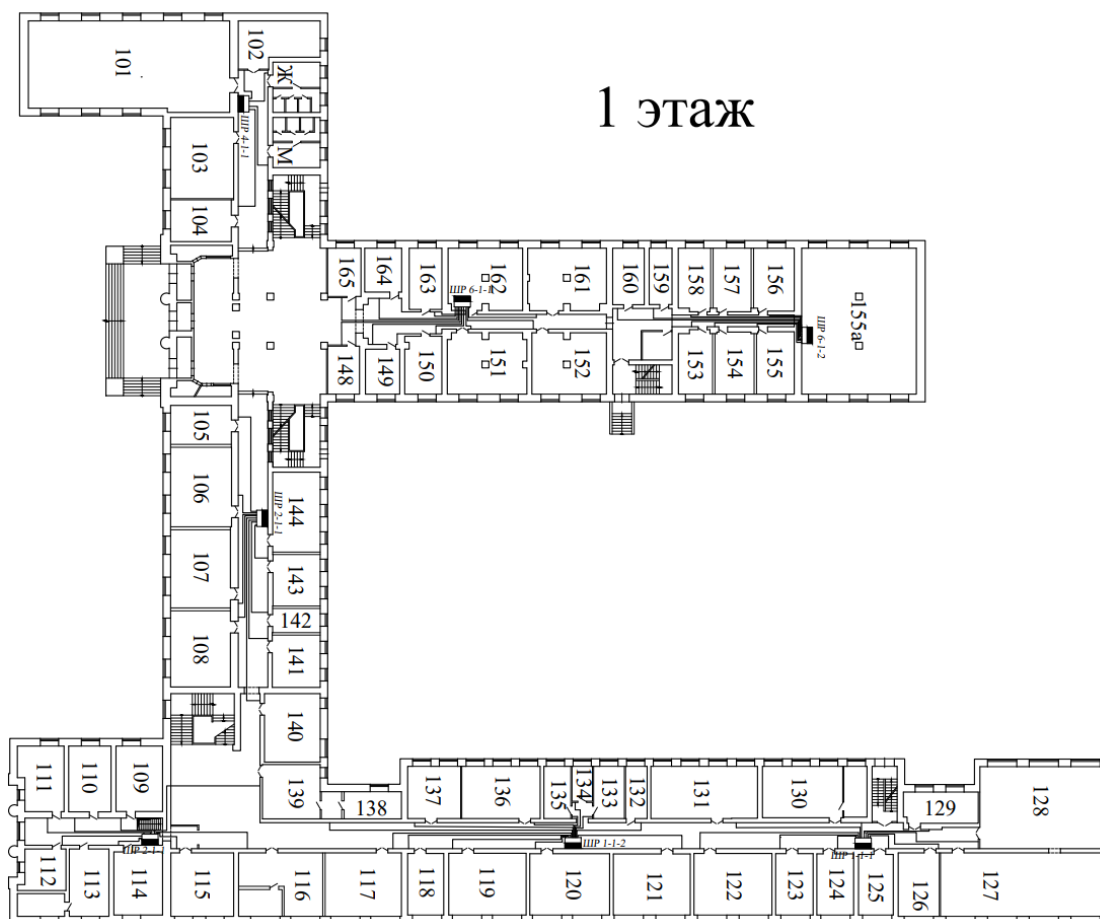


Рисунок 29 – Схема электроснабжения внутри корпуса на первом этаже

На рисунке 30 представлена расстановка ВРУ на цокольном и 3 этажах

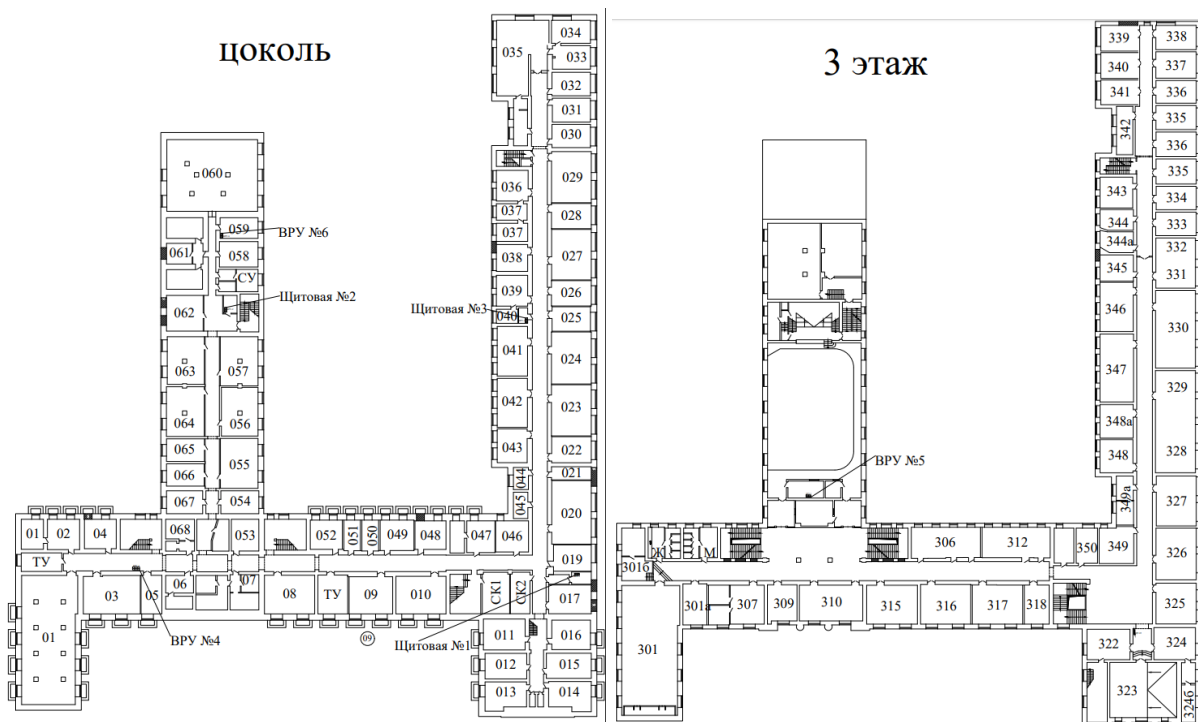


Рисунок 30 – Расстановка ВРУ на цокольном и 3 этажах

Однолинейная схема электроснабжения в приложении А

3.6.1 Выбор сечений проводников и защитной аппаратуры напряжением до 1 кВ

В цеховых сетях могут возникать следующие ненормальные по току режимы работы:

- увеличение тока вследствие перегрузки;
- увеличение тока в момент пуска или самозапуска двигателей;
- увеличение тока вследствие КЗ.

Защита производится автоматическими выключателями

Выбор аппаратов защиты цеховой сети:

Условия выбора автоматических выключателей:

- Выбор номинального тока автомата

$$I_{ном. АВ} \geq K_{зап} \cdot I_{длит};$$

- Выбор номинального тока теплового расцепителя автомата

$$I_{ном. тепл} \geq K_{зап} \cdot I_{длит};$$

- Проверка по току срабатывания (уставки) электромагнитного расцепителя

- для группы ЭП: $I_{ном.Э.О} \geq 1,25 \cdot I_{пик}$;

- для отдельного ЭП: $I_{ном.Э.О} \geq 1,5 \cdot I_{пуск}$;

где $I_{ном.АВ}$ – номинальный ток АВ;

$I_{ном.тепл}$ – номинальный ток теплового расцепителя;

$I_{ном.э.о.}$ – ток срабатывания (ток уставки) электромагнитного расцепителя;

$I_{длит}$ – длительный максимальный рабочий ток линии (расчетный – для группы ЭП, и номинальный для отдельного ЭП);

$I_{пик}$ – пиковый ток группы ЭП;

$I_{пуск}$ – пусковой ток ЭП.

$K_{зан}$ – коэффициент запаса, принимаемый по [3]

Для комбинированных расцепителей:

одионочные ЭП $K_{зан}=1,15$; группа ЭП $K_{зан}=1,1$.

Ток уставки электромагнитного расцепителя определяется по выражению:

$$I_{ном.Э.О} = I_{ном.тепл} \cdot K_{КЗ};$$

где $K_{КЗ}$ – уставка срабатывания в зоне КЗ (выбирается по справочным данным выключателя).

Пиковый ток группы электроприемников:

$$I_{пик} = I_{пуск.мах} + (I_{расч} - K_u \cdot I_{ном.мах});$$

где $I_{пуск.мах}$ – наибольший из пусковых токов двигателей в группе по паспортным данным;

$I_{ном.мах}$ – номинальный (приведенный к ПВ = 100%) ток двигателя с наибольшим пусковым током;

K_u – коэффициент использования, характерный для двигателя, имеющего наибольший пусковой ток;

$I_{расч}$ – расчетный ток нагрузки всей группы электроприемников.

При числе двигателей в группе меньше 6 вместо расчетного тока группы используют сумму номинальных токов всех двигателей, и не учитывают коэффициент использования:

$$I_{пик} = I_{пуск.мах} + (\sum I_{ном} - I_{ном.мах});$$

Номинальный ток отдельных электроприемников:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \phi \cdot \eta},$$

где $\cos \phi = 0,8$ и $\eta = 0,8$ – для электроприемников с $P_{ном} \leq 10$ кВт;

$\cos \phi = 0,9$ и $\eta = 0,9$ – для электроприемников с $P_{ном} > 10$ кВт.

Пусковые токи электроприемников:

$$I_{пуск} = k \cdot I_{ном},$$

где $k = 5 \div 7$ – кратность пускового тока, принимается для всех электроприемников с асинхронным приводом.

Выбор автоматических выключателей для остальных электроприемников сведен в таблицу 12.

Таблица 12 – Выбор аппаратов защиты и сечений питающей сети цеха

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ				Выбор выключателей										Выбор кабеля			
По заданию технологов		по справочным данным		кпд	In	Iпуск	1,5*Iпуск	1,15*In	Тип АВ	Iном АВ	Iном.тепл	Kкз	Iномэо			Марка и сечение кабеля	Iдоп
Наименование характерных категорий электроприемников, подключаемых к узлу питания		Установленная мощность Pн,кВт	Коэффициенты реактивной мощности														
обозначение на плане	назначение																
ШР 1-1-1																	
аудитория 131	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	ВА13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 130	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	ВА13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 129	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	ВА13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 128	лаборатория	3,3	0,4	0,85	14,75	73,73	110,60	16,96	ВА13-29	63	20	6	120	14,75	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 127	учебная аудитория	2,4	0,7	0,70	7,44	37,21	55,81	8,56	ВА13-29	63	10	6	60	7,44	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 126	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	ВА13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 125	лаборатория	3,3	0,4	0,85	14,75	73,73	110,60	16,96	ВА13-29	63	20	6	120	14,75	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 124	лаборатория	3,3	0,4	0,85	14,75	73,73	110,60	16,96	ВА13-29	63	20	6	120	14,75	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 123	класс	2,76	0,7	0,70	8,56	42,79	64,18	9,84	ВА13-29	63	20	6	120	8,56	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 122	учебная аудитория	2,4	0,7	0,70	7,44	37,21	55,81	8,56	ВА13-29	63	10	6	60	7,44	10,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 1-1-2																	
аудитория 138	лаборатория	3,3	0,4	0,85	14,75	73,73	110,60	16,96	ВА13-29	63	20	6	120	14,75	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 137	мастерская	2,28	0,35	0,8	12,37	61,86	92,79	14,23	ВА13-29	63	20	6	120	12,37	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 136	преподавательская	2,88	0,7	0,70	8,93	44,65	66,98	10,27	ВА13-29	63	20	6	120	8,93	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 135	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	ВА13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 134	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	ВА13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27

аудитория 133	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 132	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 121	учебная аудитория	2,4	0,7	0,70	7,44	37,21	55,81	8,56	BA13-29	63	10	6	60	7,44	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 120	учебная аудитория	2,4	0,7	0,70	7,44	37,21	55,81	8,56	BA13-29	63	10	6	60	7,44	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 119	учебная аудитория	2,4	0,7	0,70	7,44	37,21	55,81	8,56	BA13-29	63	10	6	60	7,44	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 118	учебная аудитория	2,4	0,7	0,70	7,44	37,21	55,81	8,56	BA13-29	63	10	6	60	7,44	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 117	учебная аудитория	2,4	0,7	0,70	7,44	37,21	55,81	8,56	BA13-29	63	10	6	60	7,44	10,00	ААШВ (4х4)	27
III-P-1-3-1																	
аудитория 332	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 331	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 330	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 329	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 328	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 327	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 349а	лаборатория	3,3	0,4	0,85	14,75	73,73	110,60	16,96	BA13-29	63	20	6	120	14,75	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 348	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 348а	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 347	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 346	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 345	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
III-P-1-3-2																	
аудитория 344	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 344а	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 343	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 342	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 341	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 340	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 339	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 338	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 337	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27

аудитория 336	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 335	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 334	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 333	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	AAШВ (4x4)	27
ШП 1-2-1																	
аудитория 260	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 259	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 258	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 257	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 256	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 255	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 254	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 253	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 252	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
ШП 1-2-2																	
аудитория 263	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 262	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 261	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 251	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 250	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 249	учебная аудитория	2,4	0,7	0,70	7,44	37,21	55,81	8,56	BA13-29	63	10	6	60	7,44	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 248	учебная аудитория	2,4	0,7	0,70	7,44	37,21	55,81	8,56	BA13-29	63	10	6	60	7,44	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 246	учебная аудитория	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	AAШВ (4x4)	27
ШП-2-0-1																	
аудитория 08	лаборатория	24	0,45	0,85	95,33	476,66	714,98	109,63	BA57-35	250	160	6	960	95,33		AAШВ (4x95)	165
ТУ	теплоузел	2,7	0,8	0,95	5,40	26,99	40,48	6,21	BA13-29	63	10	6	60	5,40	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 09	лаборатория	6	0,45	0,85	23,83	119,16	178,75	27,41	BA13-29	63	40	6	240	23,83			
аудитория 052	лаборатория	2,7	0,4	0,85	12,07	60,33	90,49	13,88	BA13-29	63	20	6	120	12,07	20,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 051	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 050	венткамера	3,9	0,8	0,95	7,80	38,98	58,47	8,97	BA13-29	63	10	6	60	7,80	10,00	AAШВ (4x4)	27

ШП-2-0-2																	
СК1	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
СК2	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 011	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 012	лаборатория	1,8	0,4	0,85	8,04	40,22	60,33	9,25	BA13-29	63	20	6	120	8,04	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 013	лаборатория	1,8	0,4	0,85	8,04	40,22	60,33	9,25	BA13-29	63	20	6	120	8,04	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 014	лаборатория	1,8	0,4	0,85	8,04	40,22	60,33	9,25	BA13-29	63	20	6	120	8,04	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 015	лаборатория	1,8	0,4	0,85	8,04	40,22	60,33	9,25	BA13-29	63	20	6	120	8,04	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 016	лаборатория	1,8	0,4	0,85	8,04	40,22	60,33	9,25	BA13-29	63	20	6	120	8,04	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 017	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 019	лаборатория	1,9	0,4	0,85	8,49	42,45	63,68	9,76	BA13-29	63	20	6	120	8,49	10,00	ААШВ (4х4)	27
ШП-2-0-3																	
аудитория 049	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 048	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 047	мастерская	1,62	0,35	0,8	8,79	43,95	65,93	10,11	BA13-29	63	20	6	120	8,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 046	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 010	лаборатория	21	0,45	0,85	83,41	417,07	625,61	95,93	BA57-35	250	160	6	960	83,41			
ШП-2-1-1																	
аудитория 139	лаборатория	3,3	0,45	0,85	13,11	65,54	98,31	15,07	BA13-29	63	20	6	120	13,11	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 116	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 115	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 114	преподавательская	1,68	0,7	0,70	5,21	26,05	39,07	5,99	BA13-29	63	8	3	24	5,21	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 113	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 112	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 111	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 110	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 109	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
ШП-2-1-2																	
аудитория 108	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 107	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27

аудитория 106	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 105	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 144	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 143	преподавательская	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 142	кабинет	1,74	0,7	0,70	5,40	26,98	40,46	6,20	BA13-29	63	10	6	60	5,40	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 141	лаборатория	2,7	0,4	0,85	12,07	60,33	90,49	13,88	BA13-29	63	20	6	120	12,07	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 140	кафедра	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	8,00	ААШВ (4х4)	27
ШР-2-3-1																	
аудитория 326	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 325	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 324б	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 324	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 323	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 322	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 350	лаборатория	2,7	0,4	0,85	12,07	60,33	90,49	13,88	BA13-29	63	20	6	120	12,07	20,00	ААШВ (4х4)	27
ШР-2-3-2																	
аудитория 318	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 317	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 316	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 315	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 312	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 306	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 349	мастерская	1,86	0,35	0,8	10,09	50,46	75,70	11,61	BA13-29	63	20	6	120	10,09	20,00	ААШВ (4х4)	27
ШР-2-2-1																	
аудитория 264	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 245	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 244	преподавательская	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 243	зал проектирования	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 242	преподавательская	2,1	0,7	0,70	6,51	32,56	48,84	7,49	BA13-29	63	10	6	60	6,51	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 241	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27

аудитория 240	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 224б	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 224а	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
ШП-2-2-2																	
аудитория 224	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 223	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 221	приемная	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 220	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 218	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 217	преподавательская	1,5	0,7	0,70	4,65	23,26	34,88	5,35	BA13-29	63	10	6	60	4,65	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 216	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 214	кабинет	1,92	0,7	0,70	5,95	29,77	44,65	6,85	BA13-29	63	10	6	60	5,95	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 213	конференц-зал	1,5	0,7	0,70	4,65	23,26	34,88	5,35	BA13-29	63	10	6	60	4,65	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 211	лаборатория	2,52	0,4	0,85	11,26	56,31	84,46	12,95	BA13-29	63	20	6	120	11,26	20,00	ААШВ (4х4)	27
ШП-3-0-1																	
аудитория 039	мастерская	1,08	0,35	0,8	5,86	29,30	43,95	6,74	BA13-29	63	10	6	60	5,86	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 038	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 029	лаборатория	2,28	0,4	0,85	10,19	50,94	76,41	11,72	BA13-29	63	20	6	120	10,19	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 028	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 027	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 037	кабинет	1,08	0,7	0,70	3,35	16,74	25,12	3,85	BA13-29	63	10	6	60	3,35	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 037	кабинет	1,08	0,7	0,70	3,35	16,74	25,12	3,85	BA13-29	63	10	6	60	3,35	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 036	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
ШП-3-0-2																	
аудитория 035	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 034	кабинет	1,08	0,7	0,70	3,35	16,74	25,12	3,85	BA13-29	63	10	6	60	3,35	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 033	кабинет	1,08	0,7	0,70	3,35	16,74	25,12	3,85	BA13-29	63	10	6	60	3,35	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 032	лаборатория	1,68	0,4	0,85	7,51	37,54	56,31	8,63	BA13-29	63	10	6	60	7,51	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 031	лаборатория	1,68	0,4	0,85	7,51	37,54	56,31	8,63	BA13-29	63	10	6	60	7,51	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 030	лаборатория	1,68	0,4	0,85	7,51	37,54	56,31	8,63	BA13-29	63	10	6	60	7,51	20,00	ААШВ (4х4)	27

