

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЮДЖЕТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ 8 КОРПУСА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ТПУ)	

УДК 621.31.031-027.236:061.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ5Ч	Черная Анастасия Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Климова Галина Николаевна	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Климова Галина Николаевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Климова Галина Николаевна	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Общекультурные компетенции</i>	
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию
ОК-2	Способность действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения
ОК-3	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
ОПК-1	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК-3	Способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК-4	Способность использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности
<i>Профессиональные компетенции</i>	
ПК-1	Способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований
ПК-2	Способность самостоятельно выполнять исследования
ПК-3	Готовность проводить экспертизы предлагаемых проектно-конструкторских решений и новых технологических решений
ПК-4	Способность формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства
ПК-5	Способность применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений
ПК-6	Способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности
ПК-7	Способность осуществлять технико-экономическое обоснование проектов
ПК-8	Способность управлять действующими технологическими процессами, обеспечивающими выпуск продукции, отвечающей требованиям стандартов и рынка
ПК-9	Способность к реализации мероприятий по экологической безопасности предприятий
ПК-10	Способность осуществлять маркетинг объектов профессиональной деятельности
ПК-11	Способность организовать работу по повышению профессионального уровня работников
ПК-12	Способность к реализации различных видов учебной работы
ПК-13	Способность принимать решения в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения
ПК-14	Способность разработки планов, программ и методик проведения испытаний электротехнических и электроэнергетических устройств и систем

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой ЭПП

 (Подпись) (Дата) **Сурков М.А.**
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5Ч	Черная Анастасия Александровна

Тема работы:

Повышение энергетической эффективности бюджетных учреждений (на примере 8 корпуса Энергетического института ТПУ)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.02.2017 г. № 719/с

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, тепловая энергия).
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Детальный анализ объекта исследования, анализ структуры энергопотребления, описание возможных энергосберегающих мероприятий; описание технической реализации предложенных энергосберегающих мероприятий; экономический анализ проекта; исследование вредных и опасных факторов рабочего места; заключения по работе.

Перечень графического материала	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Климова Галина Николаевна
Социальная ответственность	Климова Галина Николаевна
Иностранный язык	Тарасова Екатерина Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение	
Описание объекта исследования	
Анализ возможных энергосберегающих мероприятий	
Результаты исследования	
Заключение	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Климова Галина Николаевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Ч	Черная Анастасия Александровна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5Ч	Черная Анастасия Александровна

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	Магистратура	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	Приблизительная стоимость ресурсов научного исследования, в том числе научно-технического оборудования, составляет около 3 млн. руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Определение концепции проекта, факторов микро- и макросреды, анализ рынка продукта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Не разрабатывается
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Разработка календарного плана, формирование бюджета проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка экономического эффекта от внедрения мероприятия по энергосбережению

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. График проведения работ
3. Бюджет проекта
4. 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	Климова Галина Николаевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Ч	Черная Анастасия Александровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5Ч	Черная Анастасия Александровна

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: • вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) • опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) • негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) • чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Закрытое сухое помещение, с хорошими условиями освещенности. В помещении установлено 7 ЭВМ, Помещение оснащено вентиляционно системой, имеется естественное освещение. Уровень шума 50 дБА.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Средства защиты от вредных и опасных факторов перечислены на основе следующих документов: СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, ГОСТ 12.1.003-83 (1999), СНиП 23-05-95, СП 2.2.1.1312-03, Федеральный закон 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: • физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; • действие фактора на организм человека; • приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); • предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Работы ведутся в помещении с нормальным уровнем освещения (люминесцентные лампы с суммарным уровнем освещенности не ниже 200 люкс в соответствии со СНиП 23-05-95, а также естественное освещение). Уровень шума в пределах нормы.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности • механические опасности (источники, средства защиты); • термические опасности (источники, средства защиты);	При выполнении работ на ПВЭМ, возможно короткое замыкание электропроводок (внешние электропроводки с ПВХ изоляцией в ПВХ оболочке). В связи с этим в электрическую цепь установлены автоматические выключатели, имеющие все необходимые механизмы разрыва цепи (электромагнитный, тепловой и др.

• электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); • пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	расцепители), а также в помещении имеется огнетушитель химический пенный ОХП-10..
3. Защита в чрезвычайных ситуациях: • перечень возможных ЧС на объекте; • выбор наиболее типичной ЧС; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;	Разработан ряд действий в результате возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий. В помещении имеется огнетушитель химический пенный ОХП-10, и разработан план эвакуации.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: • специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; • организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	• План помещения • План эвакуации

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Галина Николаевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ5С	Черная Анастасия Александровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 132 с., 56 рис., 32 табл., 42 источников, 1 прил.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, потребление энергоресурсов, анализ структуры потребления электрической энергии, энергосберегающие мероприятия, автоматизированная система управления освещением

Объектом исследования является 8 учебный корпус Энергетического института Томского политехнического университета

Цель работы – разработка энергосберегающих мероприятий, описание их технической реализации и экономическая оценка внедрения предложенных энергосберегающих мероприятий.

В процессе исследования проводились анализ структуры потребления электрической энергии, прогнозирование потребления электрической энергии учебным корпусом, выявление основных потребителей.

В результате исследования был проведен расчет замены существующих трансформаторов на более энергоэффективные, расчет системы освещения и описание технической реализации автоматизированной системы управления освещением.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: было предложено изменить систему освещения, заменить источники света, и для более экономичного использования системы освещения – внедрить автоматизированную систему управления освещением

Степень внедрения: разработка программы энергосбережения для учебного корпуса в соответствии с требованиями ФЗ-261.

Область применения: разработанная программа энергосбережения может быть применена к любым общественным учреждениям.

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.

В будущем планируется дальнейшая разработка и внедрение энергосберегающих мероприятий, требующих больших временных и материальных затрат.

Оглавление

Введение	11
1 Анализ существующей обстановки	13
1.1 Анализ фаторов, влияющих на потребление электрической энергии	17
2 Возможные пути реализации снижения электропотребления	21
2.1 Замена трансформаторов	22
2.2 Эффективность замены системы освещения	35
2.2.1 Реконструкция системы освещения в малых аудиториях	39
2.2.2 Реконструкция системы освещения в лекционных аудиториях	47
2.2.3 Реконструкция системы освещения в коридорах	56
2.3 Проектирование системы освещения в программном комплексе DIALux	60
2.3.1 Проектирование системы освещения лекционной аудитории	60
2.3.2 Проектирование системы освещения малой аудитории	63
3 Автоматическое регулирование уровня освещенности в учебных аудиториях	65
3.1 Техническая реализация контроля уровня освещенности в учебных аудиториях	68
4 Прогнозирование потребления ЭЭ	78
4.1 Прогнозирование потребления ЭЭ без учета мероприятий по энергосбережению	80
4.1.1 Описательные исследования временного ряда и визуализация	82
4.1.2 Исследование временного ряда, в том числе выявление постоянных и регулярных компонент	83
4.1.3 Точный прогноз временного ряда	87
4.1.4 Оценка качества полученного прогноза	89
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	93
5.1 Разработка графика реализации мероприятий по энергосбережению	94
5.2 Экономический эффект реализации мероприятий по энергосбережению	97
6 Социальная ответственность	98
6.1 Производственная безопасность	98
6.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов	99
6.3 Пожарная и взрывная безопасность	103
Заключение	104
Список публикаций студента	105
Список литературных источников	106
Приложение А	111

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 рассматриваются возможные пути снижения потребления электрической энергии (ЭЭ) на примере образовательного учреждения. 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].

В работе предложены разные способы увеличения эффективности использования осветительных установок. Одним из простых способов является замена источников света и реконструкция системы освещения в целом. Также для более эффективного использования естественной освещенности в работе предложена система автоматического управления освещением, которая в зависимости от естественной освещенности поддерживает освещенность в помещении на требуемом уровне [6].

С целью краткосрочного и долгосрочного планирования лимитов бюджетных средств, необходимых для оплаты потребленных энергоресурсов в работе рассматривается прогноз потребления ЭЭ с учетом

энергосберегающего эффекта, достигаемого от модернизации системы освещения.

1 Анализ существующей обстановки

Рассмотрим потребление энергетических ресурсов Томским политехническим университетом на примере восьмого учебного корпуса.

В таблице 1 представлены данные за 8 лет о потреблении тепловой и электрической энергии.

Таблица 1 – Данные о потреблении тепловой и электрической энергии за 8 лет

	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 1 представлена динамика потребления энергетических ресурсов 8-м учебным корпусом Томского политехнического университета.

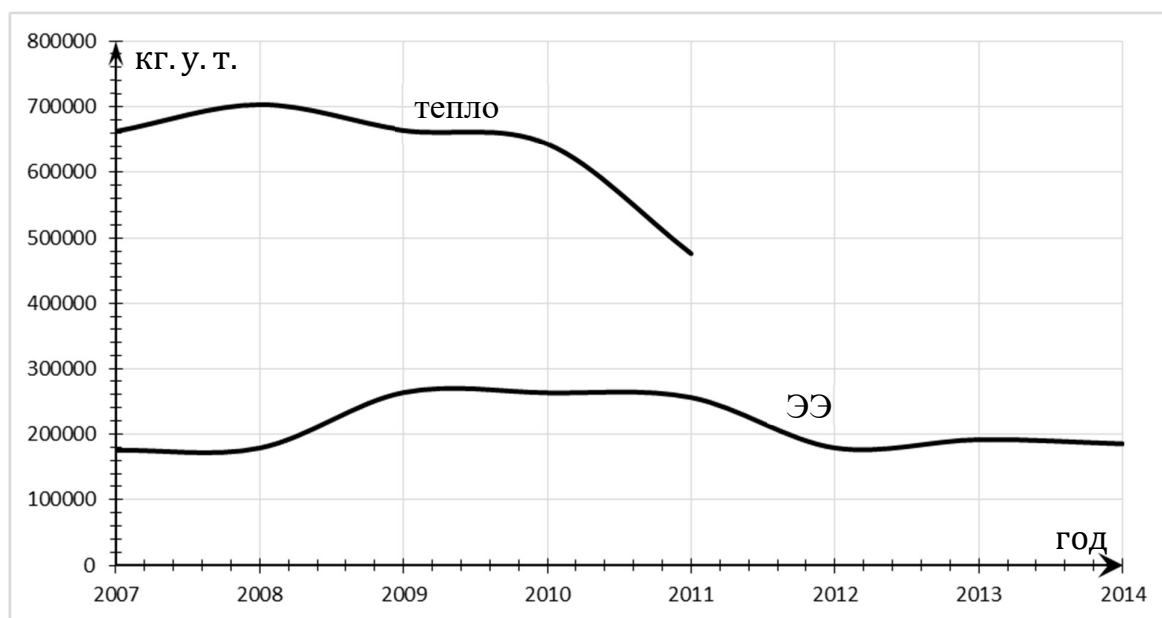


Рисунок 1 – Динамика потребления энергетических ресурсов

Как видно из рисунка, наблюдается тенденция уменьшения потребления тепловой энергии. Это может быть связано с установкой новых окон с хорошей теплоизоляцией, регулированием теплоснабжения, уменьшением температуры отопительного периода [28].