ИПР-3-0-3																	
аудитория 026	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 025	кабинет	1,08	0,7	0,70	3,35	16,74	25,12	3,85	BA13-29	63	10	6	60	3,35	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 045	склад	0,21	0,8	0,65	0,61	3,07	4,60	0,71	BA13-29	63	8	3	24	0,61	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 044	склад	0,21	0,8	0,65	0,61	3,07	4,60	0,71	BA13-29	63	8	3	24	0,61	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 043	мастерская	1,5	0,35	0,8	8,14	40,70	61,05	9,36	BA13-29	63	20	6	120	8,14	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 042	мастерская	1,5	0,35	0,8	8,14	40,70	61,05	9,36	BA13-29	63	20	6	120	8,14	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 041	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 040	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 024	лаборатория	1,68	0,4	0,85	7,51	37,54	56,31	8,63	BA13-29	63	10	6	60	7,51	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 023	лаборатория	1,68	0,4	0,85	7,51	37,54	56,31	8,63	BA13-29	63	10	6	60	7,51	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 022	лаборатория	2,1	0,4	0,85	9,38	46,92	70,38	10,79	BA13-29	63	20	6	120	9,38	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 021	подсобное	0,06	0,4	0,65	0,35	1,75	2,63	0,40	BA13-29	63	8	3	24	0,35	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 020	лаборатория	2,28	0,4	0,85	10,19	50,94	76,41	11,72	BA13-29	63	20	6	120	10,19	20,00	ААШВ (4х4)	27
ИПР 4-0-1																	
аудитория 01	кабинет	3,23	0,7	0,70	10,02	50,08	75,11	11,52	BA13-29	63	20	6	120	10,02	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 01	подсобное	0,255	0,4	0,65	1,49	7,45	11,18	1,71	BA13-29	63	8	3	24	1,49	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 02	мастерская	3,825	0,35	0,8	20,76	103,78	155,66	23,87	BA13-29	63	40	6	240	20,76	40,00	ААШВ (4х10)	45
аудитория 03	склад	0,357	0,8	0,65	1,04	5,22	7,82	1,20	BA13-29	63	8	3	24	1,04	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 04	склад	0,357	0,8	0,65	1,04	5,22	7,82	1,20	BA13-29	63	8	3	24	1,04	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 05	лаборатория	40	0,45	0,85	158,89	794,43	1191,64	182,72	BA57-35	250	160	8	1280	158,89	160	ААШВ (4х95)	165
аудитория 06	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
ТУ	склад	0,357	0,8	0,65	1,04	5,22	7,82	1,20	BA13-29	63	8	3	24	1,04	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 07	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	ААШВ (4х4)	27
ИПР 4-1-1																	
Ж	санузел 1эт	1,445	0,35	0,65	9,65	48,25	72,38	11,10	BA13-29	63	20	6	120	9,65	20,00	ААШВ (4х4)	27
М	санузел 1эт	0,34	0,35	0,65	2,27	11,35	17,03	2,61	BA13-29	63	8	3	24	2,27	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 101	учебная аудитория	1,275	0,7	0,70	3,95	19,77	29,65	4,55	BA13-29	63	10	6	60	3,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 102	склад	0,357	0,8	0,65	1,04	5,22	7,82	1,20	BA13-29	63	8	3	24	1,04	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 103	кабинет	2,38	0,7	0,70	7,38	36,90	55,35	8,49	BA13-29	63	10	6	60	7,38	10,00	ААШВ (4х4)	27

аудитория 104	кабинет	2,38	0,7	0,70	7,38	36,90	55,35	8,49	BA13-29	63	10	6	60	7,38	10,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 4-2-1																	
Ж	санузел 2эт	0,34	0,35	0,65	2,27	11,35	17,03	2,61	BA13-29	63	8	3	24	2,27	8,00	ААШВ (4х4)	27
М	санузел 2эт	0,34	0,35	0,65	2,27	11,35	17,03	2,61	BA13-29	63	8	3	24	2,27	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 201	учебная аудитория	1,275	0,7	0,70	3,95	19,77	29,65	4,55	BA13-29	63	10	6	60	3,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 201 а	учебная аудитория	1,275	0,7	0,70	3,95	19,77	29,65	4,55	BA13-29	63	10	6	60	3,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 201 в	кабинет	2,72	0,7	0,70	8,43	42,17	63,25	9,70	BA13-29	63	20	6	120	8,43	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 203	учебная аудитория	1,275	0,7	0,70	3,95	19,77	29,65	4,55	BA13-29	63	10	6	60	3,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 205	учебная аудитория	1,275	0,7	0,70	3,95	19,77	29,65	4,55	BA13-29	63	10	6	60	3,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 207	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 209	кабинет	1,5	0,7	0,70	4,65	23,26	34,88	5,35	BA13-29	63	10	6	60	4,65	8,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 4-3-1																	
аудитория 301	учебная аудитория	1,275	0,7	0,70	3,95	19,77	29,65	4,55	BA13-29	63	10	6	60	3,95	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 301а	кабинет	2,38	0,7	0,70	7,38	36,90	55,35	8,49	BA13-29	63	10	6	60	7,38	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 301б	кабинет	2,38	0,7	0,70	7,38	36,90	55,35	8,49	BA13-29	63	10	6	60	7,38	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 307	преподавательская	4,08	0,7	0,70	12,65	63,25	94,88	14,55	BA13-29	63	20	6	120	12,65	20,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 309	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 310	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
Ж	санузел 3эт	0,34	0,35	0,65	2,27	11,35	17,03	2,61	BA13-29	63	8	3	24	2,27	8,00	ААШВ (4х4)	27
М	санузел 3эт	0,34	0,35	0,65	2,27	11,35	17,03	2,61	BA13-29	63	8	3	24	2,27	8,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 5-3-1																	
аудитория 303	танц зал	1,36	0,45	0,7	6,56	32,80	49,20	7,54	BA13-29	63	10	6	60	6,56	10,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 5-3-2																	
аудитория 303б	кабинет	1,76	0,7	0,70	5,46	27,29	40,93	6,28	BA13-29	63	10	6	60	5,46	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 319	лаборатория	1,76	0,4	0,85	7,86	39,32	58,99	9,04	BA13-29	63	10	6	60	7,86	10,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 320	кабинет	1,2	0,7	0,70	3,72	18,60	27,91	4,28	BA13-29	63	10	6	60	3,72	8,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 5-3-3																	
аудитория 303а	служебное	1,85	0,35	0,65	12,36	61,78	92,66	14,21	BA13-29	63	20	6	120	12,36	20,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 6-2-1																	
аудитория 239	кабинет	0,72	0,7	0,70	2,23	11,16	16,74	2,57	BA13-29	63	8	3	24	2,23	8,00	ААШВ (4х4)	27

аудитория 238	лаборатория	0,72	0,4	0,85	3,22	16,09	24,13	3,70	BA13-29	63	10	6	60	3,22	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 237	кабинет	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 236	лаборатория	1,32	0,4	0,85	5,90	29,49	44,24	6,78	BA13-29	63	10	6	60	5,90	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 227	лаборатория	1,32	0,4	0,85	5,90	29,49	44,24	6,78	BA13-29	63	10	6	60	5,90	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 226	лаборатория	1,32	0,4	0,85	5,90	29,49	44,24	6,78	BA13-29	63	10	6	60	5,90	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 225	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 6-2-2																	
аудитория 235	кабинет	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 234	преподавательская	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 233	кабинет	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 232	преподавательская	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 231	преподавательская	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 230	учебная аудитория	0,66	0,7	0,70	2,05	10,23	15,35	2,35	BA13-29	63	8	3	24	2,05	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 229	преподавательская	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 228	лаборатория	1,32	0,4	0,85	5,90	29,49	44,24	6,78	BA13-29	63	10	6	60	5,90	8,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 6-1-1																	
аудитория 165	кабинет	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 164	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 163	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 162	преподавательская	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 161	преподавательская	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 152	преподавательская	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 151	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 150	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 149	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 148	кабинет	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
ШР 6-1-2																	
аудитория 160	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 159	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27
аудитория 158	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	ААШВ (4х4)	27

аудитория 157	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 156	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 155	преподавательская	0,9	0,7	0,70	2,79	13,95	20,93	3,21	BA13-29	63	8	3	24	2,79	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 154	преподавательская	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 153	преподавательская	1,26	0,7	0,70	3,91	19,53	29,30	4,49	BA13-29	63	10	6	60	3,91	8,00	AAШВ (4x4)	27
ППР 6-0-1																	
аудитория 068	мастерская	1,08	0,35	0,8	5,86	29,30	43,95	6,74	BA13-29	63	10	6	60	5,86	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 067	лаборатория	0,72	0,4	0,85	3,22	16,09	24,13	3,70	BA13-29	63	10	6	60	3,22	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 066	лаборатория	0,72	0,4	0,85	3,22	16,09	24,13	3,70	BA13-29	63	10	6	60	3,22	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 065	лаборатория	0,72	0,4	0,85	3,22	16,09	24,13	3,70	BA13-29	63	10	6	60	3,22	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 064	склад	0,18	0,8	0,65	0,53	2,63	3,94	0,60	BA13-29	63	8	3	24	0,53	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 056	склад	0,18	0,8	0,65	0,53	2,63	3,94	0,60	BA13-29	63	8	3	24	0,53	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 055	мастерская	1,08	0,35	0,8	5,86	29,30	43,95	6,74	BA13-29	63	10	6	60	5,86	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 054	лаборатория	1,02	0,4	0,85	4,56	22,79	34,19	5,24	BA13-29	63	10	6	60	4,56	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 053	склад	0,252	0,8	0,65	0,74	3,68	5,52	0,85	BA13-29	63	8	3	24	0,74	8,00	AAШВ (4x4)	27
ППР 6-0-2																	
аудитория 063	склад	0,18	0,8	0,65	0,53	2,63	3,94	0,60	BA13-29	63	8	3	24	0,53	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 062	склад	0,18	0,8	0,65	0,53	2,63	3,94	0,60	BA13-29	63	8	3	24	0,53	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 061	склад	0,18	0,8	0,65	0,53	2,63	3,94	0,60	BA13-29	63	8	3	24	0,53	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 060	лаборатория	1,08	0,4	0,85	4,83	24,13	36,20	5,55	BA13-29	63	10	6	60	4,83	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 059	склад	0,18	0,8	0,65	0,53	2,63	3,94	0,60	BA13-29	63	8	3	24	0,53	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 058	лаборатория	1,08	0,4	0,85	4,83	24,13	36,20	5,55	BA13-29	63	10	6	60	4,83	8,00	AAШВ (4x4)	27
СУ	санузел	0,12	0,35	0,65	0,80	4,01	6,01	0,92	BA13-29	63	8	3	24	0,80	8,00	AAШВ (4x4)	27
аудитория 057	склад	0,18	0,8	0,65	0,53	2,63	3,94	0,60	BA13-29	63	8	3	24	0,53	8,00	AAШВ (4x4)	27

3.6.2 Выбор вводных автоматов

Выбор вводного автомата на подстанции ТП-671-2:

$$I_{\text{ол}} = I_{\text{ном.тр}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,4 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 850,83 \text{ A};$$

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{н.м}} + (I_{\text{ном.тр}} - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном.м}}) = 1191,64 + (850,83 - 0,75 \cdot 158,89) = 1923,75 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.мах}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{насп}} \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,45 \cdot 0,85} = 158,89 \text{ A};$$

$$I_{\text{пуск.мах}} = 5 \cdot I_{\text{ном.мах}} = 5 \cdot 158,89 = 1191,64 \text{ A}.$$

$$I_{\text{ном.АВ}} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{длит}} = 1,1 \cdot 850,83 = 935,91 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.тепл}} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{длит}} = 1,1 \cdot 850,83 = 935,91 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.Э.О}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 1923,75 = 2404,69 \text{ A};$$

Выбираем автоматический выключатель типа ВА75-45:

$$I_{\text{ном.АВ}} = 2500 \text{ A}, I_{\text{ном.тепл}} = 2000 \text{ A},$$

Выбираем $K_{\text{кз}} = 3$, тогда

$$I_{\text{ном.Э.О.}} = K_{\text{кз}} \cdot I_{\text{н.расц}} = 3 \cdot 2000 = 6000 \text{ A} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 2404,69 \text{ A}.$$

Автоматический выключатель ВА75-45 успешно прошел проверки.

Выбор вводного автомата для 8 корпуса

$$I_{\text{длит}} = I_p = 409,78 \text{ A}.$$

Определяем пиковый ток группы ЭП корпуса:

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{н.м}} + (I_p - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном.м}}) = 1191,64 + (409,78 - 0,75 \cdot 158,89) = 1482,25 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.мах}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{насп}} \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,45 \cdot 0,85} = 158,89 \text{ A};$$

$$I_{\text{пуск.мах}} = 5 \cdot I_{\text{ном.мах}} = 5 \cdot 158,89 = 1191,64 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель типа ВА53-41 с $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ A}$,

$$I_{\text{ном.тепл}} = 800 \text{ A}, K_{\text{кз}} = 3 [1, \text{с.} 93].$$

Проверяем выбранный автоматический выключатель.

$$I_{\text{ном.а}} = 1000 \text{ A} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{длит}} = 1,1 \cdot 409,78 = 450,758 \text{ A};$$

$$I_{ном.тепл} = 800 \text{ А} \geq K_{зап} \cdot I_{олит} = 1,1 \cdot 409,78 = 450,758 \text{ А};$$

$$I_{кз} = K_{кз} \cdot I_{ном.тепл} = 3 \cdot 800 = 2400 \text{ А} \geq 1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 1482,25 = 1852,81 \text{ А}.$$

Все необходимые условия выполняются.

Выбор защиты линии от ТП 762-2 до ВРУ 8 корпуса

Для обеспечения селективности выбираем автоматический выключатель ВА53-41 с $I_{ном} = 1000 \text{ А}$, $I_{ном.тепл} = 1000 \text{ А}$, $K_{кз} = 3$ [1,с.93].

Проверяем выбранный автоматический выключатель.

$$I_{олит} = I_p = 409,78 \text{ А}.$$

$$I_{ном.а} = 1000 \text{ А} \geq K_{зап} \cdot I_{олит} = 1,1 \cdot 409,78 = 450,758 \text{ А};$$

$$I_{ном.тепл} = 800 \text{ А} \geq K_{зап} \cdot I_{олит} = 1,1 \cdot 409,78 = 450,758 \text{ А};$$

$$I_{кз} = K_{кз} \cdot I_{ном.тепл} = 3 \cdot 800 = 2400 \text{ А} \geq 1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 1482,25 = 1852,81 \text{ А}.$$

Все необходимые условия выполняются.

3.6.3 Выбор вводно-распределительного устройства (ВРУ)

Вводно-распределительные устройства предназначены для приема и распределения электрической энергии, защиты от перегрузок и токов короткого замыкания в сетях переменного трехфазного тока напряжением 380/220В частотой 50Гц.

ВРУ выбирается по номинальному току вводного выключателя и по количеству отходящих линий.

Выбираем ВРУ-ID-1000-03 УХЛ4 с числом отходящих линий – 16.

Проверка:

$$I_{н.ВРУ} = 1000 \text{ А} \geq I_{рвводвыкл} = 1000 \text{ А}$$

$$n_{лин.ВРУ} = 16 \geq n_{лин.ВРУ.факт} = 6$$

Где $n_{лин.ВРУ.факт}$ - фактическое число отходящих от ВРУ линий.

Все необходимые условия выполняются.

3.6.4 Выбор распределительных пунктов (РП)

Распределительные пункты выбирают:

По номинальному току ввода:

$$I_{н.РП} \geq I_p.$$

По количеству отходящих линий:

$$n_{лин.РП} \geq n_{лин.РП.факт}$$

Где $n_{лин.РП.факт}$ - фактическое число отходящих от РП линий.

Примечание: в целях перспективы развития электроснабжения корпуса целесообразно брать шкафы с запасом по числу отходящих линий в разумных пределах (1-2 линии).

По номинальному току аппарата для присоединения $I_{н.апп}, A$:

$$I_{н.апп} \geq I_{ном\ maxЭП}$$

Сведем все данные в таблицу 13.

Таблица 13 – Распределительные пункты 8 копуса

Узел питания	I_p, A	Число отходящих линий	Тип шкафа	I_n, A	$n_{лин.РП}$
ШР 1-1-1	16,23	10	ПР8503-2203-2	500	12
ШР 1-1-2	23,27	12	ПР 8503-1100-У3	250	18
ШР-1-3-1	9,44	12	ПР 8503-1100-У3	250	18
ШР-1-3-2	8,46	13	ПР 8503-1100-У3	250	18
ШР 1-2-1	17,76	9	ПР8503-2203-2	500	12
ШР 1-2-2	17,29	8	ПР8503-2203-2	500	12
ШР-2-0-1	29,38	6	ПР8503-1131-2	100	10
ШР-2-0-2	14,33	10	ПР8503-2203-2	500	12
ШР-2-0-3	47,43	5	ПР8503-1131-2	100	10
ШР-2-1-1	11,27	9	ПР8503-2203-2	500	12
ШР-2-1-2	11,87	9	ПР8503-2203-2	500	12
ШР-2-3-1	6,45	7	ПР8503-1131-2	100	10

ШР-2-3-2	6,33	7	ПР8503-1131-2	100	10
ШР-2-2-1	11,25	9	ПР8503-2203-2	500	12
ШР-2-2-2	12,35	10	ПР8503-2203-2	500	12
ШР-3-0-1	8,55	8	ПР8503-1131-2	100	10
ШР-3-0-2	6,91	6	ПР8503-1131-2	100	10
ШР-3-0-3	9,26	13	ПР 8503-1100-Y3	250	18
ШР 4-0-1	90,35	9	ПР8503-2203-2	500	12
ШР 4-1-1	8,45	6	ПР8503-1131-2	100	10
ШР 4-2-1	10,13	9	ПР8503-2203-2	500	12
ШР 4-3-1	11,16	8	ПР8503-2203-2	500	12
ШР 5-3-1	3,07	1	ПР8503-2001-5	320	6
ШР 5-3-2	5,56	3	ПР8503-2001-5	320	6
ШР 5-3-3	4,18	1	ПР8503-2001-5	320	6
ШР 6-2-1	5,13	7	ПР8503-1131-2	100	10
ШР 6-2-2	6,74	8	ПР8503-2203-2	500	12
ШР 6-1-1	6,91	10	ПР8503-2203-2	500	12
ШР 6-1-2	6,39	8	ПР8503-2203-2	500	12
ШР 6-0-1	4,56	9	ПР8503-2203-2	500	12
ШР 6-0-2	2,57	8	ПР8503-2203-2	500	12

3.6.4.1 Выбор аппаратов защиты и линий для распределительных пунктов сети 0,4 кВ

Пример выбора выключателя для защиты ШР 1-1-1:

$$I_{\text{олит.}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = 16,23 \text{ А};$$

$$I_{\text{ник}} = I_{\text{пуск. макс}} + (I_{\text{расч}} - K_u \cdot I_{\text{ном. макс}}) = 73,73 + (16,23 - 0,15 \cdot 22,12) = 86,65 \text{ А},$$

$$I_{\text{ном. АВ}} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{олит}} = 1,1 \cdot 16,23 = 17,86 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном. тепл}} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{олит}} = 1,1 \cdot 16,23 = 17,86 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном. Э.О}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{ник}} = 1,25 \cdot 86,65 = 108,31 \text{ А};$$

Выбираем автоматический выключатель типа ВА57-35:

$$I_{\text{ном. АВ}} = 250 \text{ А}, I_{\text{ном. тепл}} = 125 \text{ А},$$

Выбираем $K_{\text{кз}} = 5$, тогда

$$I_{ном.э.о.} = K_{кз} \cdot I_{н.расч} = 5 \cdot 125 = 625 \text{ A} \geq 1,25 \cdot I_{тик} = 108,31 \text{ A}.$$

Автоматический выключатель ВА57-35 успешно прошел проверки.

Для остальных ПР расчеты представлены в таблице 14.

Пример выбора питающей линии ШР 1-1-1:

Расчетный ток:

$$I_{длит.} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 16,23 \text{ A};$$

По условию нагрева длительным расчетным током:

$$I_{доп.} \geq \frac{I_{расч}}{K_{прокл.}} = \frac{16,23}{1} = 16,23 \text{ A};$$

$k_{прокл} = 1$ при способе прокладки кабеля в воздухе.

По условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты:

$$I_{доп} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{прокл}} = \frac{1 \cdot 125}{1} = 125 \text{ A},$$

где $I_z = I_{ном.расч} = 125 \text{ A}$, $k_z = 1$ [1].

Выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки ААШВ (4х10): $I_{доп} = 46 \text{ A}$.

Таблица 14 – Выбор аппаратов защиты и линий для ПР сети 0,4 кВ

	Выбор выключателя									Выбор кабеля			
	Идлит	1,1Идлит	Ипик	1,25Ипик	Тип АВ	Ином	Ином.тепл	Ккз	Ином.э.о	$\frac{I_{расч}}{K_{прокл.}}$	$\frac{k_z \cdot I_z}{k_{прокл}}$	Сечение и марка кабеля	Идоп
ШР 1-1-1	16,23	17,86	86,65	108,31	ВА13-29	63	40	6	240	17,86	40	ААШВ (4х10)	46
ШР 1-1-2	23,27	25,60	93,69	117,11	ВА13-29	63	40	6	240	25,60	40	ААШВ (4х10)	46
ШР-1-3-1	9,44	10,39	79,86	99,82	ВА13-29	63	40	6	240	10,39	40	ААШВ (4х10)	46
ШР-1-3-2	8,46	9,30	35,28	44,09	ВА13-29	63	40	6	240	9,30	40	ААШВ (4х10)	46
ШР 1-2-1	17,76	19,53	46,41	58,01	ВА13-29	63	40	6	240	19,53	40	ААШВ (4х10)	46

ИП 1-2-2	17,29	19,02	50,04	62,54	BA13-29	63	40	6	240	19,02	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-2-0-1	29,38	32,32	484,59	605,73	BA57-35	250	125	5	625	32,32	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-2-0-2	14,33	15,76	52,58	65,73	BA13-29	63	40	6	240	15,76	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-2-0-3	47,43	52,18	458,25	572,81	BA57-35	250	125	5	625	52,18	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-2-1-1	11,27	12,40	72,88	91,10	BA13-29	63	40	6	240	12,40	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-2-1-2	11,87	13,06	69,48	86,86	BA13-29	63	40	6	240	13,06	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-2-3-1	6,45	7,10	64,06	80,08	BA13-29	63	40	6	240	7,10	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-2-3-2	6,33	6,96	51,04	63,80	BA13-29	63	40	6	240	6,96	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-2-2-1	11,25	12,37	39,90	49,87	BA13-29	63	40	6	240	12,37	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-2-2-2	12,35	13,59	66,13	82,66	BA13-29	63	40	6	240	13,59	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-3-0-1	8,55	9,40	56,43	70,54	BA13-29	63	40	6	240	9,40	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-3-0-2	6,91	7,60	51,02	63,77	BA13-29	63	40	6	240	7,60	40	ААШВ (4х10)	46
ИП-3-0-3	9,26	10,19	57,91	72,39	BA13-29	63	40	6	240	10,19	40	ААШВ (4х10)	46
ИП 4-0-1	90,35	99,38	872,86	1091,07	BA51Г-31	100	100	14	1400	99,38	125	ААШВ (4х70)	155
ИП 4-1-1	8,45	9,29	52,36	65,45	BA13-29	63	40	6	240	9,29	40	ААШВ (4х10)	46
ИП 4-2-1	10,13	11,14	47,24	59,05	BA13-29	63	40	6	240	11,14	40	ААШВ (4х10)	46
ИП 4-3-1	11,16	12,27	68,72	85,90	BA57-35	250	125	5	625	12,27	40	ААШВ (4х10)	46
ИП 5-3-1	3,07	3,38	33,90	42,38	BA13-29	63	40	6	240	3,38	40	ААШВ (4х10)	46
ИП 5-3-2	5,56	6,12	41,35	51,69	BA13-29	63	40	6	240	6,12	40	ААШВ (4х10)	46
ИП 5-3-3	4,18	4,60	60,39	75,49	BA13-29	63	40	6	240	4,60	40	ААШВ (4х10)	46
ИП 6-2-1	5,13	5,65	34,18	42,73	BA13-29	63	40	6	240	5,65	40	ААШВ (4х10)	46

ШР 6-2-2	6,74	7,42	35,79	44,74	BA13-29	63	40	6	240	7,42	40	ААШВ (4х10)	46
ШР 6-1-1	6,91	7,61	24,69	30,86	BA13-29	63	40	6	240	7,61	40	ААШВ (4х10)	46
ШР 6-1-2	6,39	7,02	24,16	30,20	BA13-29	63	40	6	240	7,02	40	ААШВ (4х10)	46
ШР 6-0-1	4,56	5,02	30,96	38,70	BA13-29	63	40	6	240	5,02	40	ААШВ (4х10)	46
ШР 6-0-2	2,57	2,83	25,25	31,57	BA13-29	63	40	6	240	2,83	40	ААШВ (4х10)	46

4. Рекомендуемые энергоресурсосберегающие мероприятия по электроэнергии

Рекомендуемые взаимосвязанные энергоресурсосберегающие мероприятия положительно влияют на качество и эффективность.

При использовании светодиодных ламп ожидается снижение энергопотребления. Помимо этого, светодиодные лампы излучают более приятный, мягкий свет, не утомляющий глаза, в них отсутствуют токсичные составляющие и ультрафиолетовое излучение.

Возможные проблемы при внедрении светодиодного освещения

Самый существенный недостаток светодиодных ламп – это их очень высокая цена.

Срок службы может сократиться в связи с явлением деградации, т.е. тихого умирания кристаллов светодиодов. Сначала они теряют яркость, потом совсем гаснут.

Еще один недостаток светодиодных ламп, это неприятный спектр свечения. По свидетельству психологов, более 80% респондентов отрицательно отзываются о применении таких светильников дома. Третий недостаток – светодиоды дают направленный свет. Может понадобится больше таких ламп для получения привычной освещенности.

Для стабильной и долговечной работы применять весьма дорогие источники

питания и системы охлаждения. Без этих устройств светодиоды быстро деградируют. Источники питания используются импульсные, т.к. в наших электросетях большие перепады напряжения, несовместимые даже с ГОСТом, источники часто выходят из строя.

4.1 Методика расчета нормативной потребности в электроэнергии

Произведен расчет электропотребления по основным направлениям использования с выделением статей расходов на освещение, бытовую технику, офисную технику и прочее оборудование. Расчетно-нормативное электропотребление вычислено на основании паспортных данных электрооборудования, коэффициентов загрузки, длительности работы в отчетном периоде.

Расчет потребления электроэнергии в соответствии с представленными данными по мощности и времени работы оборудования был произведен согласно следующим методикам:

Расход электрической энергии на освещение:

$$W_{\text{осв}} = N \cdot P_{\text{уст}} \cdot K_C \cdot K_{\Pi} \cdot T, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

где, $W_{\text{осв}}$ - потребляемая электрическая энергия в год, кВт ч;

N – количество ламп, шт.;

$P_{\text{уст}}$ – мощность лампы, кВт;

K_C - коэффициент спроса, принимается в соответствии с СП 31-110-2003. (Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий) [8] и МДК 4- 05.2004 [6];

K_{Π} - коэффициент потерь в ПРА (пускорегулирующей аппаратуре, принято $K_{\Pi} = 1,1$);

T – число часов работы ламп в год, час.

Расход электрической энергии на прочее оборудование:

$$W_{\text{тех}} = K_C \cdot n \cdot P \cdot t \cdot N, \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где, W_{tex} – потребление электрической энергии, кВтч;

K_c – коэффициент спроса (принимается в соответствии с СП 31-110-2003 и МДК 4-05.2004 [7]).

n – количество электроприемников, шт.;

P – мощность электроприемников, кВт;

t – время работы в день, ч;

N – количество дней работы в год, дни;

Мощность установленного электрооборудования и расчетный объем потребления электрической энергии по направлениям использования представлены в таблице 15.

Таблица 15 – мощность установленного электрооборудования и расчетный объем потребления

Наименование оборудования	Потребляемая мощность, кВт	Количество, шт.	Часы работы в день	Дней работы в году	Кп	Кс	Годовой расход электрической энергии, потребляемой электроприборам и, кВт·ч
Серверное оборудование	2,9	23	24	365	1	0,116	67 777,9
Офисная техника	1,5	5	8	247	1	0,116	1 719,1
Компьютер	0,4	631	6	247	1	0,116	43 390,6
Холодильник	0,6	18	24	365	1	0,116	10 974,5
Чайник	2	34	0,25	200	1	0,116	394,4
Обогреватель	2,4	37	1	30	1	0,116	309,0
Кулер	2	7	24	365	1	0,116	14 226,2
Телевизор	0,4	15	5	200	1	0,116	696,0
СВЧ	2	25	0,2	200	1	0,116	232,0
Вентилятор	0,06	2	0,2	30	1	0,116	0,1
Кофемашина	1,5	4	0,25	200	1	0,116	34,8
Бойлер	1,5	1	24	365	1	0,116	1 524,2
Настольная лампа	0,05	14	3	200	1	0,116	48,7
Тепло-вентиляционное оборудование							
Вытяжная вентиляция							
УК №8 г.Томск, ул.Усова 7	4	5	8	299	1	0,116	5 549,4

4.2 Расчет нормативного расхода электроэнергии на освещение

Расчет годовой нормативной потребности в электроэнергии на собственные нужды выполнен по методике, описанной в п. 3.1.1 настоящего отчета, и приведен в таблице 16

Таблица 16 - Годовая нормативная потребность в электроэнергии на собственные нужды

Лампы накаливания		Энергосберегающие лампы		Прочие лампы		N _{уст} , кВт	Число часов использования в год, ч.	W _{потр} , тыс. кВт.ч
Количество, шт	Мощность, Вт	Количество, шт	Мощность, Вт	Количество, шт	Мощность, Вт			
30	60	9320	18	500	30	184,560	1976	364,69

В данном разделе было рассмотрено использование электрической энергии в базовом 2016 г.

В 2016 г. было потреблено 16927 тыс.кВт электроэнергии. Нормативный расход электроэнергии составляет 19814,51 кВт. В итоге, наблюдается экономия электрической энергии в размере 2887,51 кВт. В среднем экономия электроэнергии составляет 14,57 %.

В целях экономии электроэнергии рекомендуется:

- Замена ламп накаливания и ламп ДРЛ на светодиодные;
- Окраска стен и потолков помещений в светлые тона (при этом увеличивается отражательная способность поверхностей, что позволяет добиться необходимой освещенности помещений при меньшем количестве работающих светильников);

- Стимулирование работников предприятия к экономии электроэнергии.

4.3 Замена ламп накаливания на светодиодные лампы

Светодиодное освещение одно из перспективных направлений технологий освещения. Основные достоинства светодиодных ламп:

- Сверхдолгий срок службы: отсутствие нити накала и газоразрядной среды обуславливают срок службы светодиодов – до 100 тысяч часов, или 11 лет непрерывной работы, что в 100 раз больше, чем у лампы накаливания и в 5–10 раз больше, чем у люминесцентной лампы;
- Низкое энергопотребление: светодиоды являются энергосберегающими источниками света, и их использование позволяет существенно экономить электроэнергию по сравнению с лампами, неоном;
- Работа при низких температурах: благодаря полупроводниковой природе светодиодов их яркость обратно пропорциональна температуре окружающей среды, что делает их применение особенно актуальным в наших климатических условиях. Диапазон температуры эксплуатации светодиодов от $-50...+60$ град С;
- Высокая светоотдача: яркость белых светодиодов сегодня достигает 130лм/Вт в серийном выпуске и до 200лм/Вт в лабораторных условиях, а в теории до 270лм/Вт. Если сравнивать: обычная лампа накаливания дает до 10лм/Вт потребленной энергии.
- Высокий уровень безопасности обеспечивается малым тепловыделением светодиодов и низким питающим напряжением;
- Направленность излучения: выпускается широкий ассортимент модификации светодиодов по направленности света с углами рассеяния светового потока от 10 до 140 градусов. Поэтому конструкция светодиодов и светильников не требует специальных отражателей или рассеивателей;
- Стойкость к механическим воздействиям: отсутствие стеклянных

деталей, нитей накаливания делает светодиоды устойчивыми к механическим воздействиям, ударам и вибрации;

- **Безинерционность:** возможность управления через контроллеры, диммеры, в том числе с плавным изменением яркости и цвета свечения. Управляя интенсивностью и режимом свечения можно достичь эффекта «живого света».

- **Экологическая и пожарная безопасность:** не содержат вредных веществ, побочного ультрафиолетового или инфракрасного излучения и почти не нагреваются;

- **Легкая замена существующих источников света:** Светотехнические и электрические параметры модулей позволяют легко заменить любые ранее установленные источники света и значительно сократить расходы на эксплуатацию и обслуживание.

Особенности ламп накаливания, компактных люминесцентных и светодиодных ламп приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Особенности ламп накаливания, компактных люминесцентных и светодиодных ламп

	Светодиодные лампы	Компактные люминесцентные лампы	Накаливания лампы
Параметр			
Частые включения / отключения	не влияет	сокращает продолжительность жизни	некоторый эффект
Включается мгновенно	да	с небольшой задержкой	да

Прочность	прочный	хрупкий	хрупкий
Выделяемое тепло	низкое (0.88 Вт)	среднее (8.79 Вт)	высокое (24.91 Вт)
Чувствительность к температуре	нет	да	некоторая
Чувствительность к влажности	нет	да	некоторая
Опасные материалы	нет	5 мг ртути	нет
Частота замены (более 50.000 часов)	1	5	40+

По таблице видно, что наиболее безопасными и долговечными являются светодиодные лампы. В рамках данного мероприятия предлагается осуществить замену ламп накаливания 60 Вт на светодиодные лампы такой же освещенности E27 3000K 880Lm Jazzway

Характеристики:

Класс энергетической эффективности: A+

Тип колбы: A60

Мощность: 7 Вт

Цоколь: E27

Количество включений: 10 000

Время работы: 25 000 часов

Световой поток: 880Лм

Энергопотребление: 7 Вт (аналог лампы накаливания на 60 Вт)

Напряжение в сети: 220-240 В

Рабочая частота бытовой сети: 50 Гц

Номинальный световой поток, лм: 600 лм

Температура света, К: 4200К (теплый свет)

Рабочая температура: от -20 до +40

Количество в коробочке: 1 шт



Рисунок 31. Светодиодная лампа E27 Jazzway

В соответствии со ст. 18 Приказа Минэнерго РФ от 30.06.2014 г. N 400 «Об утверждении требований к проведению энергетического обследования и его результатам и правил направления копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования» объем финансирования рекомендуемого энергоресурсосберегающего мероприятия указывается в ценах на период составления отчета.

Для расчета затрат были использованы данные магазина «Электрон» (nov.el.ru). Стоимость 1 лампы составляет 184 руб.

Одноставочный тариф на электроэнергию на момент проведения энергообследования составляет 4,34 руб/кВт.ч

Экономия от замены ламп накаливания на светодиодные рассчитана в таблице ниже.