Что касается потребления электрической энергии, в период времени с 2009 по 2011 год был скачок в потреблении ЭЭ, с 2011 года потребление ЭЭ пошло на спад и в настоящее время находится примерно на одном и том же уровне. Данный спад может быть обусловлен проведением мероприятий по энергоэффективности и энергосбережению.

При анализе потребления ЭЭ необходимо учитывать изменение цен на ЭЭ, так как известно, что с каждым годом тариф на ЭЭ увеличивается. Ниже представлена динамика изменения цен на ЭЭ.

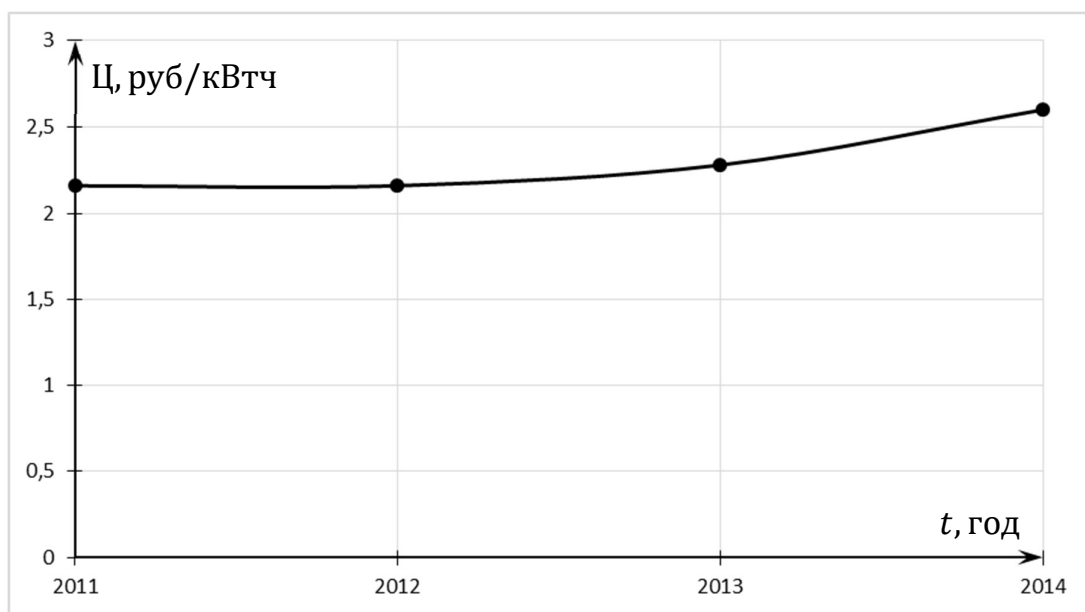


Рисунок 2 – Динамика изменения цен на ЭЭ

С учетом потребления ЭЭ учебным корпусом, плата за нее менялась следующим образом.

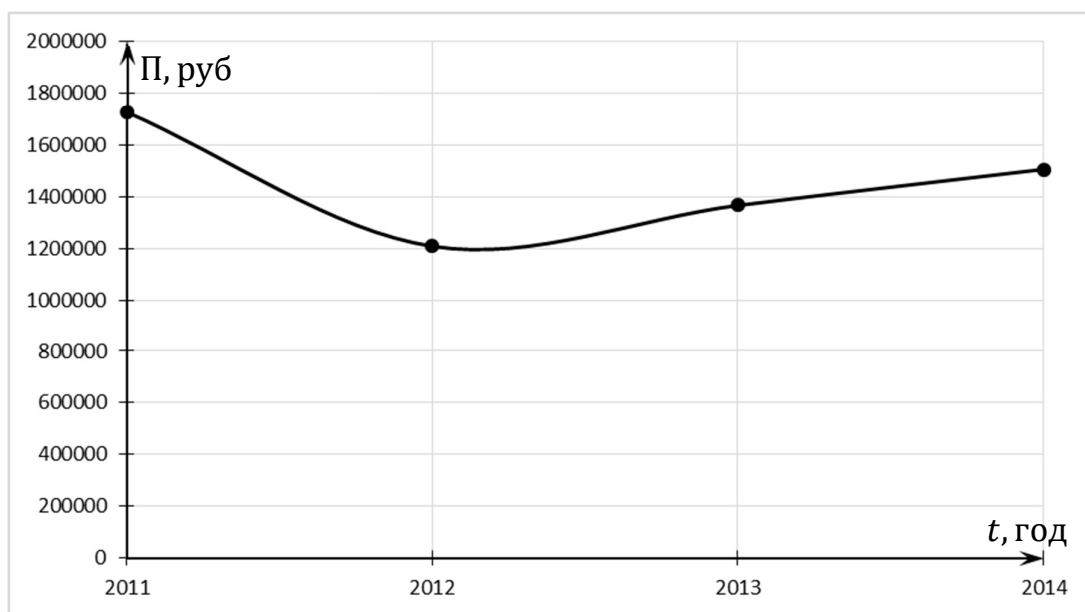


Рисунок 3 – Динамика изменения платы за ЭЭ

Из графика видно, что так как в 2012 году был спад потребления ЭЭ, то и плата за нее меньше, тем более, что тариф 2011 и 2012 года находились на

одном уровне. С 2012 года потребление ЭЭ примерно оставалось на одном уровне, но постепенное увеличение тарифа повысило плату за ЭЭ.

Принимая во внимание численность студентов, можно оценить удельное потребление ЭЭ, приходящееся на 1 студента. В таблице 3 представлена численность студентов Энергетического института.

Таблица 3 – Численность студентов Энергетического института

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Численность студентов, чел.	2168	2094	2099	2313	2171	2098

Динамика изменения удельного показателя потребления ЭЭ на 1 студента представлена на рисунке 4.

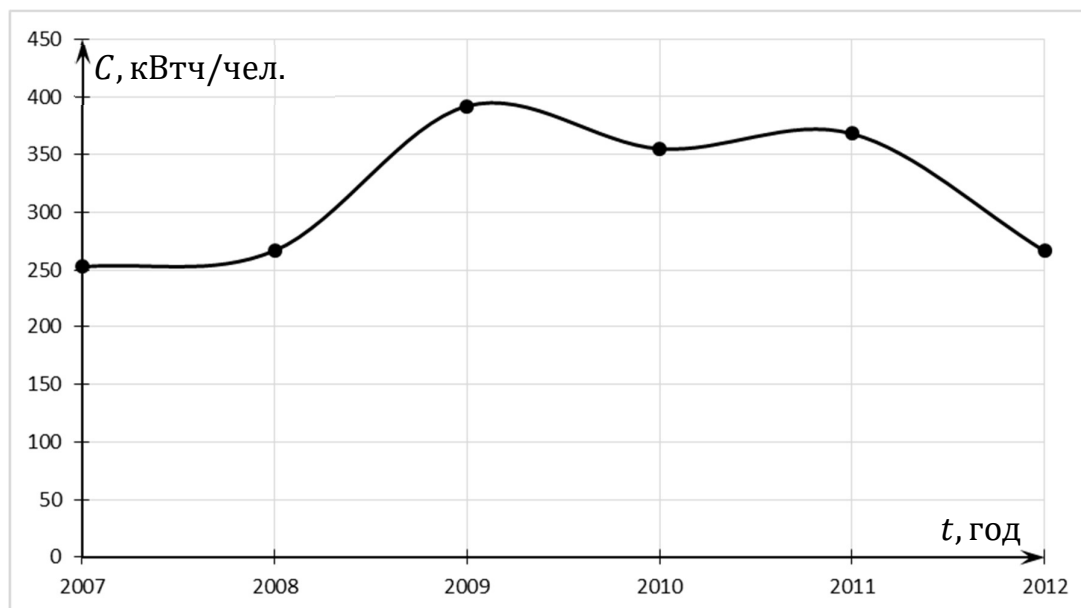


Рисунок 4 – Динамика изменения потребления ЭЭ, приходящаяся на одного студента

Так как в 2008-2009 годах численность студентов уменьшилась, следовательно, удельное потребление на одного студента увеличилось. Спад удельного потребления в 2012 году объясняется уменьшением потребляемой ЭЭ.

На рисунке 5 представлена схема внешнего электроснабжения учебного корпуса.