Таблица 18 – экономия от замены ламп

ДО ЗАМЕНЫ ЛАМП				ПОСЛЕ ЗАМЕНЫ ЛАМП				
Количество, шт	Мощность, Вт	Установленная мощность, кВт	Потребление электроэнергии, тыс. кВт.ч	Мощность, Вт	Установленная мощность, кВт	Потребление электроэнергии, тыс. кВт.ч	Экономия потребления электроэнергии, тыс. кВт.ч	Экономия в денежном выражении, тыс.руб.
30	60	1,80	3,56	7	0,21	0,41	3,14	13,63

4.3 Мероприятия по совершенствованию обеспечения измерений для расчетного и технического учета электроэнергии

- Инвентаризация измерительных комплексов учета электроэнергии, в том числе счетчиков;
- Составление и ввод в действие местных инструкций по учету электроэнергии;
- Поверка счетчиков электроэнергии;
- Своевременный ремонт счетчиков;
- Проверка схем соединения измерительных счетчиков и обеспечение своевременности и правильности снятия показаний счетчиков.

В целях экономии электроэнергии рекомендуется:

- Сокращение области применения ламп накаливания и замена их светодиодными, мероприятия по установке датчиков движения;
- Мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности крупных электробытовых приборов (стимулирование замены холодильников, морозильников и стиральных машин со сроком службы выше 15 лет на энергоэффективные модели);
- Оснащение систем электроснабжения системами мониторинга потребления электроэнергии;
- Замена пускорегулирующей аппаратуры люминесцентных ламп;
- Окраска стен и потолков помещений в светлые тона (при этом увеличивается отражательная способность поверхностей, что позволяет добиться необходимой освещенности места при меньшем количестве работающих светильников);
- Стимулирование работников предприятия к экономии электроэнергии.

4.4. Оценка предложенных мероприятий

С целью сокращения объемов потребления электроэнергии и

соответственно платы за нее были предложены мероприятия по энергосбережению, к которым относится замена старых трансформаторов на новые, более энергоэффективные, замена системы освещения (установка светодиодных источников света, и установка автоматической системы освещения, позволяющей оптимизировать уровень освещенности в учебной аудитории, что в свою очередь существенно сокращает затраты на потребление электроэнергии.

Для оценки влияния предложенных мероприятий по энергосбережению было проанализировано годовое потребление электроэнергии учебным корпусом.

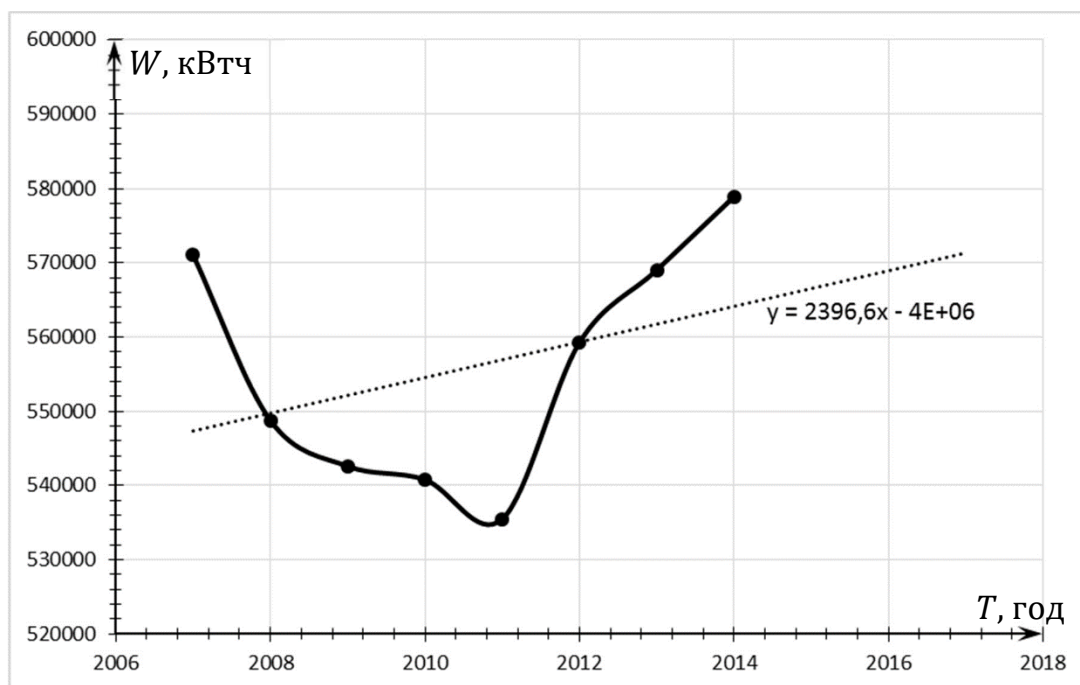


Рисунок 32 – Годовое потребление электроэнергии

Как показывает вышеприведенный график, в последнее время наблюдается тенденция роста потребления электрической энергии учебным корпусом, что приведет к необходимости внедрения мероприятий по энергосбережению. В данном разделе рассматривается график внедрения энергосберегающих мероприятий и экономический эффект от их реализации.

4.4.1 Разработка графика реализации мероприятий по энергосбережению

В качестве наглядного представления этапов проведения мероприятий по энергосбережению будем использовать диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, который используется для иллюстрации плана, графика работ по какому-либо проекту. Данная диаграмма является одним из методов планирования проектов [37].

В таблице 19 представлена диаграмма Ганта, иллюстрирующая время, требуемое для внедрения предложенных мероприятий.

Из диаграммы видно, что продолжительность реализации проекта составляет 17 лет. Причем некоторые работы производятся параллельно.

Учитывая вероятностный характер оценки трудоемкости, реальная продолжительность работ может быть как меньше (при благоприятном стечении обстоятельств), так и несколько превысить указанную продолжительность (при неблагоприятном стечении обстоятельств).

В соответствии с диаграммой Ганта (таблица 19) на рисунке 33 представлена динамика изменения потребления электроэнергии, с учетом того факта, что реализация проекта начнется в 2017 году, за базовый год потребления электроэнергии был взят 2017 год. При построении динамики изменения потребления ЭЭ во внимание была принята тенденция увеличения потребления ЭЭ.

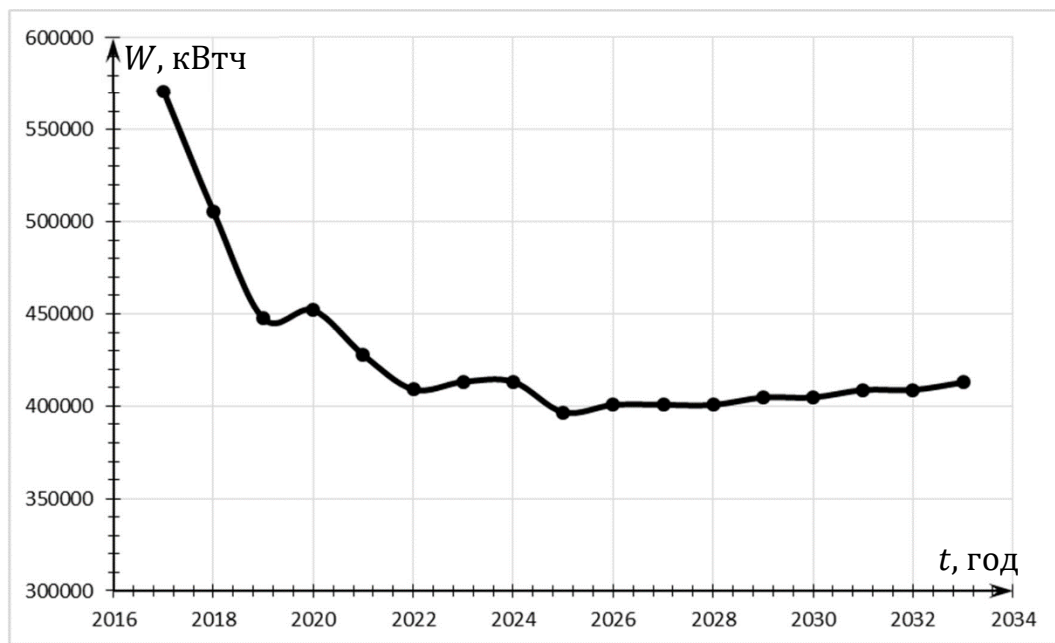


Рисунок 33 – Динамика изменения потребления ЭЭ с учетом реализации мер по энергосбережению

Таблица 19 – Диаграмма Ганта

№	Наименование этапа мероприятия	Продолж., лет	Год											
			1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	
1	Реконструкция системы освещения	3												
5	Замена трансформаторов	10												

4.4.2 Экономический эффект реализации мероприятий по энергосбережению

В данном разделе приведен анализ влияния внедрения энергосберегающих мероприятий на плату за потребление электрической энергии.

Если учесть темп увеличения тарифа на ЭЭ на 12% согласно прогнозам инфляции министерства экономического развития Российской Федерации [12] и реализацию мероприятий по энергосбережению, то динамика изменения платы за ЭЭ будет выглядеть следующим образом (рисунок 34).

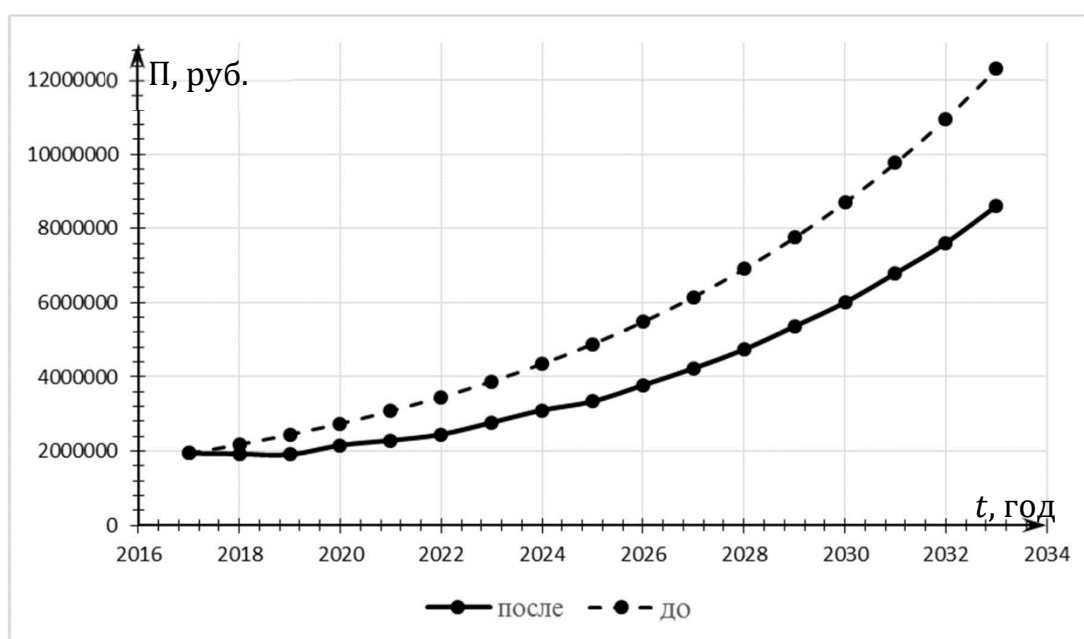


Рисунок 34 – Динамика изменения платы за ЭЭ

Как можно видеть из графика, разница в плате за потребление электрической энергии со временем увеличивается, что говорит о положительном эффекте внедрения энергосберегающих мероприятий.

В таблице 20 в численном выражении представлен экономический эффект от мероприятий Программы энергосбережения.

Таблица 20 – Экономический эффект реализации программы по энергосбережению

№	Этап мероприятия	Экономия ЭЭ в год, кВтч	Экономия платы за ЭЭ, руб.	Затраты, руб.	Срок окупаемости, лет
1	Замена трансформаторов	29 097	105 426	840 160	10

2	Замена источников света	92 912	281 329	7 224 264	4
	Итого	122 009	386 755	8 064 424	

Таким образом, внедрение предложенных мероприятий позволяет снизить годовое потребление электроэнергии примерно с 555739,5 кВтч до 407810,5 кВтч, что в свою очередь сократит плату за ЭЭ на 472971 руб./год либо позволит сократить лимит бюджетных средств на 23%.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является подтверждение целесообразности разработки технического проекта, отвечающего всем нынешним требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5.1. Преддипломный анализ проекта

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Основным продуктом, получаемым в ходе научно-исследовательской работы, является схема электроснабжения учебного корпуса.

Определение основных сегментов данного рынка

Выбор сегментов, на которые намерено ориентироваться предприятие

В отрасли освещения выделяют следующие основные виды оказываемых услуг: разработка световых приборов, продажа электрооборудования, проектирование освещения.

В таблице 4.1 приведена карта сегментирования предприятий по приоритету оказываемых услуг в Томске, обосновывающая продвижение проектных услуг по освещению, оказываемых разработчиком.

Для сегментации рынка услуг были выделены основные предприятия, занимающиеся проектированием освещения, разработкой световых приборов, электромонтажными работами и продажей электрооборудования. Рассмотрены следующие компании: ООО ТМК «РосЭнерго», «АВАНГАРД ФМ», ООО "Торговый Дом "Свет".

Таблица 4.1 – Карта сегментирования

Наименование предприятий	Проектирование освещения	Разработка световых приборов	Монтажные работы	Продажа электрооборудования
ООО ТМК «РосЭнерго»				

«АВАНГАР Д ФМ»				
ООО "Торговый Дом "Свет"				

Таким образом, карта сегментирования позволяет сделать вывод, что из трех рассмотренных компаний в городе Томске, только одна занимается проектированием освещения. Таким образом, услуги проектирования освещения, предлагаемые в рамках данной работы, будут востребованы со стороны потенциальных потребителей и должны развиваться в этом направлении.

Согласно Федеральному закону от 23 ноября 2009г. №261-ФЗ образовательные учреждения должны обеспечить снижение энергопотребления (объема потребляемой воды, дизельного или иного топлива, мазута, природного газа, тепловой и электрической энергии) минимум на 3% в год в течение пяти лет. Поэтому данное исследование имеет большой спектр применения.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Развернутый анализ конкурентных альтернатив, имеющих на рынке, необходимо проводить регулярно, так как условия на рынке изменчивы с течением времени. Как правило, анализ производят, прибегая к оценочной карте.

Оценочная карта делается для возможных альтернатив схем электроснабжения:

- 1) радиальной; 2) магистральной; 3) смешанной сети

Таблица 5.2 — Оценочная карта для сравнения технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		№1	№2	№3	K_{k1}	K_{k2}	K_{k3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,3	5	3	4	1,5	0,9	1,2

2. Экономия электроэнергии	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
3. Лёгкость монтажа	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
4. Безопасность	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,2	3	3	4	0,6	0,6	0,8
2. Минимальные затраты при монтаже схемы	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
3. Простота монтажа	0,05	5	4	2	0,25	0,2	0,1
4. Долговечность оборудования	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
Итого	1	35	29	28	4,35	3,35	3,75

Любая позиция измеряется по каждому признаку по пятибалльной шкале, где 1 - наиболее низкая точка зрения, а 5 -наиболее мощная. Вес абсолютно всех характеристик в сумме 1

Анализ альтернатив:

$$K = \sum B_i \cdot b_i$$

где K - конкурентоспособность разработки;

B_i - вес показателя;

b_i - балл i -го показателя. Пример для 1 варианта:

$$K_{k1} = 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 = 4,35.$$

По расчетным данным видно, что наиболее привлекательный вариант №1 – радиальная схема

5.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Он представляет собой комплексное исследование технического проекта.[7] SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках **третьего этапа** должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 9.5.

Таблица 5.3 – Матрица SWOT

	Сильные стороны НТИ:	Слабые стороны НТИ:
	<p>С 1. Энергоэффективность и энергосбережение технологии.</p> <p>С 2. Наличие квалифицированного персонала</p> <p>С 3. Безопасность производства</p> <p>С 4. Меньшие затраты для ремонта оборудования</p>	<p>Сл 1. Сложный ремонт части оборудования</p> <p>Сл 2. Значительная стоимость оборудования</p> <p>Сл 3. Сложная эксплуатация электрооборудования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В 1. Установка дополнительного оборудования</p> <p>В 2. Ввод дополнительной автоматизированной системы управления внутрицеховой структуры</p> <p>В 3. Увеличение потребления электроэнергии</p> <p>В 4. Усовершенствование технологии производства</p>	<p>Получение большей выдаваемой мощности за счет снижения потерь</p> <p>Использование автоматизированных систем по обнаружению неисправностей оборудования на ранних этапах снижает стоимость ремонта</p> <p>Возможно увеличение срока службы оборудования при применении усовершенствованных технологий</p>	<p>Развитие технологий и научно-технических разработок снизит стоимость оборудования и варианты ремонта оборудования</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У 1. Экономическая ситуация</p> <p>У 2. Внедрение дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции</p> <p>У 3. Вероятность поломки сложного энергоемкого и дорогостоящего оборудования</p>	<p>Возможность получения дополнительных средств для совершенствования технологии.</p> <p>Квалификация персонала позволяет точно оценить состояние оборудования и своевременно вывести в ремонт</p>	<p>Увеличение цены на оборудование возможно при нестабильной экономической обстановке</p> <p>Применение более безопасного оборудования повысит расход материала и увеличит стоимость разработки.</p> <p>Для снижения рисков повреждения оборудования необходимо время для обучения нового персонала</p>
Примечание: В – возможности; У – угрозы; С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта.		

Благодаря анализу можно увидеть, что сильных сторон больше, чем слабых сторон. НТИ содержит важные преимущества (безопасность, высокая энергоэффективность), которые повышают производительность и снижают затраты при долговременном использовании.

Также в проекте присутствуют и слабые стороны. Дороговизна оборудования и сложность эксплуатации имеют весомое значение, но не столь важное. Это можно решить переквалификацией персонала. А также перспектива внедрения дополнительных автоматизированных систем снабжения позволит частично решить этот вопрос. Но при возможном усилении слабых сторон нужно найти баланс между ценой, качеством и надежностью НТИ.

5.2. Инициация проекта

Данное научное исследование направлено на анализ потребления электроэнергии и построения схемы электроснабжения, повышающей энергоэффективность.

5.2.1. Цели и результат проекта

Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 5.4. Цели и результаты проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.4 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научный руководитель	Получение актуальной схемы электроснабжения, позволяющей снизить потребление электроэнергии
Магистрант	
НИ ТПУ	

Таблица 5.5 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Реконструкция системы электроснабжения ТПУ с целью повышения энергоэффективности
Ожидаемые результаты проекта:	Получение актуальной схемы электроснабжения, позволяющей снизить потребление электроэнергии
Критерии приемки результата проекта:	Снижение потребления электроэнергии
Требования к результату:	Снижение платы за электроэнергию не менее 5%

Потенциальным потребителем результатов исследования является Томский политехнический университет и входящие в его состав институты. Это связано с тем, что верно произведенная реконструкция электроснабжения даст возможность снизить потребление электроэнергии, что в свою очередь приведет к экономии финансовых затрат на оплату электроэнергии и содержание объектов ТПУ.

5.2.2. Организационная структура проекта

В этом разделе необходимо рассмотреть рабочую группу данного проекта, роль каждого участника в данном проекте, а также функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в данном научно-исследовательском проекте.

Таблица 5.6 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Муравлев И. О. Доцент ОЭЭ	Руководитель проекта	Координирует деятельность участников проекта, постановка целей и задач, контроль сроков выполнения научных работ по проекту, обсуждение результатов.	77
2.	Голянская Е. О., магистрант	Исполнитель проекта	Выполнение научного проекта	390

Трудозатраты были рассчитаны на основании следующих данных: проект выполнялся 3 месяца, руководитель проекта принимал участие 2 раза в неделю на протяжении 3 часов, исполнитель работал в среднем 5 дней в неделю по 6 часов.

5.2.3. Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут

реализованных в рамках проекта.

Ограничения и факторы можно рассмотреть в таблице 5.7

Таблица 5.7 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	215777,79 руб
Источник финансирования НИ ТПУ	НИ ТПУ
Сроки проекта	21.02.2020 – 01.06.2020
Дата утверждения плана управления проектом	21.02.2020
Дата завершения проекта	01.06.2020
Прочие ограничения и допущения*	Время использования оборудования.

5.3. Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках ВКР;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление примерного времени продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Выполнение данной ВКР не требует большого количества участников.

В рабочую группу входит научный руководитель и магистрант.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно- исследовательской работы, приведен в табл. 4.8.

Таблица 5.8 – Порядок этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Исполнитель
Составление технического задания	1	Составление и технического задания утверждение	Руководитель
Выбор направления технического проектирования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Теоретические экспериментальные исследования	3	Определение расчётной нагрузки 8 корпуса ТПУ	Инженер
	4	Выбор защитных сечений линий аппаратов и сечений	Инженер

		линий	
	5	Построение эпюры отклонения напряжения	Инженер
	6	Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000В	Руководитель, инженер
	7	Построение карты селективности действия аппаратов защиты	Руководитель, инженер
Оформление отчета по техническому проектированию и защита ВКР	8	Проверка цеховых сетей 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	Руководитель, инженер
	9	Составление пояснительной записки	Инженер
	10	Проверка и защита выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер

5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения технического проектирования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -

ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Результаты продолжительности выполнения работ приведены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 - Расчет продолжительности работ, чел. - дни

№ работы	Содержание работ	Исполнитель	Минимально возможная трудоемкость	Максимально возможная трудоемкость	Ожидаемая трудоемкость
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	1	1
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	8	10	9
3	Определение расчётной нагрузки ремонтно-механического цеха	Инженер	10	12	11
4	Выбор защитных аппаратов и сечений линий	Инженер	8	10	9
5	Построение эпюры отклонения напряжений	Инженер	8	10	9
6	Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000В	Руководитель	1	1	1
		Инженер	11	13	12
7	Построение карты селективности действия аппаратов защиты	Руководитель	1	1	1
		Инженер	12	14	13
8	Проверка цеховых сетей 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	Руководитель	1	1	1
		Инженер	11	13	12
9	Составление пояснительной записки	Инженер	8	12	10
10	Проверка и защита выпускной квалификационной работы	Руководитель	1	3	2
		Инженер	4	6	5
















Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 11 декад, начиная с третьей декады



февраля, заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта составит 96 день. Из них:

90 дней – продолжительность выполнения работ инженера;

6 дней – продолжительность выполнения работ руководителя;

Таблица 5.10 – Диаграмма Ганта

№ ра бот	Вид работ	Исполни тели	$T_{пр}$ раб. дн	Продолжительность выполнения работ											
				Февр.	Март			Апрель			Май			Июнь	
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Р	1												
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	9												
3	Определение расчётной нагрузки ремонтно-механического цеха	И	11												
4	Выбор защитных аппаратов и сечений линий	И	9												
5	Построение эпюры отклонения напряжений	И	9												
6	Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000В	И	12												
		Р	1												
7	Построение карты селективности действия аппаратов защиты	И	13												
		Р	1												
8	Проверка цеховых сетей 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного КЗ	И	12												
		Р	1												
9	Составление пояснительной записки	И	10												
10	Проверка и защита выпускной квалификационной работы	И	5												
		Р	2												

 Руководитель проекта  Исполнитель проекта

5.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

5.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

В материальные затраты включаются затраты на канцелярские принадлежности, информационные носители (флэш-карты), картриджи и т.п.

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.).

Материальные ресурсы оцениваются исходя из данных, размещенных на сайте канцелярского магазина.

Таблица 5.11 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага	200	1.7	320
Ручка	1	25	25
Брошюровка	1	55	55
Калькулятор	1	230	230
Линейка	1	30	30
Печать листов в типографии	200	1.6	340
Итого			1000

5.4.2. Расчет затрат на оборудование для выполнения НТИ работ

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. Все оборудование имеется в наличии.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k}$$

где C_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации, %;

n – количество дней использования оборудования;

k – количество рабочих дней в году.

Таблица 5.12 – Расчет затрат на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок службы оборудования, год	H_a , %	Цена оборудования, тыс. руб.	Амортизация
1	2	3	4	6	7	8
1	Персональный компьютер ASUS K551L	1	8	12	30000	698,77
ИТОГО: 698,77 руб						
Затраты электроэнергии: 3735,2руб						
Итого по статье: 4431,97 руб.						

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле.

$$Z_э = N \cdot t \cdot P,$$

где N – мощность электроприбора, кВт;

t – время использования оборудования, час;

P – стоимость электроэнергии, 5,8 руб./кВт.

Расчет затрат на электроэнергию представлен в табл.5.13.

Таблица 5.13 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	N , кВт/ч	t , ч	Затраты, руб.
Персональный компьютер ASUS K551L	0,65	400	1508
Лампы люминесцентного освещения (12шт)	0,96	400	2250,4
Итого:			3735,2

5.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Оклад руководителя от ТПУ (доцента, к.т.н) составляет 33664 рубля (без

учета районного коэффициента). Оклад инженера составляет 9489 руб. (без учета районного коэффициента), (принято на основе данных с окладов профессорско-преподавательского состава и дипломников-студентов).

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (10 – 20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

$З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d},$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя, при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

В таблице 5.14 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 5.14 – Баланс рабочего времени за 2019

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: (выходные дни/ праздничные дни)	44 14	48 14
Потери рабочего времени: отпуск невыходы по болезни	56 2	28 2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{окл}} \cdot k_{\text{р}}$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл.5.15.

Таблица 5.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Зокл, руб.	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	Тр, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	33664	1,3	65 644,8	2 741,8	16	43 868,8
Инженер	26 300	1,3	51 285,0	2 104,0	44	92 576,0
Итого $З_{\text{осн}}$						136 444,8 руб.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,10 – 0,15).

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 5.16.

Таблица 5.16 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб.	$З_{\text{зп}}$, руб.
Руководитель	43868,8	4386,9	48255,7
Инженер	92576,0	9257,6	101833,6

5.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается

последующей формуле (4.12):

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 27,1%.

Таблица 5.17 –Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	43868,8	4386,9
Инженер	92576,0	9257,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
Итого:40674,2 руб.		

5.4.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

$$З_{накл} = (З_{осн} + З_{доп}) \cdot k_{нр}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

Величину коэффициента накладных расходов $k_{нр}$, допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют:

$$З_{накл} = 0,16 \cdot (13644,8 + 13644,5) = 24014,29 \text{ руб.}$$

5.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 5.18.

Таблица 5.18 –Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
---------------------	-------------

	Руководитель	Инженер
1. Материальные затраты НТИ	1000	
2. Затраты на оборудование на выполнение НТИ	4431,97	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	43868,8	92576,0
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4386,9	9257,6
5. Отчисления во внебюджетные фонды	40674,2	
6. Накладные расходы	24014,29	
7. Бюджет затрат НТИ	220209,8	

Как видно из таблицы 4.18 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

5.5. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности необходимо сравнить текущий проект с различными его исполнениями Исп. 2 (магистральная схема), Исп. 3 (смешанная схема)

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}},$$

Где I_{Φ}^p интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}}=215777,79$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 235000$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 250000$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр}} = \frac{220209,8}{250000} = 0,88$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{235000}{250000} = 0,94$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{250000}{250000} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается как:

$$I_{pi} = \sum(a_i \cdot b_i),$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 5.19

Таблица 5.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий Проект	Исп.2 (магистральная схема)	Исп.3 (смешанная схема)
1.Повышение энергоэффективности	0,3	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	5	5
3. Энергоэкономичность	0,1	5	4	5
4. Уровень шума	0,1	4	4	4
5. Надежность	0,15	5	4	4
6. Безопасность	0,1	5	4	5
Итого				

$$I_{\text{т.пр.}} = 0,3 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,9;$$

$$I_{\text{исп.1}} = 0,3 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4,25;$$

$$I_{\text{рисп.2}} = 0,3 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,45;$$

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 5.20.

Таблица 5.20 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Исп.1	Исп.2
Интегральный финансовый показатель разработки $I_{\text{финр}}$	0,88	0,94	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки I_p	4,9	4,25	4,45
Интегральный показатель эффективности I	5,57	4,52	4,45
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,14	1,06	1,000

Заключение по разделу

В ходе полной оценки стоимости проведения научного исследования был сформирован его бюджет. Все имеющееся на момент начала проведения исследования химическое сырье было принято, как вновь купленное по текущим ценам. Для имевшегося оборудования рассчитана амортизация.

Общий бюджет НТИ составил 220209,8 руб.

С точки зрения ресурсоэффективности, данный проект является перспективным конкурентоспособным по сравнению с существующими технологиями, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты за счет уменьшения количества оборудования.

6. Социальная ответственность

Введение

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Работа выполняется в аудитории 130 8 корпуса ТПУ. Площадь аудитории 50,56 м², имеется 2 окна, 1 дверной проём. Аудитория оснащена кондиционером, компьютерами, проводной сетью Интернет и имеет 9 рабочих мест. Произведен анализ вредных факторов таких как: повышение уровня шума, вибрации, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений, ухудшение показателей микроклимата. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 - ФЗ работник аудитории 130, 8 корпуса ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими

рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

6.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 130, 8 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

Рабочее место сотрудника аудитории 130, 8 корпуса ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

6.2. Производственная безопасность

Разрабатывать модель электроснабжения 8 корпуса ТПУ подразумевает использование персонального компьютера (ПК), с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при выполнении расчетов и разработке модели электроснабжения корпуса или работе с ПК, а также требования по организации рабочего места.

6.2.1. Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [19]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы:

Таблица 37 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	1. Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
2. Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	+	+	Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[22];
3. Неудовлетворительный микроклимат	+	+		2. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [23];
4. Повышенный уровень напряженности электростатического поля	+	+		3. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [24];
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.		+	+	4. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования проведению контроля [25]; 5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [34].

6.2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

При разработке модели электроснабжения 8 корпуса ТПУ в аудитории 130, 8 корпуса ТПУ, основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является ПК, возможность поражения электрическим током.

К основной документации, которая регламентирует вышеперечисленные вредные факторы относится СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы":

ПК должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке [21].

Электробезопасность:

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ПК в аудитории 130, 8 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [31]. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- 1) оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- 2) проведение инструктажей и допуск к работе;
- 3) надзор во время работы.

Уровень напряжения для питания ПК в данной аудитории 220 В. По опасности поражения электрическим током помещение 130, 8 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18- 20°, с влажностью 40-50%) [31].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- 1) прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- 2) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- 3) ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
- 4) поражение шаговым напряжением и др.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

Не следует размещать рабочие места с ПК вблизи силовых кабелей, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПК [21].

Освещение:

В аудитории 130, 8 корпуса ТПУ имеется естественное (боковое двухстороннее) и искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК осуществляется системой общего равномерного освещения. В аудитории 130, 8 корпуса, в случаях работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для

освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк [22]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [22].

В качестве источников света применяются светодиодные светильники или металлогалогенные лампы (используются в качестве местного освещения) [22].

Таблица 38 - Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий [22]

Поме щени	Рабочая поверхно сть и плоскость плоскость нормиров ания КЕО и освещенн ости, и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освеще нность рабочих поверхн остей, лк	Показа тель диском форт М, не более	Козффи циент пульсац ии Кп, %, не более
		При верхнем или комбиниро ванном освещении	При боково м освеще нии	При верхнем или комбиниро ванном освещении	При боков ом освещ ении			
Каби неты	Г-0,0	3,0	1,0	1,8	0,6	300	-	≤5%(раб ота с ПК) ≤20%(пр и работе с докумен тацией)

Согласно [32] освещение в аудитории 130 8 корпуса ТПУ соответствует

допустимым нормам.

Шум

При работе с ПК в аудитории 130, 8 корпуса ТПУ характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы.

Таблица 39 - Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест [23]

N пп.	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Согласно [24] уровень шума в аудитории 130, 8 корпуса ТПУ не более 80 дБА и соответствует нормам.

Микроклимат

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 130, 8 корпуса ТПУ независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года

используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Аудитория 130, 8 корпуса ТПУ является помещением I б категории. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) [24]

Таблица 40 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Катег. работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Iб	22-24	21-25	40-60	0,1

Таблица 41 - Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПК.

Согласно [32] микроклимат аудитории 130, 8 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

6.3. Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия ПК на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

6.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В данной выпускной классификационная работа выполняется в программном приложении Microsoft Office и не наносит вреда окружающей среде. С точки зрения влияния на окружающую среду можно рассмотреть влияние ПК при его утилизации.

Большинство компьютерной техники содержит бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец, фталаты, огнезащитные составы на основе брома и редкоземельные минералы [35]. Это очень вредные вещества, которые не должны попадать на свалку после истечения срока использования, а должны правильно утилизироваться.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях:

1. На первом этапе необходимо создать комиссию, задача которой заключается в принятии решений по списанию морально устаревшей или не рабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения.
2. Разрабатывается приказ о списании устройств. Для проведения экспертизы привлекается квалифицированное стороннее лицо или организация.
3. Составляется акт утилизации, основанного на результатах технического анализа, который подтверждает негодность оборудования для дальнейшего применения.
4. Формируется приказ на утилизацию. Все сопутствующие расходы должны отображаться в бухгалтерии.

5. Утилизацию оргтехники обязательно должна осуществлять специализированная фирма.

6. Получается специальная официальной формы, которая подтвердит успешность уничтожения электронного мусора.

После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах. [35]

6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС – это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления.

Так как объект исследований представляет из себя модель электроснабжения 8 корпуса, то наиболее вероятной ЧС в данном случае можно назвать пожар в аудитории с ПК. В комнате применяется дорогостоящее оборудование, не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной

безопасности. К примеру, замыкание электропроводки - в большинстве случаев тоже человеческий фактор. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в компьютерной комнате.

Согласно СП 5.13130.2009 предел огнестойкости компьютерной комнате должен быть следующим: перегородки - не менее EI 45, стены и перекрытия - не менее REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение должно оставаться герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня.

–Помещение компьютерной комнате должно быть отдельным помещением, функционально не совмещенным с другими помещениями. К примеру, не допускается в помещении компьютерной комнате организовывать мини-склад оборудования или канцелярских товаров.

–При разработке проекта компьютерной комнате необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории (п. 15.1 СП 5.13130.2009).

–Согласно СП 5.13130.2009 в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

6.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 130, 8 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

1) Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

2) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

–обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);

–пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

–обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико- электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или

временным пребыванием людей.

Аудитория 130, 8 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 42 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а

Таблица 43 - Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В корпусе 8 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации. План эвакуации людей на случай пожара приложена на рисунке 35.

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ

1 этаж



Действия при пожаре
Сохраняйте спокойствие!

1 Сообщите по телефону 01
- адрес объекта
- место возникновения пожара
- свою фамилию

2 Эвакуировать людей
- ориентироваться по знакам направления движения
- взять с собой пострадавших

3 По возможности принять меры по тушению пожара
- использовать средства противопожарной защиты
- при необходимости обеспечить помеху

Условные обозначения

Основной эвакуационный выход

Направление движения к эвакуационному выходу

Огнетушитель

Действия при аварии
Сохраняйте спокойствие!

1 Сообщите по телефону 01
- адрес объекта
- что случилось
- имеются ли пострадавшие
- свою фамилию

2 Локализовать аварию
- предотвратить развитие аварии
- локализовать источник аварии
- обозначить место аварии

3 Эвакуировать людей
- оказать помощь пострадавшим
- ориентироваться по знакам
- взять с собой пострадавших

Рисунок 35 - План эвакуации людей на случай пожара.

Вывод по разделу

В подразделе правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, рассмотрел специальные для работы компьютерные классы правовые нормы трудового законодательства. Указал особенности трудового законодательства применительно к конкретным условиям проекта.

В пункте производственная безопасность, анализировал вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в компьютерных классах, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов использовал ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для исследования научно-технической работы представил в виде таблицы.

Процесс исследования представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также разработка математической модели с помощью различных программных комплексов. Таким образом процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

В пункте безопасность в чрезвычайных ситуациях, проводил краткий анализ возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые могут возникнуть при разработке, производстве или эксплуатации проектируемого решения.

Заключение

В соответствии с Федеральным Законом от 23.11.2009 № 261 – ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [3] в данной работе на примере учебного корпуса показаны возможности и эффект от энергосберегающих мероприятий, который может быть достигнут в бюджетных образовательных учреждениях при требуемом финансировании и целенаправленном расходовании выделяемых средств.

В работе был проведен анализ структуры потребления электроэнергии, вследствие чего было выявлено, что основная часть электропотребления, а именно 49%, приходится на освещение, также в системе электроснабжения учебного корпуса наблюдаются завышенные потери электроэнергии в виду устаревшего электрооборудования.