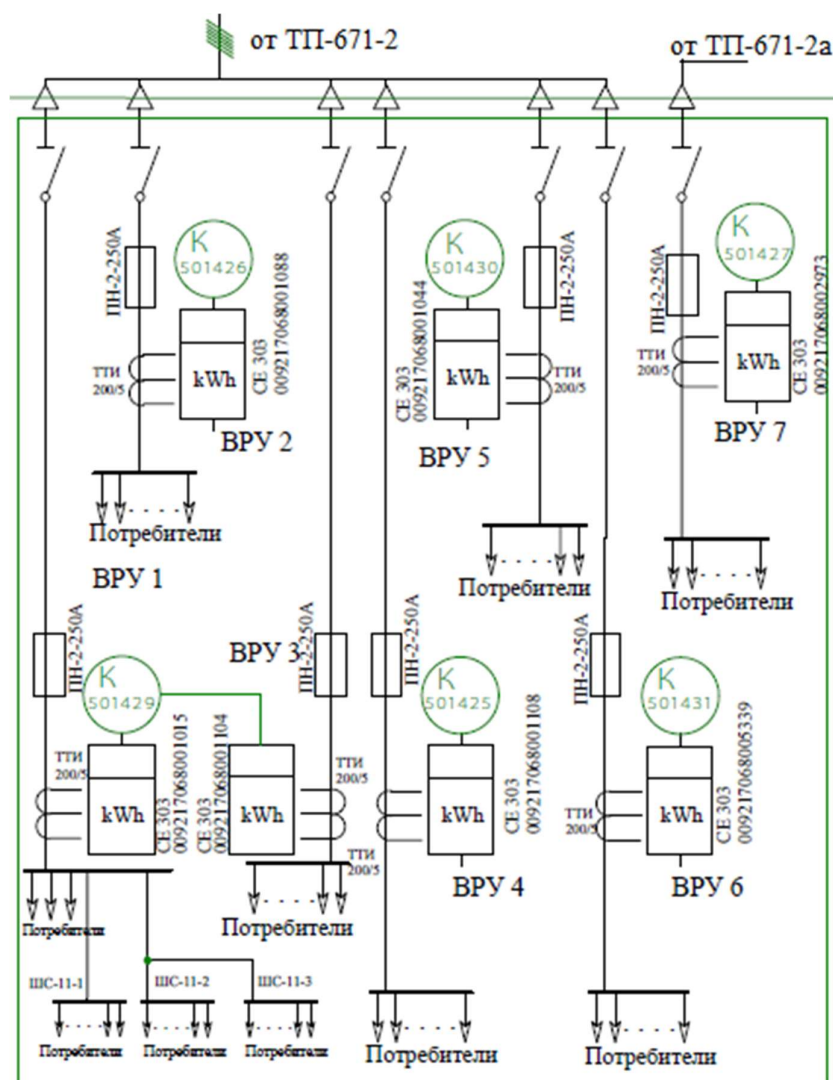


Рисунок 5 – Схема внешнего электроснабжения учебного корпуса

Питание учебного корпуса осуществляется от двух ПС – ТП 671-2 и ТП 671-2а. с установленной мощностью потребителей $P_{уст}=650$ кВт. В учебном корпусе находится семь ВРУ. Установленная мощность потребителей учебного корпуса $P_{уст}=650$ кВт [29].

1.1 Анализ факторов, влияющих на потребление электрической энергии

Главным образом на потребление электрической энергии в образовательных учреждениях влияет эффективность организации учебного

процесса. Учет влияния линейного графика (таблица 4) учебного процесса мог бы более точно отразить структуру потребления ЭЭ и повысить точность прогноза на краткосрочную и долгосрочную перспективы.

Как показывает линейный график, приведенный в таблице 4, учебный процесс проходит непрерывно в течение учебного года. Таким образом, аудиторный фонд является всегда востребованным и изменение учебного процесса невозможным.

К другому фактору, оказывающему влияние на потребление ЭЭ, можно отнести продолжительность светового дня. Продолжительность светового дня осенью и весной больше, чем зимой, следовательно, использование осветительных установок зимой более продолжительно, что приводит к большему потреблению ЭЭ.

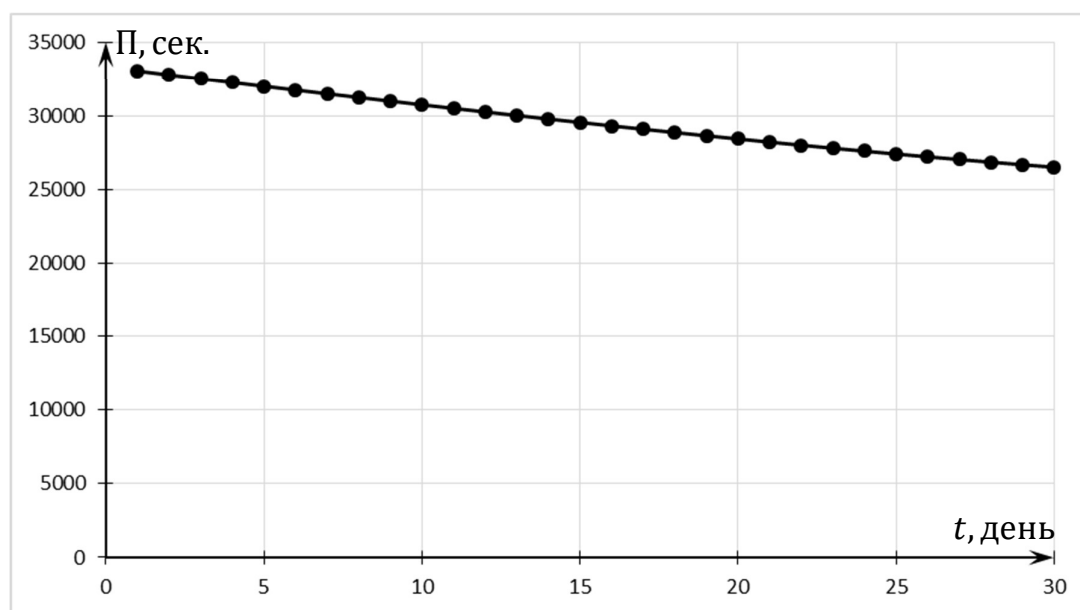


Рисунок 6 – Изменение продолжительности светового дня в ноябре месяце

Таблица 4 – Линейный график учебного процесса

Бакалавры																																																						
Курс\Недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52		
1								К-									К-	=	:	:	=	=									К-									К-	:	:	:	=	=	=	=	=	=	=	=			
2								К-									К-	=	:	:	=	=										К-								К-	:	:	:	О	О	О	=	=	=	=	=	=		
3								К-									К-	=	:	=	=										К-								К-	:	:	Х	Х	Х	Х	Х	=	=	=	=	=	=		
4								К-									К-	=	:	=	=														К-	:	:	/	/	/	/	/	/	/	/	/	=	=	=	=	=	=		
Магистранты																																																						
1								К-									К-	=	:	:	=	=									К-									К-	:	:	Х	Х	Х	Х	=	=	=	=	=	=		
2								К-									К-	=	:	:	=	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х
Бакалавры (заочники)																																																						
1	nz	nz	nz	nz																																																		
2	nz	nz	nz	nz																																																		
3	nz	nz	nz	nz																																																		
4																																																						
5																																																						

Обозначения:

- Теоретическое обучение
- : Экзаменационная сессия
- О Учебная практика
- Х Производственная практика
- / Государственная аттестация
- = Каникулы
- К- Конференц-неделя (не входит в теоретическое обучение) [30].

Безусловно время суток является одним из основных факторов.

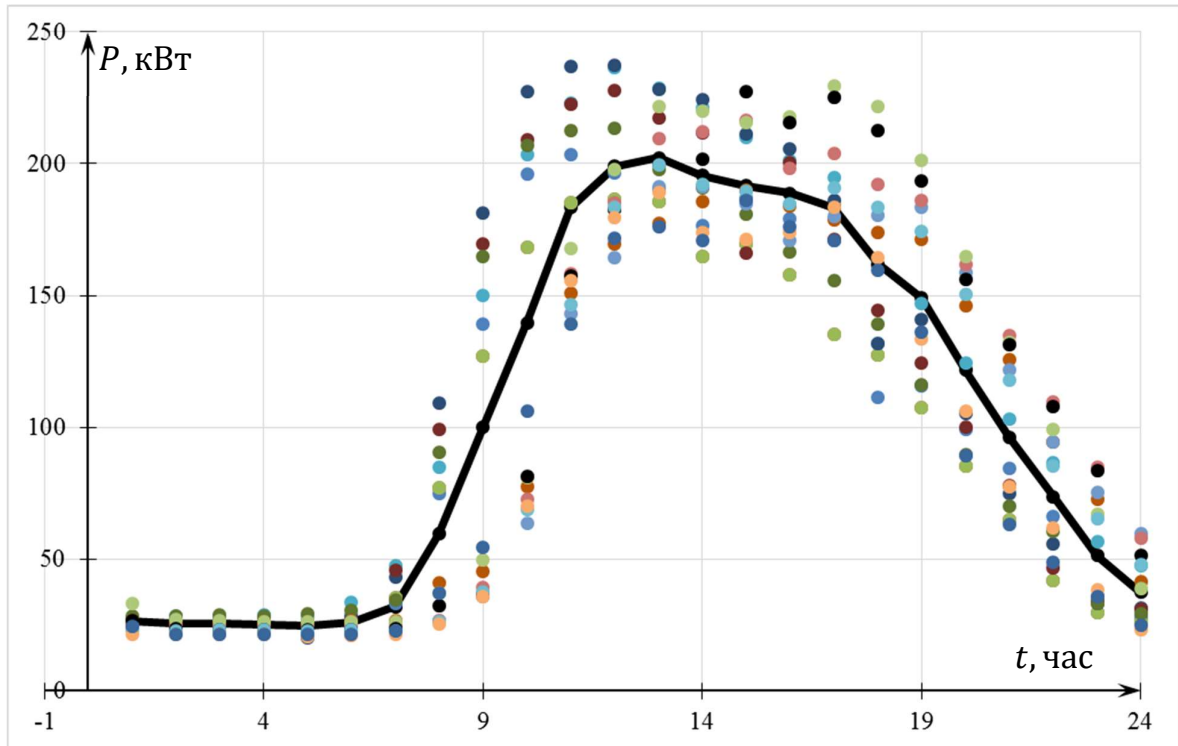


Рисунок 7 – Среднее суточное потребление ЭЭ за средний рабочий день за ноябрь месяц 2015 г.

График показывает, что максимальное потребление ЭЭ приходится на временной интервал с 11:00 до 20:00. В данном случае использование датчиков движения и автоматической системы управления освещенностью позволит снизить потребление ЭЭ.

Примем во внимание среднесуточное изменение температуры в ноябре месяце.