Проведя анализ потребления электроэнергии были предложены возможные пути снижения потребления электроэнергии. Данные мероприятия включают в себя замену системы освещения, а именно замену люминесцентных ламп, имеющих короткий жизненный цикл, на светодиодные источники света, также для оптимального потребления электроэнергии осветительными установками с учетом естественной освещенности было предложено установить автоматическую систему управления освещением, которая регулирует электропотребление в соответствие с требуемым уровнем освещенности, более того замена старых трансформаторов на новые, более энергоэффективные, работающие в экономическом режиме, позволит существенно снизить потери.

Реализация данных мероприятий позволит снизить электропотребление на 147929 кВтч в год и плату за электроэнергию на 472971 руб/год. Общая стоимость

затрат составит 8 064 424 руб., а фактический срок окупаемости при реализации данных мероприятий составит 14 лет.

Список публикаций

1. Крючкова М. А., Голянская Е. О. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди, обладающего свойствами высокотемпературного сверхпроводника // Функциональные материалы: разработка, исследование, применение: сборник тезисов докладов I Всероссийского конкурса научных докладов студентов, Томск, 16-17 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - С. 12
2. Голянская Е. О., Клименко В. А., Крючкова М. А., Лаас А. А., Сивков А. А. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди плазмодинамическим методом с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. (24-27 апреля 2013г) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.-с 70-72
3. Борщев Е.С., Голянская Е.О., Жабасов Т.К., Клименко В.А., Крючкова М.А., Лаас А.А., Набойченко Д.А., Подворчан Е.Э., Сон В.Д., Сухаревский П.В. Двигатель Стирлинга // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. (24-27 апреля 2013г) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.-с. 177-180.
4. Голянская Е. О., Аникина Ж. С. Различия американского и британского вариантов английского языка // Язык и мировая культура: взгляд молодых исследователей: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции: в 3-х частях (часть 2), Томск, 24-28 Апреля 2013. - Томск: Изд-во ТПУ, 2013 - С. 22-26"

5. Голянская Е. О., Крючкова М. А. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди плазмодинамическим методом с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя // Интеллектуальные энергосистемы: Сборник материалов I Международного молодежного форума. (21-25 октября 2013) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.-с. 243-247.
6. Голянская Е. О., Варавин А. С. Аксонометрия. Доказательство теоремы Польке-Шварца [Текст] / Е. О. Голянская // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.(13-16 ноября 2013 г.)/ – Томск: Изд-во ТПУ. –с.468-470
7. Голянская Е. О. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди плазмодинамическим методом с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов V Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. (25-27 марта 2014г) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.-с 62-64
8. Голянская Е. О., Сухаревский П. В. устройство для подзарядки литий-ионных аккумуляторов от энергии ходьбы // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов V Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. (25-27 марта 2014г) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.-с. 179-182.

9. Golyanskaya E. O. , Anikina Z. S. Differences between American and British English // Язык и мировая культура: взгляд молодых исследователей: сборник научных трудов XIV Всероссийской научно-практической конференции: в 2 частях, Томск, 25-28 Апреля 2014. - Томск: Изд-во ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 9-12
10. Голянская Е. О. , Крючкова М. А. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди, обладающего свойствами сверхпроводника // Функциональные материалы: разработка, исследование, применение: сборник тезисов докладов II Всероссийского конкурса научных докладов студентов, 22–23 мая 2014 г. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.-с. 49-50
11. Golyanskaya E. O., Sivkov A. A. Synthesis of ultrafine copper oxide powder with plasma-dynamic method in the coaxial magneto-plasma accelerator //Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие [электронный ресурс] : электронное научное издание : сборник материалов Международной научно-практической интернет-конференции, Ижевск, 23-28 июня 2014 г./ ФГБОУВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» – Электрон. дан. (1 файл : 7,5 Mb.). – Ижевск, 2014. – 197 с. -ISBN 978-5-9905699-1-1. , с. 23-26
12. Anikina Z. S., Golyanskaya E. O. An Insight Into Competence Approach: The Role of ELT for University Training in Russia // International Conference on Education and Management Science: Proceedings, Beijing, August 19-20, 2014. - Lancaster: DEStech Publications Inc., 2014 - p. 39-42
13. Anikina Z. S., Golyanskaya E. O. L2 Potential for University in the Context of Competence Approach // Procedia - Social and Behavioral Sciences. - 2015 - Vol. 206. - p. 133-136
14. Golyanskaya E. O. , Sivkov A. A. , Anikina Z. S. Synthesis of Ultradisperse Carbon Dioxide Powder with Plasma-Dynamic Method in the Coaxial Magneto-Plasma

Accelerator // EPJ Web of Conferences. - 2016 - №. 110, Article number 01022. -
p. 1-4

Список литературы

1. А.И. Гаврилин, С.Г. Обухов, А.И. Озга. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра. – Томск: ТПУ, 2001 – 93 с.
2. Л.П. Сумарокова, Электроснабжение промышленных предприятий. Учеб. Пособие. - Томск: ТПУ, 2012. – 288 с.
3. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.
4. Обухов С.Г. Математическое моделирование в системах электроснабжения: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Математическое моделирование в системах электроснабжения» для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение промышленных предприятий» / С.Г.Обухов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 74 с.
5. Мельников М. А. Внутривзаводское электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск:Изд. ТПУ, 2004. – 180 с.
6. Файбисович Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 352 с.: ил.
7. Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 646 с.
8. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с., ил.
9. Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 646 с.

10. А.В. Кабышев Электроснабжение объектов Ч.1 Расчет электрических нагрузок, нагрев проводников и электрооборудования. Учеб.пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2007. – 185 с.
11. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. Часть 2. Расчет токов короткого замыкания в электроустановках до 1000 В. Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009 - 168с
12. А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. Кн. 2. Технические сведения об оборудовании. М., «Энергия»,1974.
13. Кабышев А.В. Низковольтные автоматические выключатели: учебное пособие / А.В. Кабышев, Е.В. Тарасов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 346 с.
14. Каталог вводных распределительных устройства ООО «Айди-Электро»
Ссылка: <http://www.idelectro.ru/>
15. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Томск: ТПУ, 2014. – 37 с.
16. Тульчинская Я.И. «Методика оценки эффективности замены светильников и ламп на энергосберегающие».
17. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
18. Breaking energy, The curious case of Russian energy efficiency, [online]. Available on: <http://breakingenergy.com/2014/08/01/the-curious-case-of-russian-energy-efficiency/> [Date accessed 15.11.16]
19. Лахно, П. Г. Энергетическое право России на современном этапе его развития / П. Г. Лахно - Государство и право. – 2014. – № 7. – С. 115-121.

20. Федеральный закон от 3 июля 2016 г. N 269-ФЗ "О внесении изменения в статью 13 Федерального закона "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"

21. Силовые трансформаторы ТМГ. Каталог.

22. Ростовская Элэротехническая компания [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.rec.su/catalog/tmg12_250.php, свободный. – Загл. с экрана.

23. Правила устройства электроустановок. – 7-ое изд., – М.: Госэнергонадзор, 2002. – 928 с.

24. Государственная программа Российской Федерации

25. «Энергоэффективность и развитие энергетики», утверждена распоряжением Правительства от 15 апреля 2014 года №321.

26. ТомскЭнергоСбыт. Цены на ЭЭ. [Электронный ресурс].- Режим доступа:http://www.ensb.tomsk.ru/corporate_banking/rates_and_prices/?sid=&year=2014&month=11#results, свободный. – Загл. с экрана.

27. Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/prognoz/doc20130325_06, свободный. – Загл. с экрана.

28. Климова Г.Н., Кабышев А.В. Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий: учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 189 с.

29. Сергеев, Н. Н. Теоретические аспекты энергосбережения и повышения энергетической эффективности промышленных предприятий / Н. Н. Сергеев - Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2013. – № 1. – С. 29-36.

30. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р.

31. Лекция «Расчет осветительной нагрузки». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/g/GARIKI/uchrab/%D0%9B%D0%B5%D0%B A%D1%86%D0%B8%D0%B8/Oswet.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

32. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78) (с изменениями и дополнениями).

33. SHAPIRO, Ian M. Energy audits and improvements for commercial buildings. ISBN 9781119084167.

34. State program issued by Russian Federation government from 27.11.2010, “Energy saving and increasing energy efficiency program till 2020”, N2446-p.

35. Пяткова, Н. И. Методические особенности исследования проблем энергетической безопасности на современном этапе / Н. И. Пяткова, С. М. Сендеров, Е. В. Пяткова // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2014. – № 2. – С. 81-87.

36. JAFARI, A., VALENTIN, V. An optimization framework for building energy retrofits decision making: Elsevier journal – Building and environment, 2017

37. Назаренко О.Б. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 15 с.

38. SINGH, Jas. Public procurement of energy efficiency services: lessons from international experience. Washington, D.C.: ESMAP/Sector Management Assistance Program, c2010. Directions in development (Washington, D.C.). ISBN 0821381024.

39. Тупикина, А. А. Развитие энергосбережения и повышения энергетической эффективности в России и за рубежом / А. А. Тупикина // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. – 2014. – № 4. – с. 216-226.
40. Тупикина, А. А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности: история понятий / А. А. Тупикина // Бизнес. Образование. Право. – 2014. – № 2. – с. 90-95.
41. Люминесцентные лампы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://artillum.ru/lamps/discharge-lamps/45-fluorescent-lamps.html>, свободный. – Загл. с экрана.
42. Светодиодные источники света. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.compel.ru/lib/ne/2012/2/11-da-budet-cree-svetodiodyi-cree-dlya-vnutrennego-i-naruzhnogo-osveshheniya/>, свободный. – Загл. с экрана.
43. Data about electrical energy consumption by considered educational building provided by the head of electrical department of TPU. [Received 26.02.2017].
44. KIREEV, E.A. Single line scheme of TP-671-2 and TP-671-2a substations. Department of OGE AHSR TPU.
45. Tomsk Polytechnic University, [online]. Available on: <http://portal.tpu.ru/> [Date accessed 4.1.17].
46. StatSoft. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches/detail.php?ELEMENT_ID=644#Резюме, свободный. – Загл. с экрана.
47. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник – М.:ООО «Бином-Пресс», 2007 г. – 512 с.: ил.
48. Лихоткин В.С., Родин В.В., Губанов Д.В. Автоматизация управления и контроля освещения общественных зданий.
49. Системы регулирования освещения. Каталог компании DISANO.

50. Шишов О.В. Программирование релейных контроллеров. – Саранск, 2014. – 147 с.
51. Диаграмма Ганта [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://worksection.com/faq/gantt-chart.html>, свободный. – Загл. с экрана.
52. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
53. ИНСТРУКЦИЯ по охране труда для пользователей и операторов персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ) и видеодисплейных терминалов (ВДТ) № Э-12-99.
54. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
55. СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий».
56. Назаренко О.Б., Амелькович Ю.А., Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие; Томский политехнический университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.
57. Федеральный закон 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Приложение А
Однолинейная электроснабжения 8 корпуса

Приложение Б

Раздел 1

ANALYSIS OF ENERGY SAVINGS MEASURES IN PUBLIC BUILDING I N RUSSIAN FEDERATION

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM84	Голянская Евгения Олеговна		

Консультант кафедры ЭПП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев Игорь Олегович	к.т.н. доцент		

Консультант – лингвист кафедры ИЯЭИ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Соколова Эльвира Яковлевна	к.п.н. доцент		

Introduction

Nowadays energy resources in public buildings are not used rationally. According to requirements of MC ISO 50001:2014 each public organization must to provide system analysis of consumed energy sources to distinguish the rate of their effective usage. In this work, an analysis of the consumption of energy resources by an educational institution was carried out using the example of the Energy Institute of the Tomsk Polytechnic University.

According to the Federal law from 23.11.2009 N 261-FZ in educational buildings there have to be created measures which allow decreasing energy and resources consumption (volume of consumed water, diesel fuel or other types of fuel, natural gas, thermal and electrical energy) minimally by 3% per a year during the next five years [1]. Based on the law the main purpose of this work is to analyze all possible measures which can be implemented in educational building and design energy saving measures which will be applicable for considered educational building in current conditions.

This work consists of five main parts. Firstly, the analysis of electric energy consumption in the world is carried out and the concept of energy efficiency is explained. The reasons why energy efficiency measures should be implemented are considered. The second part of this work provides the analysis of existing situation of energy efficiency measures implementation in considered country based on issued government laws. The next part of this work includes detailed description of current conditions of considered building. It includes general description of the building (location, size, plan, climate in the region and ext.), detailed analysis of electrical energy consumption structure in the educational building, analysis of factors which influence on electrical energy consumption and analysis of the main electrical energy consumers in the educational building. Then, all possible measures to improve energy efficiency that can be implemented in the educational building were analyzed.

1. Review of the main issue in the field of energy efficiency

1.1 The analysis of world energy consumption dynamic

According to research provided by US Energy information administration the world net electricity generation from 2012 till 2040 has been increased on 69%, from 21,6 trillion kWh in 2012 to 25,8 trillion kWh in 2020 and 36,5 trillion kWh in 2040. Electricity

consumption rate is the fastest growing type of end-consumers utilities [2].

The rise of electricity consumption rate is strongly connected with economic growth of a country. As it is noticed in the International Energy Outlook 2016 report world gross domestic product (GDP) rise is gradually slowing down in comparison with the last 20 years, however, electricity demand is continuously increasing, especially among countries which are not parts of Organization of Economic Cooperation and Development (non-OECD countries). According to statistic data in 2012, electricity generation rate in non-OECD countries was almost a half from electrical energy generation in the entire world. Moreover, with constant economic growth in non-OECD countries electricity demand is growing as well [3]. Over the past several decades throughout the world a set of primary electrical energy sources has been a little bit changed. Nevertheless, according to statistical data coal is considered to be the fuel which is the most widely used in electricity generation, but due to bad harmful influence on the environment and attempts to implement other energy sources the coal to be not so popular in usage. It is possible to notice that the rate of electrical energy generated by nuclear power stations is has significantly increased from the 1970s till the 1980s, and electrical energy generated in a way of natural gas-firing is has increased after the 1980s. However, during this period the use of oil for electrical energy generation has decreased due to significant oil prices growth [2].

Environmental consequences of greenhouse gas emissions and rapid growth in development of renewable energy sources brought the main influence on electrical energy consumption rate in the early 2000s. At the same time, natural gas started to be more widely used due to the fact that this fossil fuel emits significantly less amount of carbon dioxide than oil or coal per 1 kWh generated. The IEO2016 Reference case promotes support of electrical energy generation from natural gas, nuclear, and renewable energy sources. Moreover, the most prospective direction in electrical energy generation changes are considered renewable energy sources which nowadays are the fastest-growing source

of electrical energy generation. During the period from 2012 till 2049 according to forecast of IEO2016 Reference electrical energy generation by renewables has increased in average on 2,9%. It is reported that non-hydropower renewable energy sources are one of the fastest growing sources of electrical energy generation. In 2012 such renewables have been taken 5% of total world electricity generation and as it is estimated in IEO2016 that in 2049 the share of non-hydropower renewables will be 14% [2].

According to IEO2016 Reference, natural gas and nuclear power are the next fastest growing sources of electricity generation. Based on forecast during the period 2012-2040 the rates of increasing natural gas- fired electricity generation and nuclear power generation are 2,7% per a year and 2,4% per a year, consequently. Thus, it is possible to notice that till 2040 electrical energy generated by renewable sources will be the world's largest source of electrical energy [3].

Figure 1 shows constant growth of the world electrical energy consumption provided by Global Energy Statistical Yearbook [3].

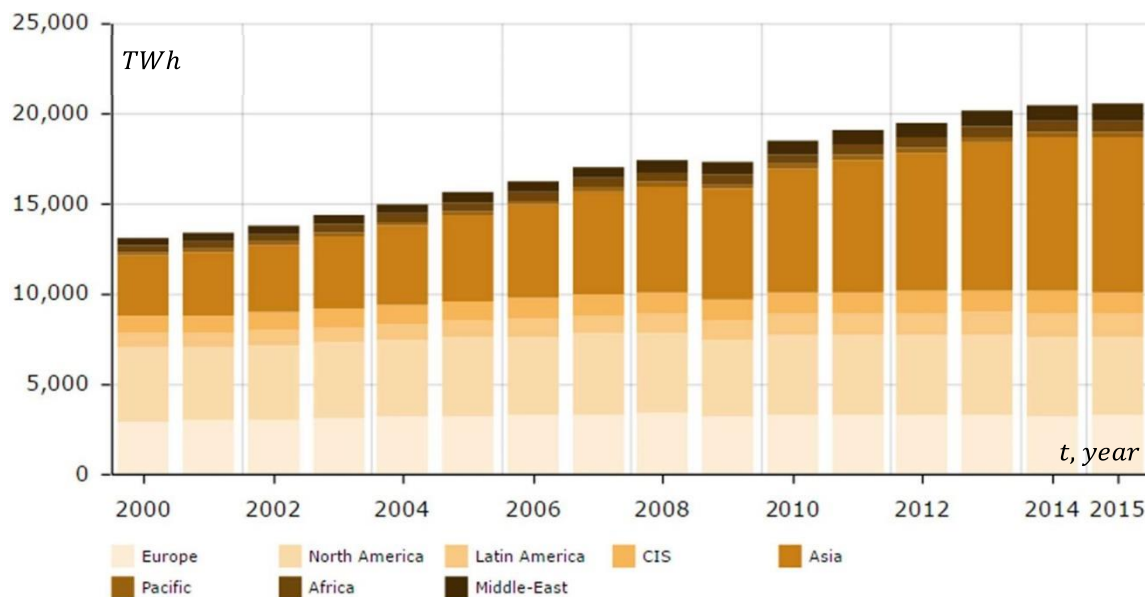


Figure 1 - World electrical energy consumption [24]

The electrical energy use in the world is rising significantly due to increasing energy consumption, the growth of population, constantly developing society, the rapid growth of modern technologies and etc. Figure 1 shows world electricity consumption. There is

constantly growing dynamic and it is simply to notice that from 2000 till 2015 electrical energy consumption has increased significantly. All these factors cause the modern world to invent measures, which from one hand will allow decreasing level of energy consumption and energy generation and from another hand reducing the cost of the energy. There is a necessity of reducing energy consumption since it could lead to irrational resources use. Irrational energy consumption can lead not only to negative influence on business but as well to irreversible environmental consequences.

1.1 Energy efficiency concept

Analyzing the existing situation of the rapid worldwide energy growth rate, it is possible to say that there is a necessity in implementation measures which allow to reducing energy consumption level.

Energy saving methods are aimed at controlling and reducing organization energy consumption. The following factors are important because they can lead to:

- Cost reduction - is the most important fact.
- Carbon emissions reduction and environmental damage - as well as the cost-related implications of carbon taxes.
- Risk reduction – the more energy is consumed, the greater the risk that energy price increases or supply shortages could seriously effect the company. With energy management this risk can be eliminated by reducing demand for energy and by controlling it so as to make it more predictable [4].

One of the most important factors is that the energy saving program should be applied to all buildings or to a group of buildings. The effect of energy-saving measures will not be observed when applied to only one building. The big role in this field plays scale of energy saving measures implementation.

Nowadays energy efficiency notion is lying in the basis of energy saving concept. To be energy efficient means to use less energy for the same amount of work. The example below shows a clear explanation of energy efficiency. For instance, there is a good

insulated house. That house keeps heat better, therefore, less heat needs to be used for creation of comfortable environment in the house. This example shows what does it mean to be energy efficient. However, energy efficiency can be achieved in different ways. Firstly, existing buildings can be insulated by using of up-to-date insulation materials. Another opportunity is windows replacement with implementation of new three-glazed windows which eliminate heat losses. The next opportunity could be applied to industrial buildings. By using modern technologies there is a possibility to reuse heat which is produced during technological process and such heat can be used again in the industrial purposes [4].

Before the development of energy efficiency program, it is a necessary to know the current energy efficiency situation in the country. Because exactly this information is the basis of energy efficiency program. Such basic information includes the existing level of energy efficiency implementation in a country, possible support from the government site and potential obstacles on a way of energy efficiency measures implementation.

2. Analysis of energy consumption and description of public building conditions

First of all, it is necessary to know current conditions of the object of research. Based on the building description and energy consumption analysis possible energy saving measures will be offered.

2.1 General description of the subject of research

The subject of this work is Tomsk Polytechnic University educational building number eight.

The building is located at 7 Usova street, Tomsk. The location of educational building is illustrated in Figure A.2.

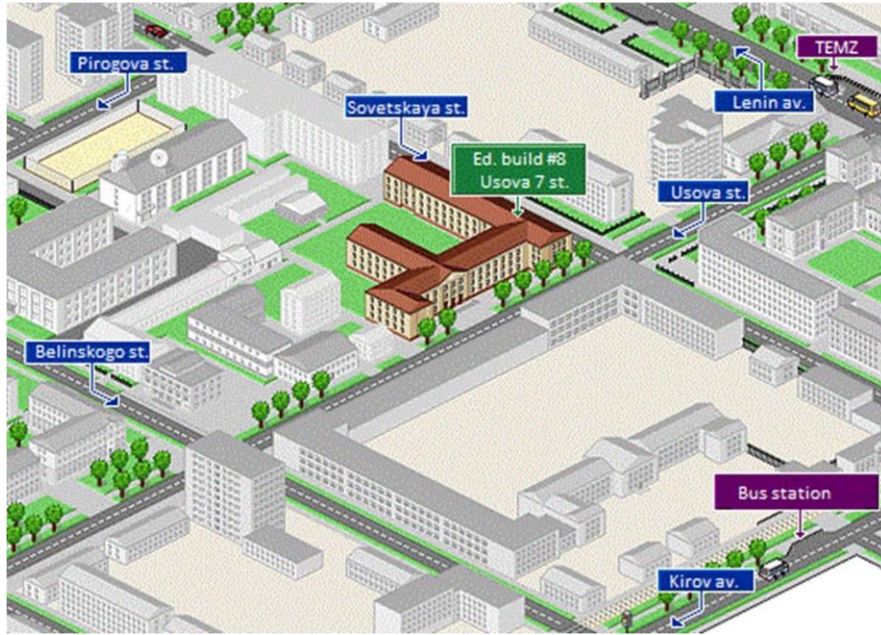


Figure 2 - Educational building location [30]

The building has four floors: ground floor, the first floor, the second floor and the third floor. Each level has the same plan. The building has mainly small rooms for regular classes. The structure of the building was analyzed and it was concluded that all rooms in educational building can be divided into four main categories: lecture rooms, small practice rooms, teacher rooms and corridors. Figure A.3 shows the educational building rooms.

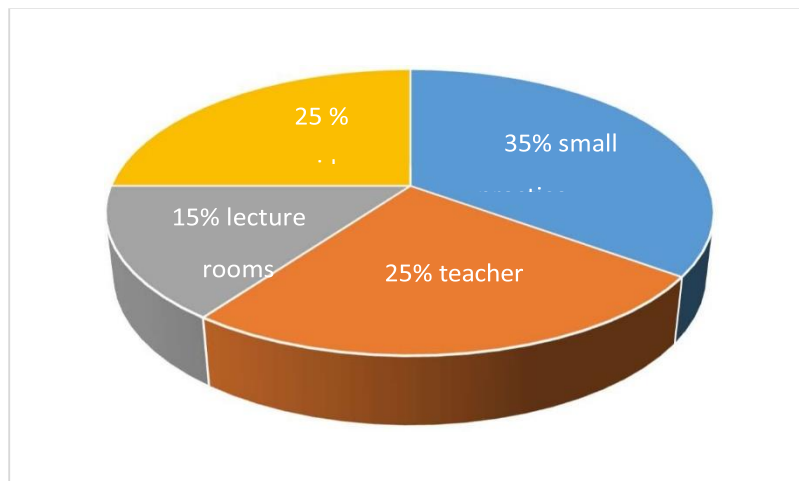


Figure 3 - Structure of educational building rooms

As it can be seen the main part of educational building are small practice rooms

(about 35%). That means that for every type of room special measures have to be created.

One more important factor, which has significant influence on electrical energy consumption, is climate conditions. Tomsk is located in variable climate zone. There is a continental climate. It is possible to notice that seasons in Tomsk region change rapidly, the winter period starts in November and lasts till April. The summer in Tomsk is short and cool. The average temperature in January is $-22,6^{\circ}\text{C}$, the average temperature in July is $+20,4^{\circ}\text{C}$ [9].

According to the table which represents educational process in the Tomsk Polytechnic University, educational process from September till July. Classes are conducted from Monday till Saturday (6 days per a week) from 08:00 till 20:00 (12 hours per a day).

What concerns electrical energy supply, the building is powered by two substations. Figure A.4 depicts a part of single line scheme of TP-671-2 and TP-671- 2a substations. The scheme shows the external power supply of educational building. Substations TS 671-2 and TS 671-2a have installed capacity of consumers $P_{\text{inst}}=650\text{ kW}$. There are seven incoming switchgears in educational building. Installed capacity of educational building consumers is 650 kW [10].

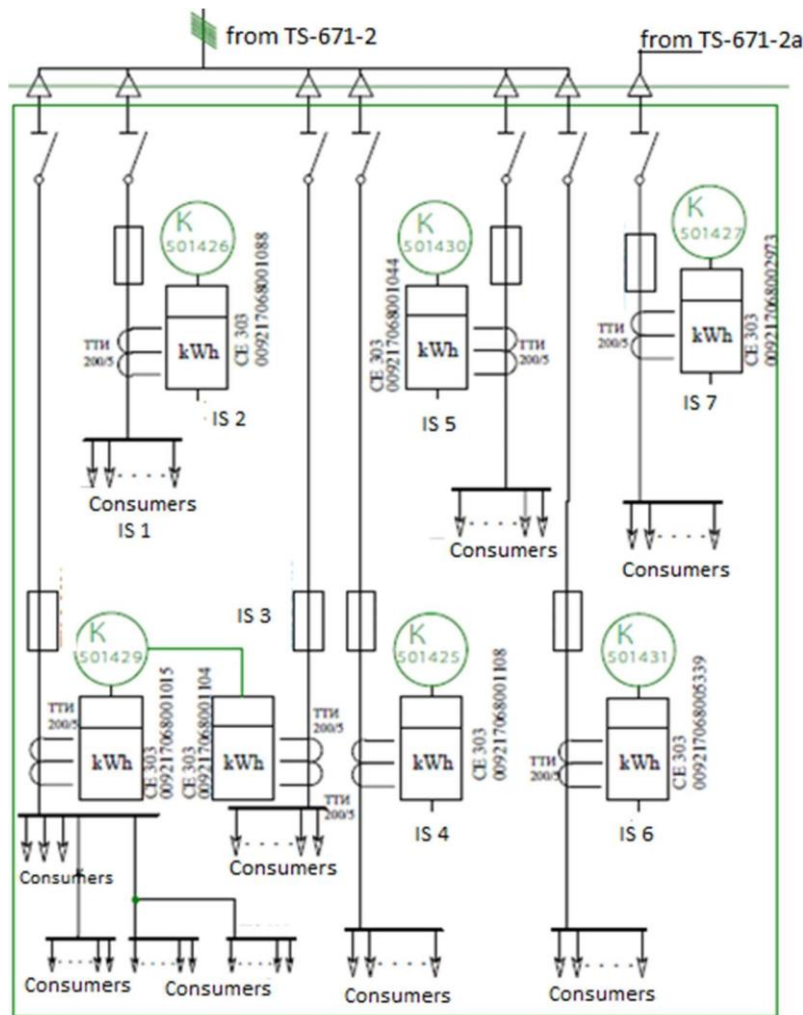


Figure 4 – Scheme of external power supply of educational building

2.2 Analysis of energy consumption of educational building

The analysis of energy consumption by Tomsk Polytechnic University educational building is provided bellow.

In the table A.1 energy consumption data by Tomsk Polytechnic University educational building is represented. These data were obtained by meters installed in an incoming switchgear.

Table A.1 - Thermal and electrical energy consumption data for 8 year period [5]

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Electrical energy consumption, MWh	548,3	559	823	821.4	799,3	559,3	599	579

Thermal energy consumption, Gcal	3850,7	4087,4	3863,4	3741,4	2768,3	NA	NA	NA
-------------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	----	----	----

To have a clear possibility to compare these data it were converted to the same units – Gcal to MWh (table A.2).

Thus, 1 Gcal=1,162 MWh.

Table A.2 - Thermal and electrical energy consumption data in MWh unit

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Electrical energy consumption, MWh	548,3	559	823	821,4	799,3	559,3	599	579
Thermal energy consumption, MWh	4474,6	4750	4489,7	4347,9	3217	NA	NA	NA

Figure A.5 shows the dynamic of energy consumption by the Tomsk Polytechnic educational building.

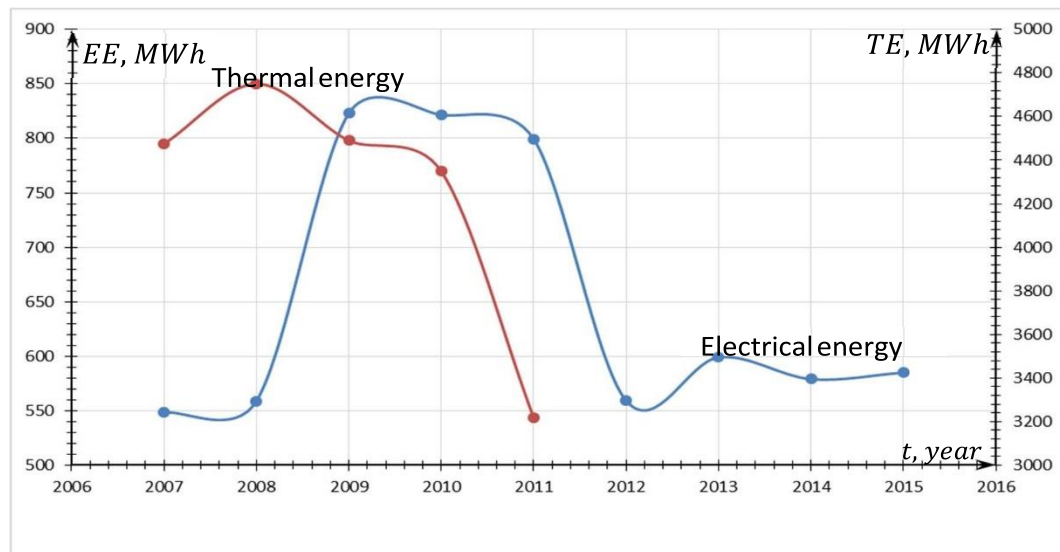


Figure 5 - Energy consumption dynamic [5]

Analyzing Figure 4 it can be concluded that there is a tendency of thermal energy consumption reduction. This reduction could be a result of changing a part of old windows to new windows, which have better insulation against loss of heat, another reason could be regulation of the heating and artificial reducing of heating season as well.

What concerns electrical energy consumption, during the period from 2009 till 2011

there was a leap in electrical energy consumption. However, from 2011 electrical energy consumption started to reduce and currently it is approximately at the same level. This reduction can be explained by implementation of energy efficiency measures.

During electrical energy analysis there is a necessity to take into account electrical energy prices since it is known that electrical energy tariff grows every year. The dynamic of electrical energy prices is represented below [12].

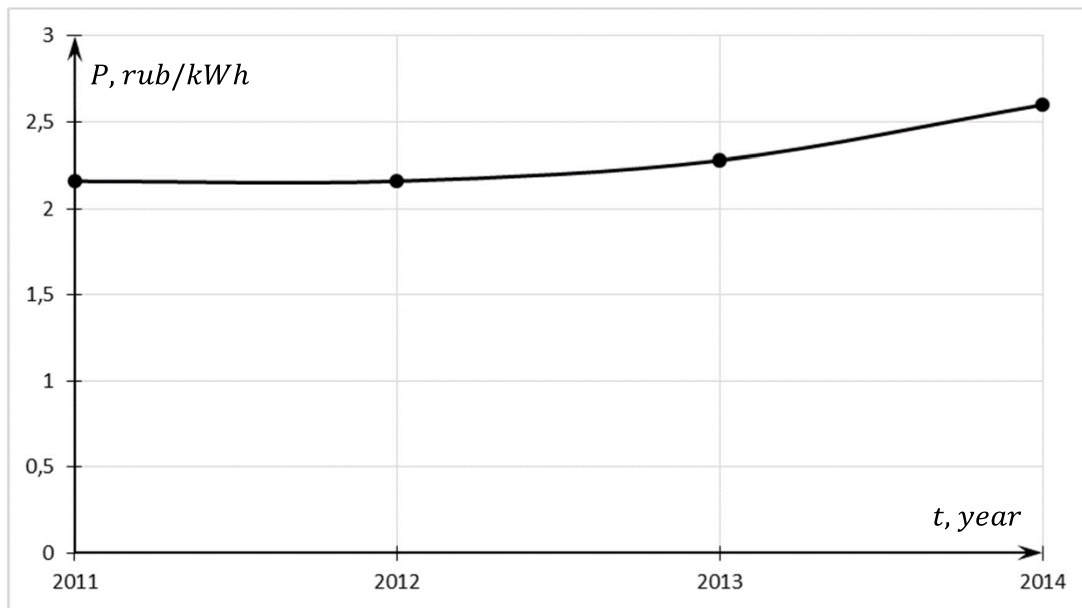


Figure 6 - Electrical energy price changing dynamic

The dynamics of payment for electric energy with a change in the consumption of electric energy by the educational building is presented in the figure A.7.

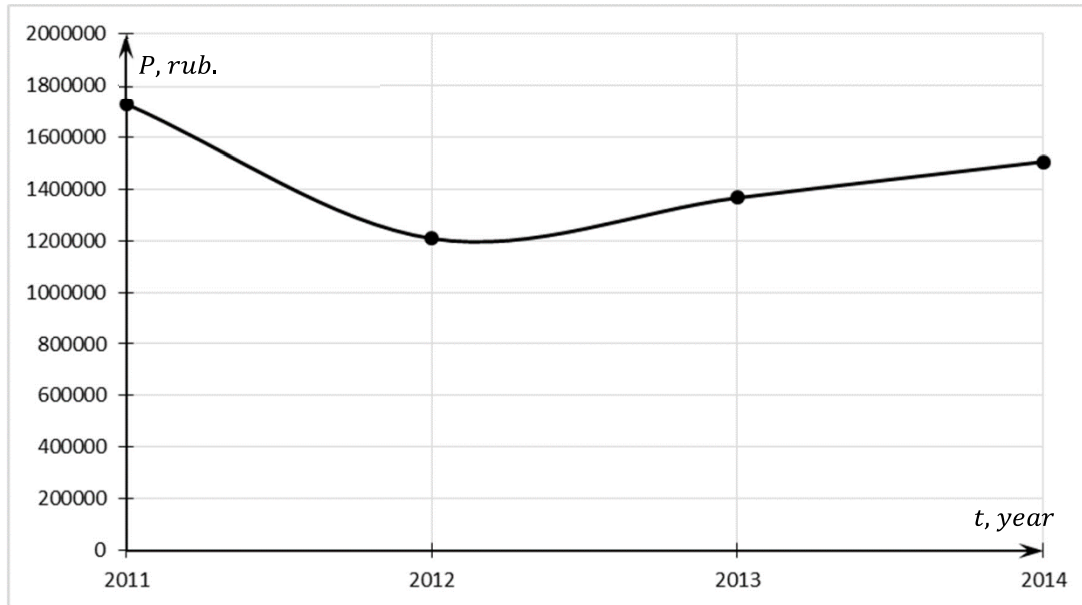


Figure 7 - Electrical energy payment changing dynamic

Figure 7 shows that in 2012 a small decrease of electrical energy consumption was observed and consequently the payment for electrical energy was less, moreover, the electrical energy tariff during 2011-2012 was at the same level. From 2012 electrical energy consumption was approximately stable but the slow tariff growth increased payment for electrical energy.

2.3 Analysis of factors influencing electrical energy consumption

The organization of educational process influence mainly on electrical energy consumption in educational buildings. A linear graph of the learning process can help more accurately show the structure of electric energy consumption and improve the accuracy of the forecast of electric energy consumption.

The linear schedule of educational process shows that the educational process is constant during an academic year. Thus, lecture rooms are always in demand. Educational process does not change.

Taking into account the number of students [10] the specific electrical energy consumption for one student was estimated. Table A.3 represents the number of power engineering institute students.