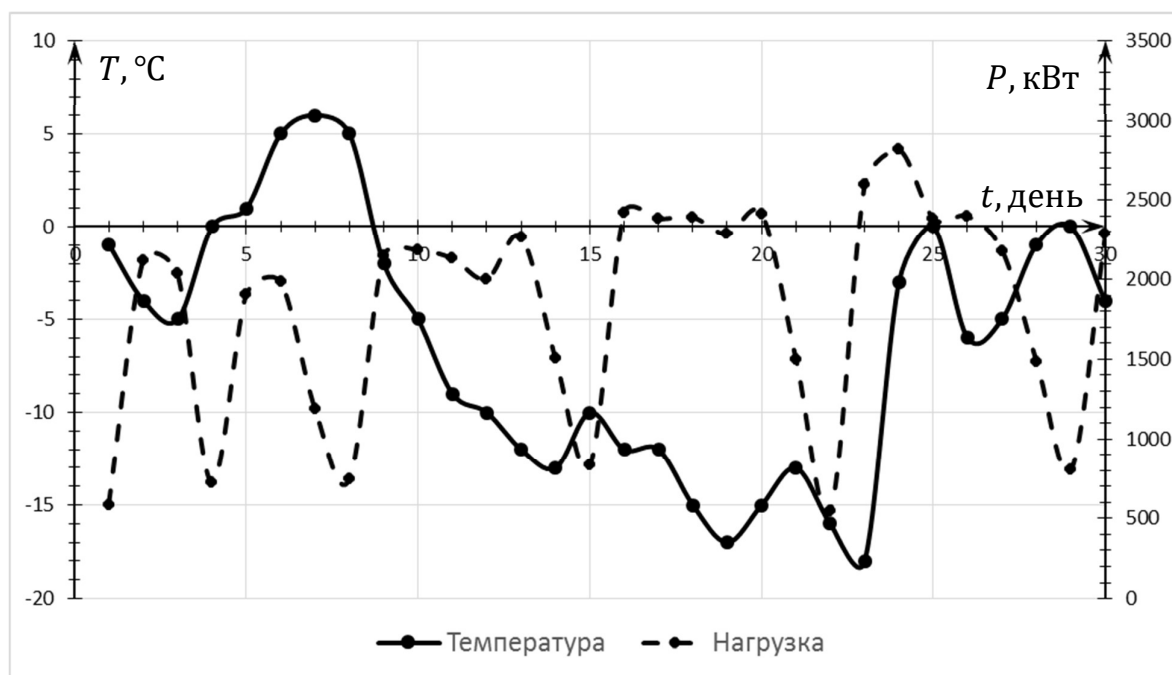


Рисунок 8 – Динамика изменения среднесуточной температуры наружного воздуха и потребления электрической энергии за ноябрь 2015 г.

В ноябре месяце в период с 10 по 24 число наблюдается температура ниже нуля, следовательно, в этот период потребление ЭЭ было большим по сравнению с остальными днями месяца. Спады потребления ЭЭ объясняются сезонным характером потребления электрической энергии. Из графика видно, что в рабочие дни при уменьшении температуры наружного воздуха потребление ЭЭ увеличивается, а при увеличении температуры наружного воздуха потреблению ЭЭ уменьшается.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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.

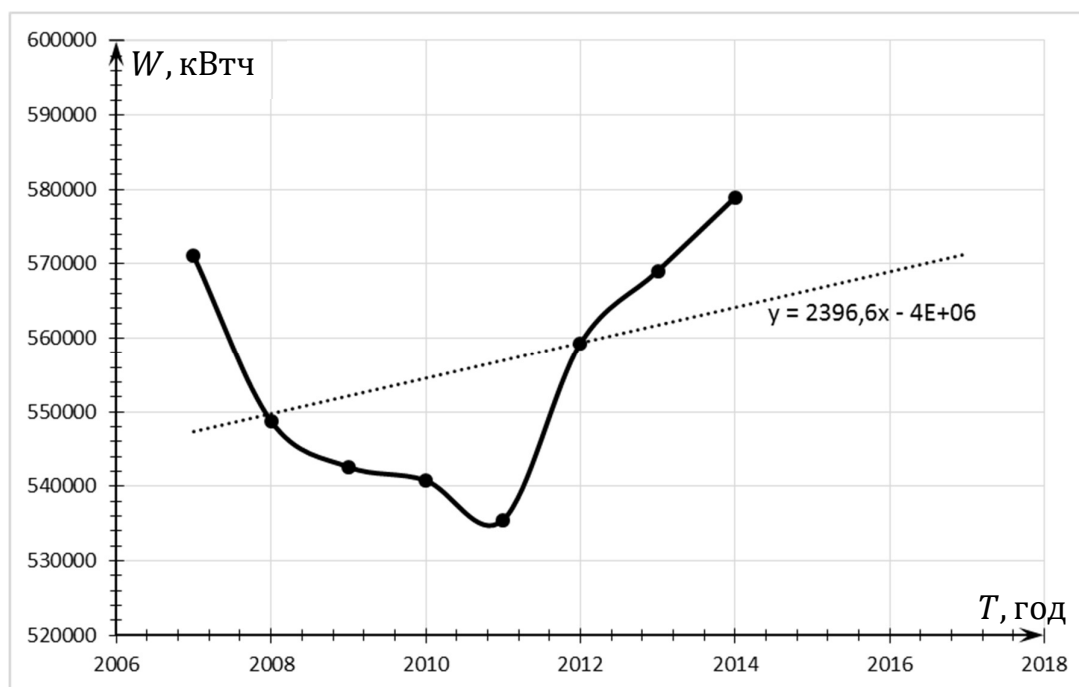


Рисунок 54 – Годовое потребление электроэнергии

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.

5.1 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 28 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 28) на рисунке 55 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.

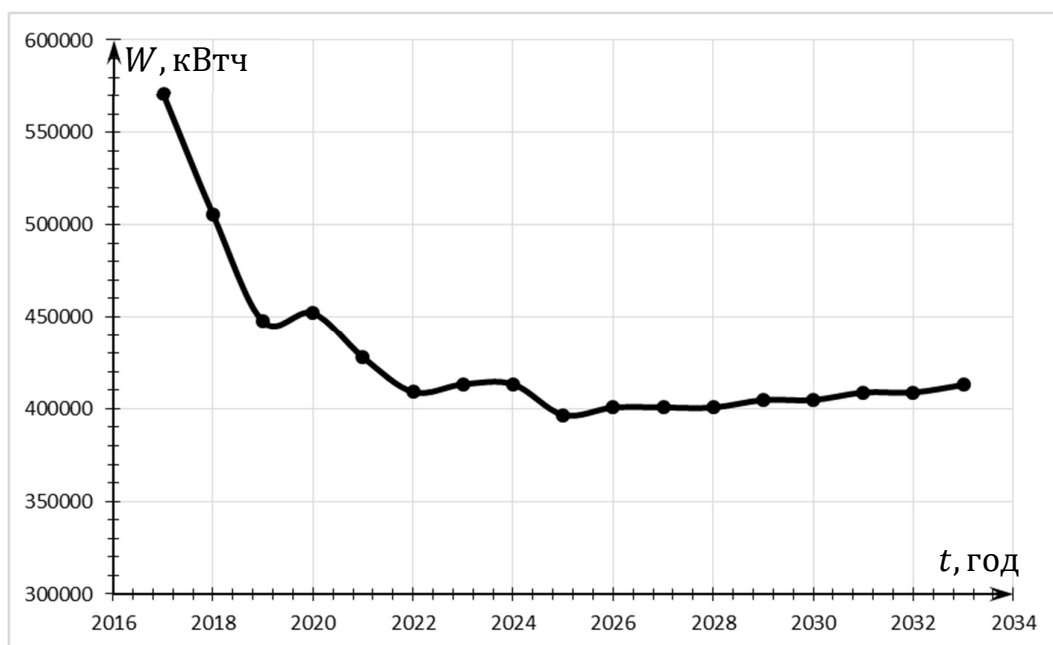


Рисунок 55 – Динамика изменения потребления ЭЭ с учетом реализации мер по энергосбережению

Таблица 28 – Диаграмма Ганта

№	Наименование этапа мероприятия	Продолж., лет	Год																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Первый этап реконструкции системы освещения	3																	
2	Второй этап реконструкции системы освещения	3																	
3	Первый этап установки АСУОУ	4																	
4	Второй этап установки АСУОУ	4																	
5	Замена трансформаторов	10																	

5.2 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 56).

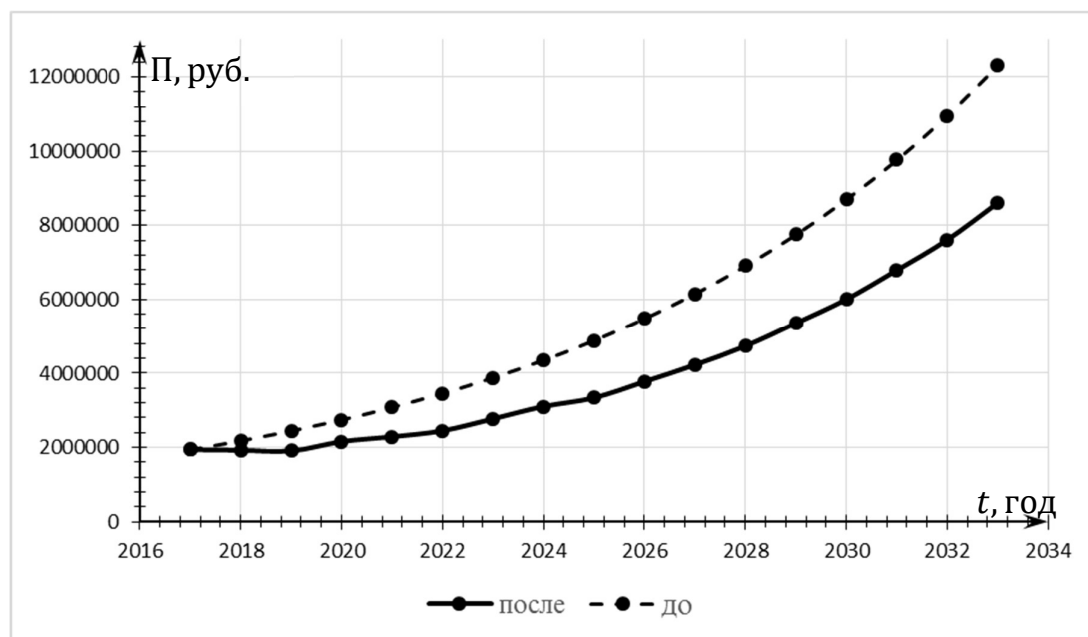


Рисунок 56 – Динамика изменения платы за ЭЭ

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 29 в численном выражении представлен экономический эффект от мероприятий Программы энергосбережения.

Таблица 29 – 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
3	Установка АСУОУ	25 920	86 216	5 460 000	3
	Итого	147 929	472 971	13 524 424	

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%.

6. Социальная ответственность

Целью данного раздела является оценка условий труда, анализ возможных вредных и опасных факторов, воздействующих на студента при выполнении ВКР. В данном разделе разработаны меры защиты от вредных и опасных факторов, также рассмотрены вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды при работе за компьютером в учебном помещении.

6.1 Производственная безопасность

На основе анализа выполняемых работ к основному источнику опасности можно отнести персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ) с видеодисплейным терминалом (ВДТ) на базе плоских дискретных экранов.

В процессе работы на человека воздействуют параметры условий труда в рабочей обстановке. От условий труда зависит отношение человека к труду и, следовательно, результаты труда. При плохих условиях труда резко снижается работоспособность, а также повышается процент

профессиональных заболеваний и травм. Под условиями труда подразумевается совокупность факторов, характеризующих производственный процесс и производственную среду, воздействующих на человека в процессе труда.

Для создания оптимальных условий труда помещения, оборудованные ПЭВМ, согласно [37] должны соответствовать следующим санитарно-гигиеническим требованиям:

- запрещено располагать рабочие места с ПЭВМ и ВДТ в подвальных помещениях;
- пол помещения должен быть ровный, с антистатическим покрытием;
- отделка помещения полимерными материалами нежелательна;
- расстояние между боковыми поверхностями мониторов должно быть не менее 1,2 м;
- освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 Лк. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 Лк;
- помещения с компьютерами должны иметь площадь не менее 4,5 м² на одного работающего.

6.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Согласно [38] во время работы с ПЭВМ на оператора воздействуют следующие потенциально опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ):

- физические: низкочастотные электрические и магнитные поля; статическое электричество; повышенная температура; повышенный уровень статического электричества; недостаточная освещенность рабочей зоны; опасное напряжение в электрической сети.

– психофизиологические: напряжение зрения и внимания; интеллектуальные и эмоциональные нагрузки; длительные статические нагрузки и монотонность труда.

Рассмотрим основные из наиболее вероятных ОВППФ при работе за ПЭВМ:

1. Отклонение показателей микроклимата

Согласно [39] работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, выполняемая сотрудниками офиса, относится к категории легких работ Ia. Сравним фактические и допустимые значения микроклимата, значения занесем в таблицу 30.

Таблица 30 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С°		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение
холодный	Ia	21	20 – 25	30	15 – 75	0,1	до 0,1
теплый	Ia	23	21 – 28	30	15 – 75	0,1	0,1 – 0,2

Таким образом, как видно из таблицы 30 помещение, где находятся рабочие места, соответствуют требуемым нормам.

В соответствии с [37] в помещениях, оборудованных ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Размеры помещения должны соответствовать количеству рабочих и размещенному в нем оборудованию. Согласно [40] площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе плоских дискретных экранов должна составлять не менее 4,5 м². Также для обеспечения нормальных условий труда устанавливают, что на одного рабочего должно приходиться 15 м³ объема воздуха [40].

Помещение имеет следующие размеры: длина А=8 м, ширина В=6 м, высота Н=3,5 м. Площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 8 \cdot 6 = 48 \text{ м}^2.$$

Объем помещения:

$$S = A \cdot B \cdot H = 8 \cdot 6 \cdot 3,5 = 168 \text{ м}^3$$

Учитывая, что в учебном помещении работает 7 человек, то на каждого из них приходится по 6,8 м² площади помещения и по 24 м³ объема воздуха, что соответствует нормам.

2. Шум

В учебной аудитории источником шума является работа ПЭВМ.

В производственных и учебных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Согласно [41] в таблице 31 приведены допустимые значения звукового давления в учебной аудитории.

Таблица 31 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного
уровня звука

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Уровень звукового давления находится в пределах нормы.

3. Оценка уровней электромагнитных полей

Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человека.

При работе с компьютером допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) указаны в таблице 32. Они нормируются согласно [37].

Таблица 32 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Определение величины уровней ЭМП возможно путем замеров. При отсутствии измерительных приборов выводы о соответствии величины ЭМП нормативным значениям можно сделать по паспортным данным компьютера и монитора, в которых отмечается их соответствие нормам ТСО-99, ТСО-03 и т.д.

По паспортным данным компьютер и монитор соответствуют нормам ТСО 1999 и MPR – II, значит величина ЭМП соответствует нормативным значениям.

4. Статическое электричество

Статическое электричество – электрический заряд, возникающий сам по себе, при трении различных поверхностей. Заряд может появиться практически на любом материале, но слабее или сильнее, зависит от расположения материалов трущихся поверхностей. Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры и вредном воздействии его на организм человека, причем не только при непосредственном контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля, возникающем при заряженном поле.

Для защиты от статического электричества ПЭВМ должна быть заземлена, а также ежедневно в помещении должна проводиться влажная уборка.

6.3 Пожарная и взрывная безопасность

Пожаром называют неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб. Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов [41].

Учебное помещение по степени пожароопасности согласно [42] относится к классу В, так как в нем находятся твердые горючие и трудногорючие материалы (древесина).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть вызвано по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня); неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса; неправильное устройство и неисправность вентиляционной системы.

К причинам возникновения пожара электрического характера относят: короткое замыкание; перегрузки по току; искрение и электрические дуги; статическое электричество.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать пожарную команду, эвакуировать людей из помещения и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

Для тушения пожаров в помещении должен быть установлен углекислотный огнетушитель типа ОУ-2, который предназначен для тушения различных материалов и электроустановок под напряжением, который обладает высокой эффективностью борьбы с огнем.

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 13524424 руб., а фактический срок окупаемости при реализации данных мероприятий составит 17 лет.

Список публикаций студента:

1. SCADA system design and security/ A.A. Chernaya, I.A. Chesnokova// Язык и мировая культура: взгляд молодых исследователей: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции: в 2 т., Томск, 26-28 апреля 2014. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – № 2. – С. 19–21.
2. The Development of Computer-aided Design for Electrical Equipment Selection and Arrangement of 10 kV Switchgear/ A.A. Chernaya, E.Ya. Sokolova// MATEC Web of Conferences. – 2015. — Vol. 37 : Smart Grids 2015 : September 28 - October 2, 2015, Tomsk, Russia : [proceedings]. — [01014, 4 p.].
3. Разработка и обоснование мероприятий, направленных на сокращение потребления электрической энергии бюджетными учреждениями в условиях экономического кризиса/ А.А. Черная, Г.Н. Климова// Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов VII Всероссийской конференции/ Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – 287 с.
4. Current energy budget of an enterprise / G. N. Klimova, V.V. Litvak, V.K. Leonova, A.A. Chernaya // MATEC Web of Conferences. — 2017. — Vol. 91: Smart Grids 2017 : The Fourth International Youth Forum, October 10-14, 2016, Tomsk, Russia : [proceedings]. — [01035, 5 p.].
5. Analysis of energy savings measures in public buildings in Russian Federation/ A.A. Chernaya// Poster conference, 21th International Student Conference on Electrical Engineering: May 23, Prague, Czech Republic.

Список литературных источников:

1. ГОСТ Р ИСО 50001-2014 «Системы энергетического менеджмента».
2. Тульчинская Я.И. «Методика оценки эффективности замены светильников и ламп на энергосберегающие».
3. 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».
4. 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]
5. Лахно, П. Г. Энергетическое право России на современном этапе его развития / П. Г. Лахно - Государство и право. – 2014. – № 7. – С. 115-121.
6. 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"
7. Силовые трансформаторы ТМГ. Каталог.
8. Ростовская Электротехническая компания [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.rec.su/catalog/tmg12_250.php, свободный. – Загл. с экрана.
9. Правила устройства электроустановок. – 7-ое изд., – М.: Госэнергонадзор, 2002. – 928 с.
10. Государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики», утверждена распоряжением Правительства от 15 апреля 2014 года №321.
11. 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.

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

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

14. 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.

15. 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.

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

17. 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).

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

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

20. 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.

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

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. Тупикина, А. А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности: история понятий / А. А. Тупикина // Бизнес. Образование. Право. – 2014. – № 2. – с. 90-95.

26. Люминесцентные лампы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://artillum.ru/lamps/discharge-lamps/45-fluorescent-lamps.html>, свободный. – Загл. с экрана.

27. 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.

28. Data about electrical energy consumption by considered educational building provided by the head of electrical department of TPU. [Received 26.02.2017].

29. KIREEV, E.A. Single line scheme of TP-671-2 and TP-671-2a substations. Department of OGE AHSR TPU.
30. Tomsk Polytechnic University, [online]. Available on: <http://portal.tpu.ru/> [Date accessed 4.1.17].
31. StatSoft. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches/detail.php?ELEMENT_ID=644#Резюме, свободный. – Загл. с экрана.
32. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник – М.:ООО «Бином-Пресс», 2007 г. – 512 с.: ил.
33. Лихоткин В.С., Родин В.В., Губанов Д.В. Автоматизация управления и контроля освещения общественных зданий.
34. Системы регулирования освещения. Каталог компании DISANO.
35. Шишов О.В. Программирование релейных контроллеров. – Саранск, 2014. – 147 с.
36. Диаграмма Ганта [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://worksection.com/faq/gantt-chart.html>, свободный. – Загл. с экрана.
37. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
38. ИНСТРУКЦИЯ по охране труда для пользователей и операторов персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ) и видеодисплейных терминалов (ВДТ) № Э-12-99.
39. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
40. СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий».
41. 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.

42. Федеральный закон 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Приложение А

Раздел 1

ANALYSIS OF ENERGY SAVINGS MEASURES IN PUBLIC BUILDING **IN RUSSIAN FEDERATION**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Ч	Черная Анастасия Александровна		

Консультант кафедры ЭПП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Галина Николаевна	к.т.н. доцент		

Консультант – лингвист кафедры ИЯЭИ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тарасова Екатерина Сергеевна	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 have to provide system analysis of consumed energy sources to distinguish the rate of their effective usage. In my work, I conduct a detailed analysis of energy sources consumption by educational building located in Russian Federation.

According to Federal law from 23.11.2009 N 261-FZ in educational buildings there have to be created measures which will allow decreasing of 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 my work is analyzing of all possible measures which can be implemented in educational building and designing of energy saving measures which will be applicable for considered educational building in current conditions.

My work consists of five main parts. Firstly, I provide the analysis of electrical energy consumption throughout the world and explain the meaning of energy efficiency concept and the reason why energy efficiency measures have to be implemented. In the second part of my work I provide the analysis of existing situation of energy efficiency measures implementation in considered country based on issued government lows. The next part of my 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, I analyze all possible energy efficiency measures which can be implemented in educational building.

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].

Electricity level consumption demand rate rise is strongly connected with economic growth of a country. As it is noticed in 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 influence to environment and tries to implement other energy sources the coal started to be not so popular in usage. It is possible to notice that the rate of electrical energy generated by nuclear power stations is significantly increased from the 1970s till the 1980s, and electrical energy generated in a way of natural gas-firing is increased after the 1980s. However, during this period of time the use of oil for electrical energy generation 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. On 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 increased in average on 2,9%. As well 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, after renewable energy sources, 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].

The figure A.1 shows constant growth of the world electrical energy consumption which was provided by Global Energy Statistical Yearbook [3].

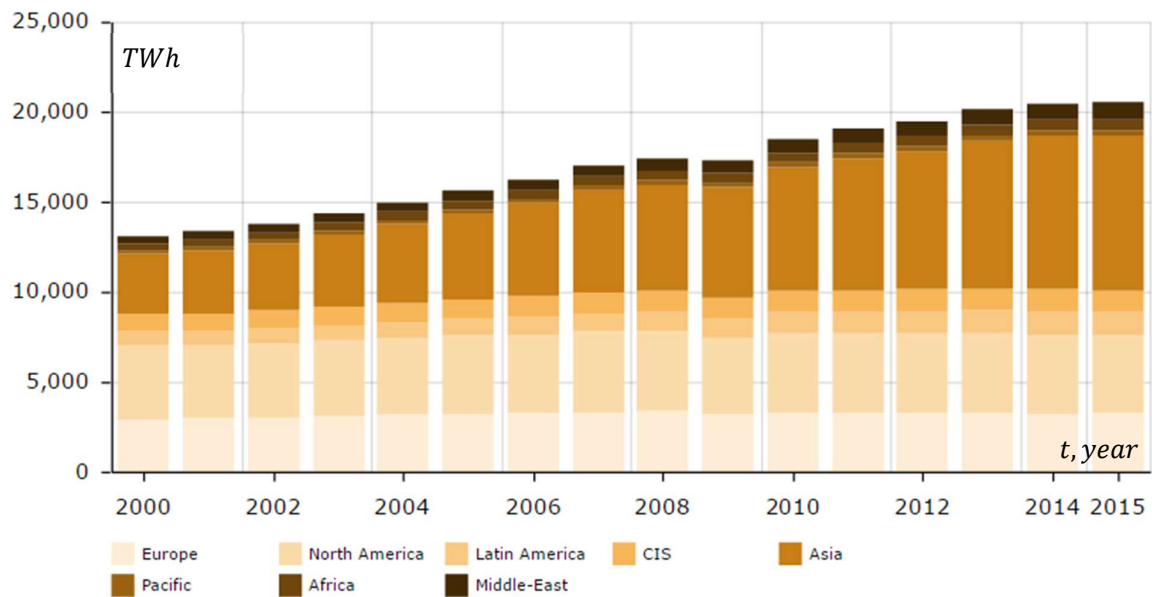


Figure A.1 - World electrical energy consumption [24]

The electrical energy use in the world is rising significantly due to increasing energy consumption, the growing of population, constantly developing society, the rapid growth of modern technologies and ext. The 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 increased significantly. All these factors lead modern world to invent measures, which from one hand will allow to decrease level of energy consumption and energy generation and from another hand to reduce 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 bad influence on business running 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 will allow to contribute reduction of energy consumption level.

Energy saving methods mean controlling and reducing organization's energy consumption. Exactly these factors are important because it can lead to:

- Cost reduction – due to the fact of cost increasing this is becoming significantly important.
- Carbon emissions reduction and caused by it 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 affect on 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 in such case the output of this program will be observed because only one unit will not allow to have preferable result. 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 provided below shows a clear explanation of the notion to be energy efficient. 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 lying in 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 given 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 my work is Tomsk polytechnic university educational building number eight.

The building is located on Usova 7 street, Tomsk. The location of educational building is provided on the figure A.2.

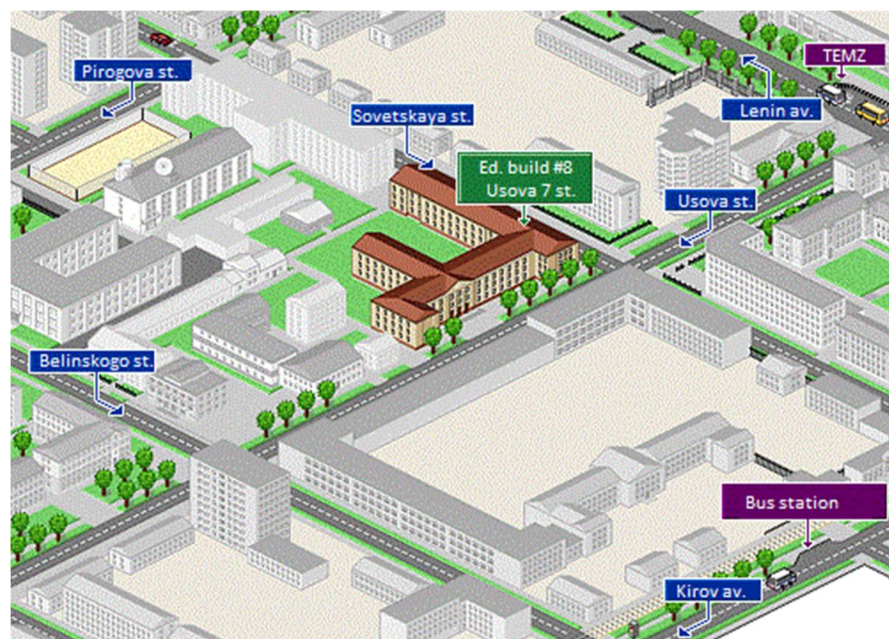


Figure A.2 - Educational building location [30]

The building has four levels: ground floor, the first floor, the second floor and the third floor. Each level has the same plan. Mainly the building has small rooms for practice classes. I analyzed structure of the building and 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 subdivision.

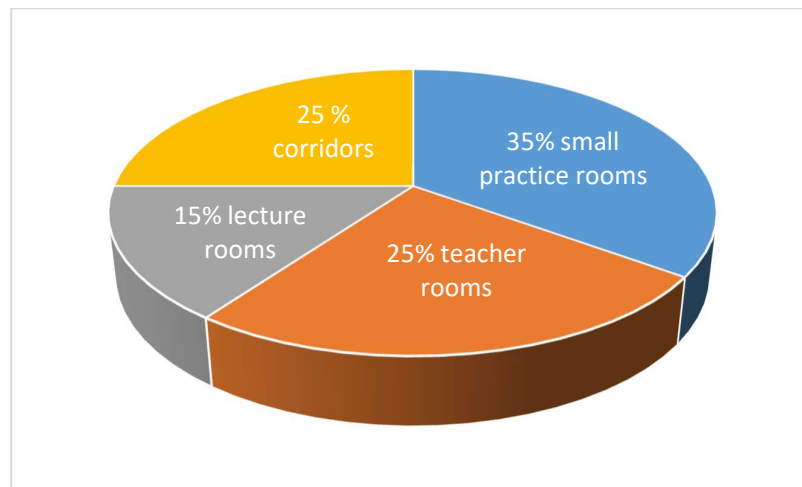


Figure A.3 - Structure of educational building rooms

As figure A.2 shows 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 are changed rapidly, the winter period starts in November and lasts till April. The summer in Tomsk is short and tepid. 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 is going constantly 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. On the figure A.4 a part of single line scheme of TP-671-2 and TP-671-2a substations is represented. The scheme shows the external power supply of educational building. Substations TS 671-2 and TS 671-2a have installed capacity of consumers $P_{inst}=650$ kW. There are seven incoming switchgears in educational building. Installed capacity of educational building consumers is 650 kW [10].

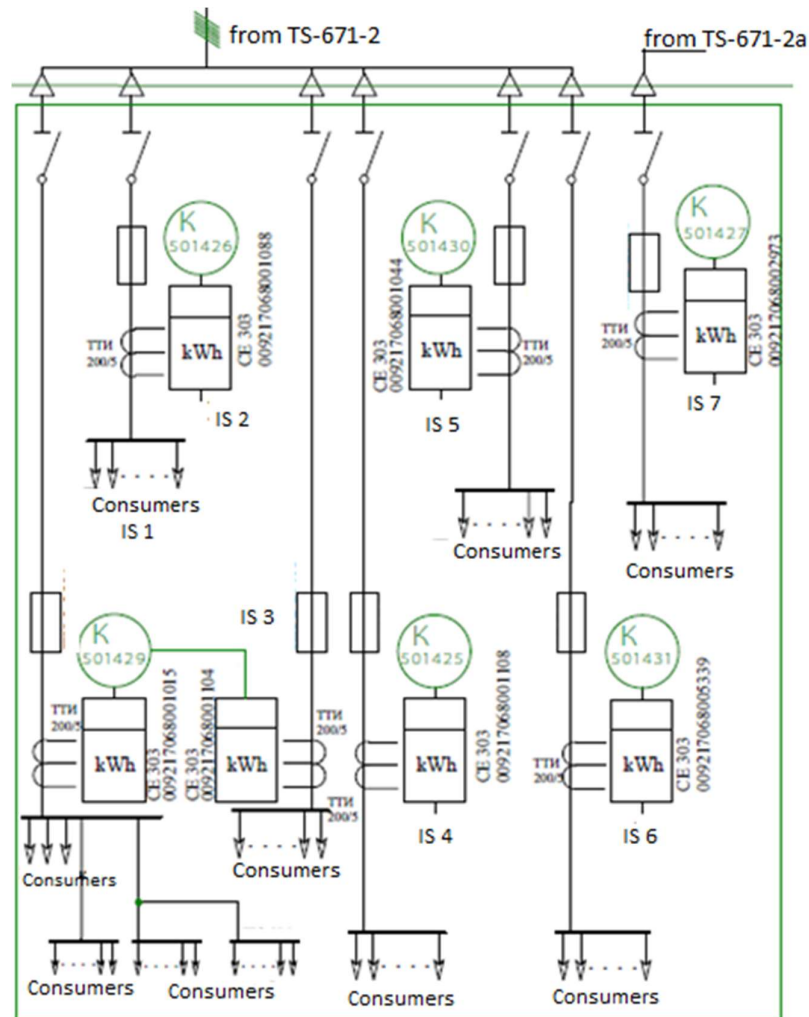


Figure A.4 – Scheme of external power supply of educational building

2.2 Analysis of energy consumption by considered educational building

An analysis of energy consumption by Tomsk polytechnic university educational building is provided below.

In the table A.1 energy consumption data by Tomsk polytechnic university educational building is represented. These data were obtained by counters which are installed in an incoming switchgear.

Table A.1 - Thermal and electrical energy consumption data for 8 years 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 I will convert it 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 units

	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

The figure A.5 shows the dynamic of energy consumption by the Tomsk polytechnic educational building.

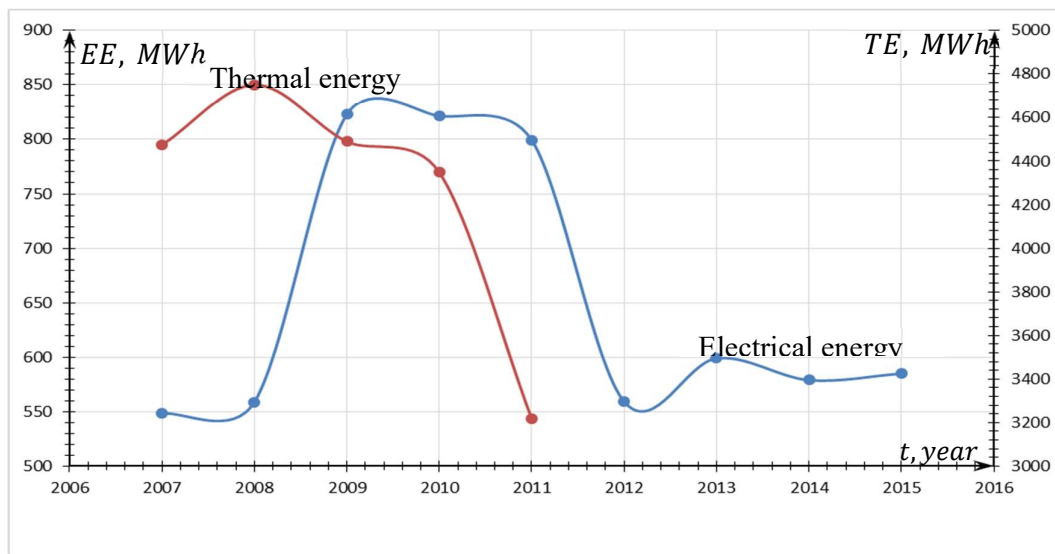


Figure A.5 - Energy consumption dynamic [5]

Analyzing the figure A.4 I can conclude 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. Bellow dynamic of electrical energy prices is represented [12].

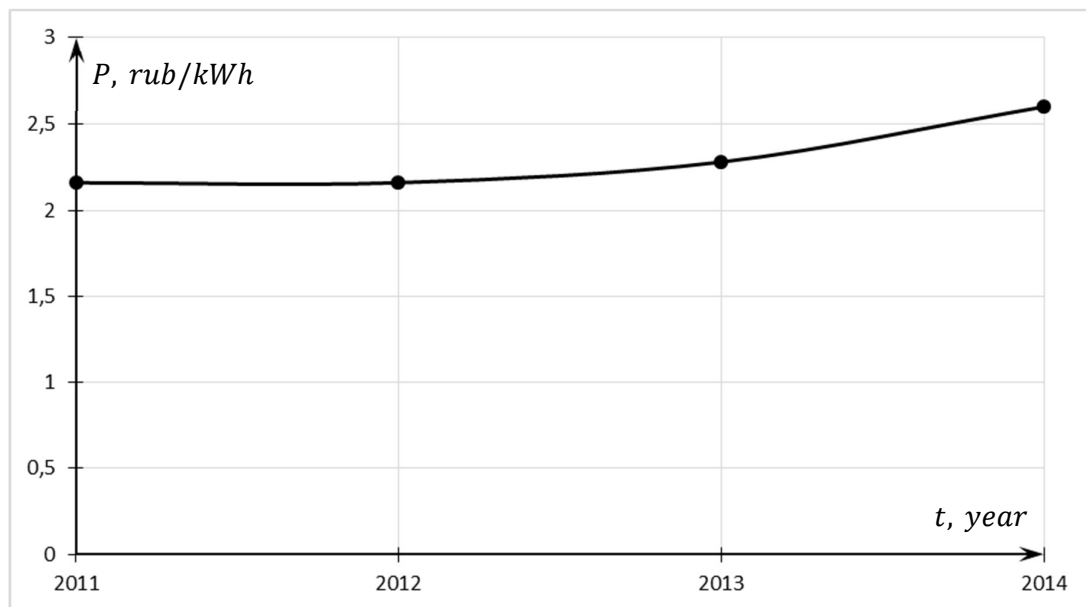


Figure A.6 - Electrical energy price changing dynamic

If take into account changing of electrical energy consumption by educational building then the payment change the following way (figure A.7).

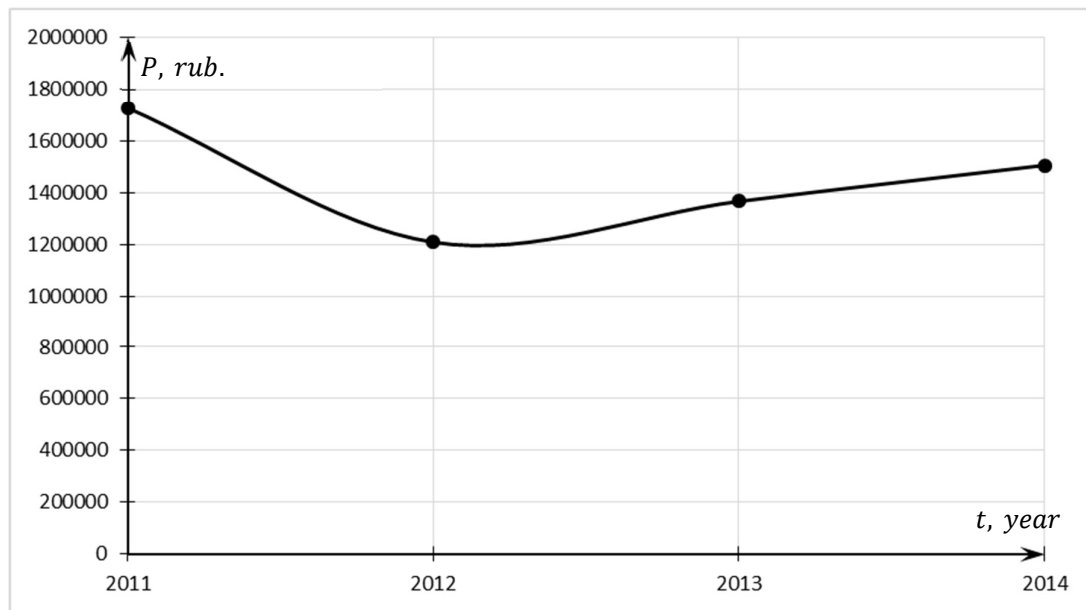


Figure A.7 - Electrical energy payment changing dynamic

The figure A.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 which influence on electrical energy consumption

The organization of educational process mainly influence on electrical energy consumption in educational buildings. Taking into account an influence of linear schedule of educational process could help to show the structure of electrical energy consumption more precisely and increase the accuracy of electrical energy consumption forecast.

The linear schedule of educational process shows that the educational process goes continuously during an academic year. Thus, lecture rooms are always demanded and changing of educational process is impossible.

Taking into account the number of students, which was reached in statistical documents [10], I can evaluate specific electrical energy consumption for one student. In table A.3 the number of power engineering institute students is represented.

Table A.3 - Power engineering institute students number

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

The numbers in the table show that the quantity of students is changed not significantly due to this fact I can conclude that quantity of students doesn't influence on 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. During winter there is bigger electrical energy consumption rate [14].

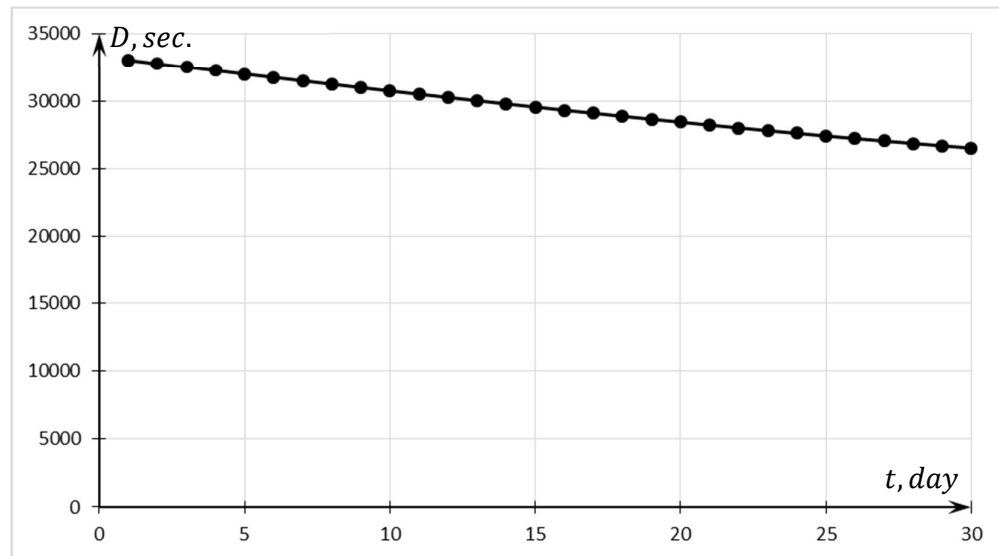


Figure A.8 - Daylight duration change in November [14]

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

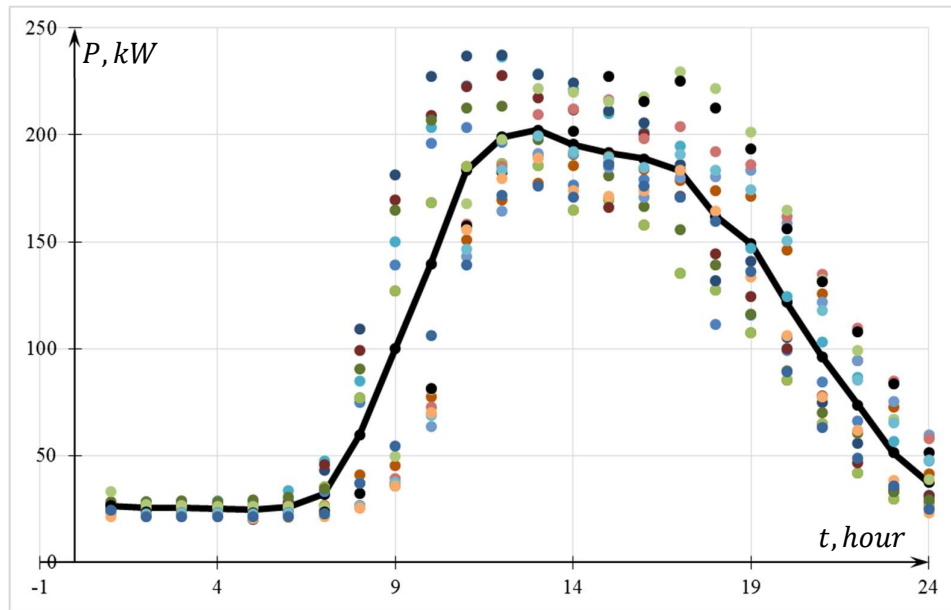


Figure A.9 - Average electrical energy consumption for working day in November [11]

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

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

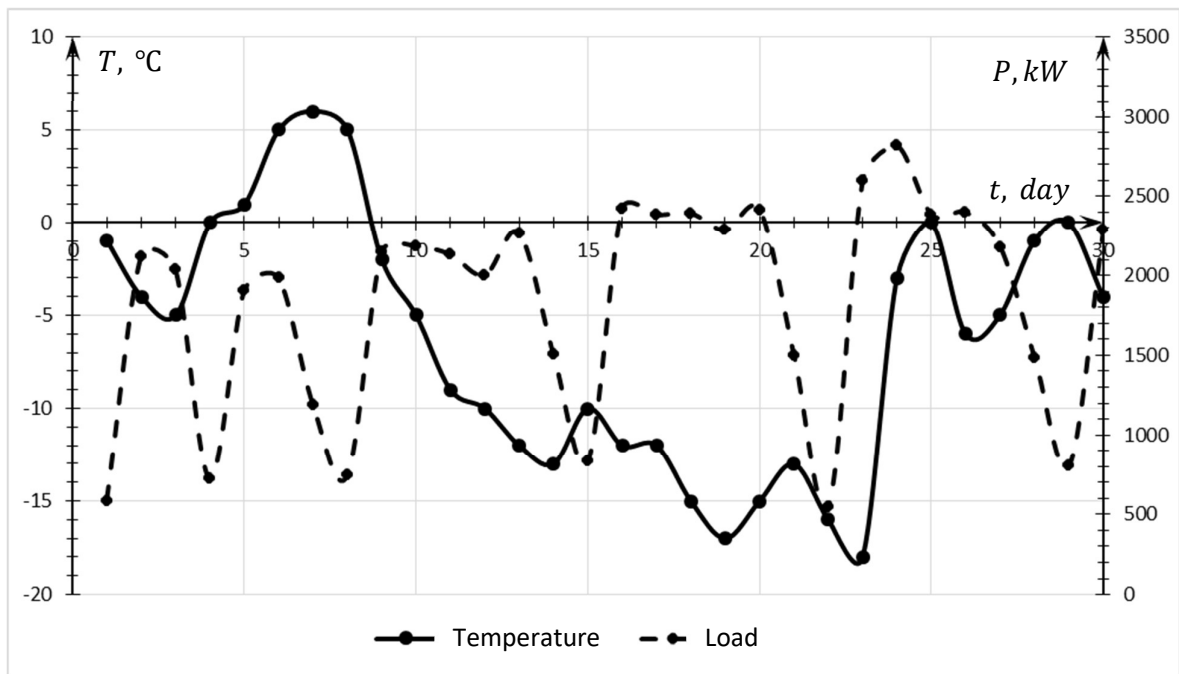


Figure A.10 - Average daily temperature and electrical energy consumption change in November 2015 [11]

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 mechanization facilities and laboratory equipment. The structure of electrical energy consumption is presented in figure A.11.

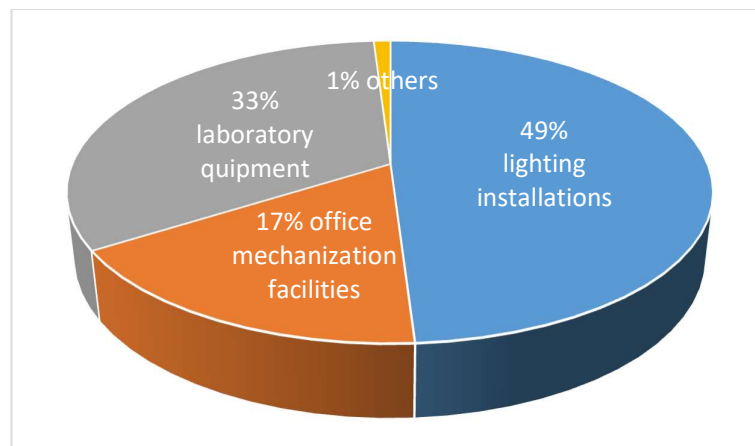


Figure A.11 - Structure of electrical energy consumption in educational building

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 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.
- Efficiency rate increasing of existing light sources by regular cleaning.
- Usage of reflected light
- Implementation of automatic control system [17].

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

Government can make a significant influence on reducing of 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 and the country is going further. 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. Analyzing it there is a possibility to influence on 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, like initial data with that I can operate are following: 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 development of energy efficiency measures assigns more and more popular direction. There are different papers written by different authors throughout the world where is described tries and experience of energy efficiency measures implementation in this field depending on different climate conditions and various types of buildings.

Such measures I can distinguish into two categories depending on investments (Figure A.12).

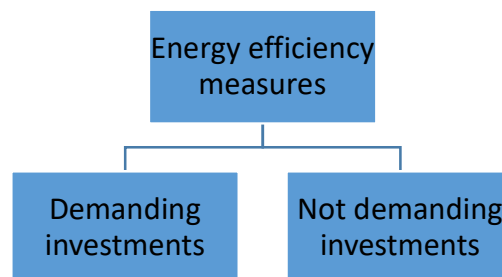


Figure A.12 - Primary categories of energy efficiency measures

For development energy efficiency 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. An example of such measures can be upgrading of heating system, upgrading of ventilation system and any other systems which 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].

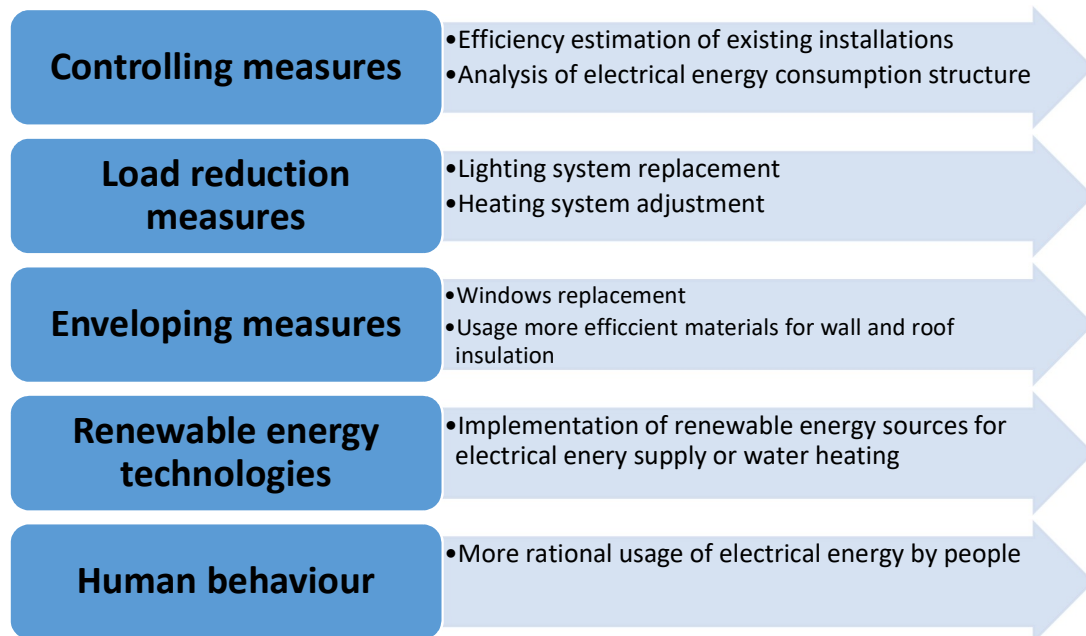


Figure A.13 - Core ways of energy efficiency measure implementation

Using controlling measures, I can follow and monitor the information about primary consumption level and estimate efficiency of existing installations. Load reductions measures mean adjustment of existing technologies in the building. For example, I can attribute in this group lighting system replacement or heating system adjustment. Enveloping 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 enveloping, renewable energy technologies or human behavior will work in an efficient way in residential buildings, where the building has relatively small square 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 will bring a good result. As well in frame of public buildings enveloping measures can be applied, however, such measures will be more expensive and additional estimation of investment efficiency 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], I considered all possible energy efficiency measures in frame of educational building. There is a big range of different energy efficiency measures.

Based on the structure of electrical energy consumption in educational building significant part of it is taken by lighting installations. Therefore, I offer reconstruction of existing lighting system. There is a possibility to change fluorescent lamps to LED which is more efficient. Changing of lighting sources does not demand significant investments, however, LED lamps have more advantages in comparison with fluorescent lamps. With taking into account degradation of lighting flow, lifetime period of LED is 10 times more that lifetime period of fluorescent lamps. However, during my calculation I identified that replacing of existing lighting sources will be more efficient as well as implementation of lighting control system. This system allows significant saving of electrical energy. Lighting control system monitors lighting level and adjusts it according to minimal lighting requirement in educational building. This system is efficient due to the fact that it takes into account natural lighting and in case when natural lighting is not sufficient it adjusts lighting level in lecture room to minimally required level. In comparison with existing lighting system lighting control system decreases electrical energy consumption by lighting installation by six times.

Implementation of offered energy efficiency measures allows reducing of electrical energy consumption on 147 930 kWh annually and, consequently, decreasing of payment for electrical energy consumption on 473 000 rub/year. Total investments for energy efficiency measures implementation 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 20.10.16]
4. Renewable Energy Alaska Project, [online]. Available on: <http://alaskarenewableenergy.org/what-is-energy-efficiency-why-is-it-important/> [Date accessed 15.11.16].
5. European commission, Energy, [online]. Available on: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive> [Date accessed 18.11.16].
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 15.11.16].
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 9.2.17].
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 26.02.2017].
12. Tomsk energosbyt, electrical energy tariff, [online]. Available on: http://www.ensb.tomsk.ru/corporate_banking/rates_and_prices/ [Date accessed 17.12.16].
13. Tomsk Polytechnic University, [online]. Available on: <http://portal.tpu.ru/> [Date accessed 4.1.17].
14. Date and time, daytime duration in Tomsk, [online]. Available on: <http://dateandtime.info/ru/citysunrisesunset.php?id=1489425> [Date accessed 4.1.17].
15. Weather records, weather in Tomsk, [online]. Available on: <http://rp5.ru/> [Date accessed 4.1.17].
16. Construction Norms and Regulations SNiP 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.