Table A.3 – The number of Power engineering institute students

Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Number of students, pers.	2 168	2 094	2 099	2 313	2 171	2 098

The data in the table show that the number of students has changed but not significantly. It can be concluded that number of students doesn't influence electric energy consumption.

Another factor, which has influence on electrical energy consumption rate, is duration of daylight. Daylight duration in autumn and spring is more than in winter, therefore lighting installations are used more actively during this time. There is the highest electrical energy consumption rate in winter [14].

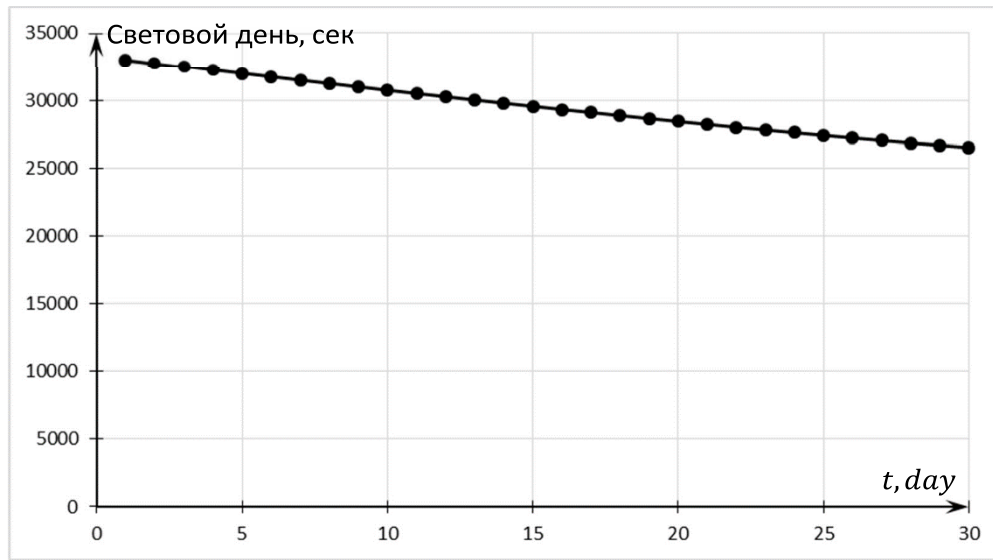


Figure 8 - Daylight duration in November [14]

Of course, daylight duration time is one of the most important factors which have influence on electrical energy consumption rate.

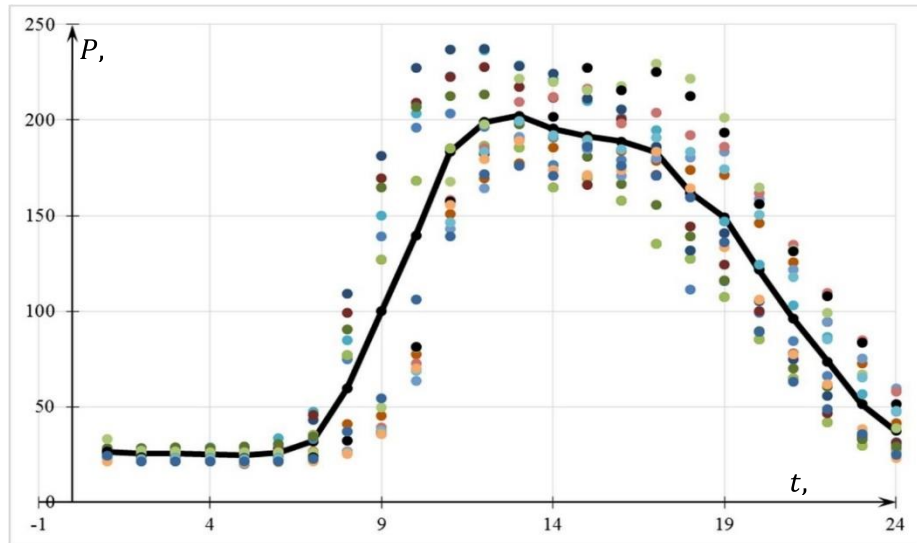


Figure 9 - Average electrical energy consumption for working day in November [11]

Figure A.9 shows that the maximum electrical energy consumption is from 11:00 till 20:00. In this case using motion sensors and automatic control system allows to decrease electrical energy consumption rate.

Let's take into account the average daily temperature change in November.

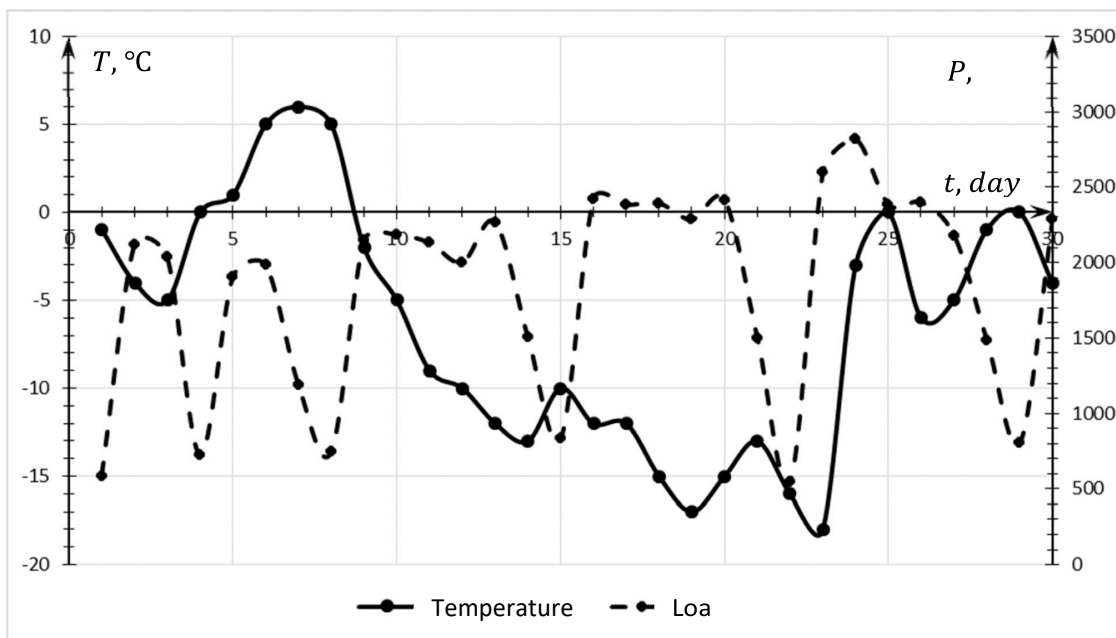


Figure 10 - Average daily temperature and electrical energy consumption in November 2015 [11]

From the 10th till the 24th of November the temperature is below zero, therefore during this period electrical energy consumption was bigger in comparison with other days of this month. Decreasing of electrical energy consumption can be explained by season character of electrical energy consumption. Figure shows that during working days when there is decrease of temperature the electrical energy consumption is increased and in the opposite when there is temperature increase the electrical energy consumption rate is decreased [15].

2.4 The main electrical energy consumers

The main electrical energy consumers in educational building are lighting installations, office facilities and laboratory equipment. The structure of electrical energy consumption is presented in Figure A.11.

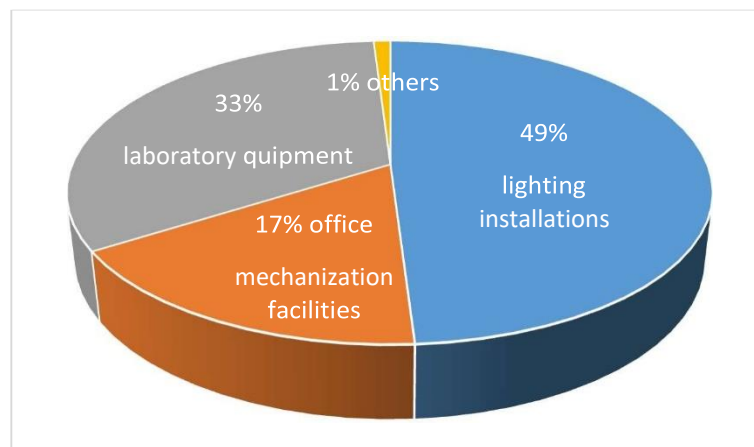


Figure 11 - Structure of electrical energy consumption in educational building

The part of consumed electrical energy by lighting installations is about 49% in educational buildings. According to statistical data electrical energy consumption by Tomsk Polytechnic University in 2014 is 578 920 kWh [8]. Saving of electrical energy in lighting system can be achieved as by decreasing nominal power of lighting sources as by reduction of usage period of lighting installations and by implementing automatic control system.

As Figure A.3 shows the main part of educational building are lecture rooms and

research laboratories, which have strict requirements to lighting level. Nowadays the level of artificial lighting in lecture rooms mostly does not satisfy the minimal lighting requirements according to normative documents [16]. There is a necessity in lighting system reconstruction to satisfy requirements of FZ-261 [1]. The reconstruction will allow to reduce expenses on electrical energy by realization energy saving measures and it will allow to reach required lighting level.

The core measures in electrical energy saving in lighting installations are the following:

- Reduction of incandescent lamps usage and changing it for fluorescent lamps.

Another variant is changing fluorescent lamps for LED;

- Usage of fluorescent lamps with higher light output;
- Implementation of energy efficient fluorescent lamps: 18W instead of 20W; 36W

instead of 40 W; 58W instead of 65W;

- Increase of efficiency rate η of existing light sources by regular cleaning;
- Usage of reflected light;
- Implementation of automatic control system [17].

3. Identifying and designing suitable energy savings measures for public building

The Government can have a significant influence on reducing energy consumption by developing special laws. It is necessary to notice that government is interested in it because such measures show that technologies in the country are developing. Thus, I can say that government support plays a big role in stimulating of energy efficiency measures implementation.

According to Figure A.10 the significant part of electrical energy consumption in educational buildings is consumption of electrical energy by lighting installations. Its analysis helps influence lighting installation and reduce power consumption. However, such measure demands relatively big investments. What concerns another electrical

energy consumers in educational building their part is not so big but nevertheless I can create measures to regulate it as well. Thus, the initial data are as follows: data about electrical energy consumption, general data about building (size, quantity and type of rooms, availability of different technologies), data about heating, data about the source of hot water, system of rooms air conditioning and ext.

3.1 Possible energy efficiency measures

Nowadays the development of energy efficiency measures is determining an increasingly popular direction. There are various studies describing attempts and practice of implementing measures to improve energy efficiency in this area depending on different climate conditions and various types of buildings.

Such measures can be divided into two categories depending on investments (Figure A.12).

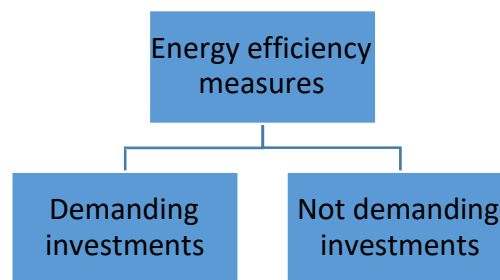


Figure 12 - Primary categories of energy efficiency measures

For development energy efficient measures which do not require investments, careful analysis of existing situation in the building has to be provided. It is important to know what technologies are used currently in the building and possible ways of influence on them. For example, it could be a modernization of the heating system, ventilation system and any other systems that are used in the building. During detailed analysis of electrical energy consumption “weak places” can be revealed in the building, the places where there are energy losses or energy is used inefficiently. In case of measures which are demanding investments detailed economical evaluation has to be provided along with it there is a necessity to find the source of investments. Such measures include replacing lighting installations, development of control system, replacement of energy source to

more efficient one and etc. [18].

Depending on the way of implementation all measures can be divided into following five groups [19].

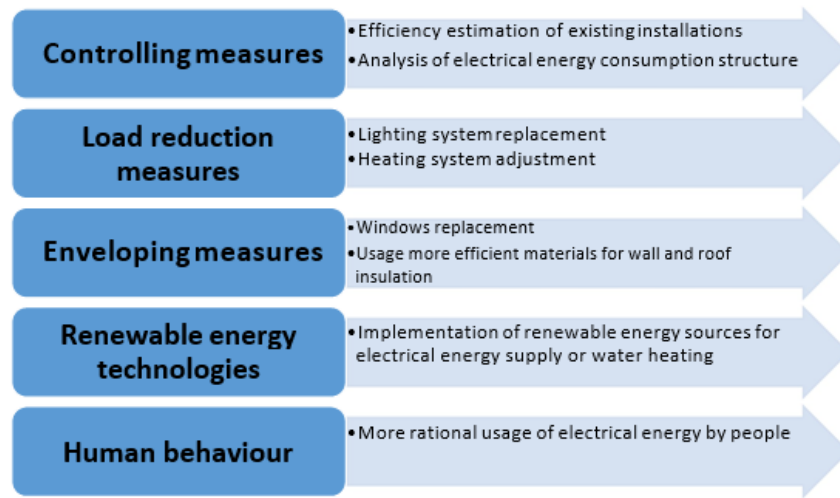


Figure 13 - Ways of energy efficiency measure implementation

Using controlling measures, the information about primary consumption level is monitored and controlled and the effectiveness of existing installations is evaluated. Load reductions measures are aimed at adjustment of existing technologies in the building. For example, these measures include lighting system replacement or setting up a heating system. Thermal insulation measures include using more efficient materials for walls and roof insulation. Moreover, the example of such measures can be windows replacement by more efficient models. Many authors recommend using of renewable energy sources, however, such measure can be applied not for all types of buildings. Finally, the last category is human behavior. This measure offers development of stimulus for people to use electrical energy less or to use energy more rationally [19].

Unfortunately, not all from offered ways of energy efficiency measures implementation can be used for my object of research. First of all, I should take into account type of the building. Such measures as thermal insulation, renewable energy technologies or human behavior will work in an efficient way in residential buildings, where the building has relatively small square area and users are interested in energy

consumption reduction.

In case of public building such measures as controlling and load reduction can be implemented and it is expected that it brings a good result. Thermal insulation measures may also be applied, but this will be more costly and an economic justification should be provided.

Conclusion

In this work, according to Federal law from 23.11.2009 N 261-FZ “About energy savings and increase of electrical efficiency and about amendments in certain legislative acts of Russian Federation” [1], all possible measures to improve energy efficiency within the educational building were considered. There is a big range of different energy efficient measures.

A significant part of the energy consumption in the educational building is occupied by lighting installations. Therefore, reconstruction of existing lighting system is proposed. It is necessary to change fluorescent lamps to LEDs which are more efficient. Replacing light sources does not require a significant investment. LED lamps have more advantages compared to fluorescent lamps. For example, the life time of LEDs is 10 times longer than the life time of fluorescent lamps. However, during the calculation it was identified that replacing of existing lighting sources is more efficient as well as implementation of lighting control system. This system significantly saves of electrical energy. Lighting control system monitors lighting level and adjusts it according to minimal lighting requirement in educational building. This system is efficient because it allows for natural lighting. If natural lighting is not enough, it adjusts lighting level in lecture room to the minimum necessary level. In comparison with existing lighting system lighting control system decreases electrical energy consumption by six times.

Implementation of offered energy efficiency measures allows reducing electrical energy consumption by 147 930 kWh annually and, consequently, decreasing payment for electrical energy consumption by 473 000 rub/year. Total investments for the

implementation of energy efficient measures is 13 524 000 rub and payback period is 17 years.

References

1. Federal law from 23.11.2009 N 261-FZ (edited 13.07.2015) “About energy savings and increase of electrical efficiency and about amendments in certain legislative acts of Russian Federation”.
2. US energy information administration, International Energy outlook 2016, [online]. Available on: <https://www.eia.gov/forecasts/ieo/electricity.cfm> [Date accessed 20.10.16].
3. Global Energy Statistical Yearbook 2016, Electricity domestic consumption, [online]. Available on: <https://yearbook.enerdata.net/world-electricity-production-map-graph-and-data.html#electricity-domestic-consumption-data-by-region.html> [Date accessed 20.03.2020]
4. Renewable Energy Alaska Project, [online]. Available on: <http://alaskarenewableenergy.org/what-is-energy-efficiency-why-is-it-important/> [Date accessed 20.03.2020].
5. European commission, Energy, [online]. Available on: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive> [Date accessed 20.03.2020].
6. Fourth report “On progress achieved towards meeting national energy efficiency targets in the Czech Republic”, pursuant to Article 24 of Directive 2012/27/EU “On energy efficiency”.
7. Breaking energy, The curious case of Russian energy efficiency, [online]. Available on: <http://breakingenergy.com/2014/08/01/the-curious-case-of-russian-energy-efficiency/> [Date accessed 25.03.2020].
8. State program issued by Russian Federation government from 27.11.2010, “Energy saving and increasing energy efficiency program till 2020”, N2446-p.

9. Clime conditions in Tomsk, [online]. Available on: <http://worldgeo.ru/russia/reg70/> [Date accessed 25.03.2020].
10. KIREEV, E.A. Single line scheme of TP-671-2 and TP-671-2a substations. Department of OGE AHSR TPU.
11. Data about electrical energy consumption by considered educational building provided by the head of electrical department of TPU. [Received 25.03.2020].
12. Tomsk energosbyt, electrical energy tariff, [online]. Available on: http://www.ensb.tomsk.ru/corporate_banking/rates_and_prices/ [Date accessed 28.03.2020].
13. Tomsk Polytechnic University, [online]. Available on: <http://portal.tpu.ru/> [Date accessed 28.03.2020].
14. Date and time, daytime duration in Tomsk, [online]. Available on: <http://dateandtime.info/ru/citysunrisesunset.php?id=1489425> [Date accessed 25.03.2020].
15. Weather records, weather in Tomsk, [online]. Available on: <http://rp5.ru/> [Date accessed 25.03.2020].
16. Construction Norms and Regulations SNIIP 23-05-95 “Natural and artificial lighting” (approved by regulation of Ministry of Housing and Building of RF from 02.08.1995 N 18-78) (with amendments).
17. SINGH, Jas. Public procurement of energy efficiency services: lessons from international experience. Washington, D.C.: ESMAP/Sector Management Assistance Program, c2010. Directions in development (Washington, D.C.). ISBN 0821381024.
18. SHAPIRO, Ian M. Energy audits and improvements for commercial buildings. ISBN 9781119084167.
19. JAFARI, A., VALENTIN, V. An optimization framework for building energy retrofits decision making: Elsevier journal – Building and environment, 2017.

