

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Повышение энергетической эффективности корпуса высшего
учебного заведения

Студент

И.В. Жукова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., А.Н. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1 Инструментарий повышения энергетической эффективности зданий и сооружений	7
1.1 Климатический риск как старт эпохи «зеленой экономики» и углеродного регулирования	7
1.1.1 Современное международное регулирование энергетических характеристик зданий и сооружений	12
1.1.2 Российские инициативы в области повышения энергетической эффективности и энергосбережения зданий и сооружений	18
1.1.3 Методологическая основа повышения энергетической эффективности ..	25
1.1.4 Энергоаудит как инструмент энергосбережения	28
1.2 Энергетическое обследование корпуса ВУЗа для определения потенциала энергосбережения.....	33
1.2.1 Анализ системы электроснабжения учебного корпуса	33
1.2.2 Анализ системы учета электроэнергии учебного корпуса.....	33
1.2.3 Установленная мощность электроприемников	34
1.2.4 Анализ электропотребления	36
1.2.5 Анализ системы внутреннего освещения.....	37
1.3 Выводы по 1 разделу	38
2.1 Современное энергоэффективное освещение.....	40
2.1.1 Требования законодательства к энергосбережению в области освещения	40
2.1.2 Системы управления освещением	48
2.1.3 Нормативные требования к освещенности и другим показателям осветительных установок	54
2.2 Техническая оценка замены светильников	59
2.2.1 Светотехнические расчеты реконструкции отдельных учебных аудиторий учебного корпуса ВУЗа	64

2.2.2 Оценка энергопотребления замены существующих люминесцентных ламп	71
2.3 Выводы по 2 разделу	74
3 Экономическая оценка замены существующих люминесцентных ламп	76
3.1 Выводы по 3 разделу	81
Заключение	82
Список используемых источников.....	83
Приложение А Набор стандартов CEN энергетической эффективности зданий EPB.....	95
Приложение Б Принципиальная схема электроснабжения учебного корпуса...	99
Приложение В Установленные мощности силового оборудования учебного корпуса	100
Приложение Г Обследование системы освещения учебного корпуса	111
Приложение Д Результаты измерений освещенности учебного корпуса	122
Приложение Е Требования к освещению для офисных рабочих мест.....	123
Приложение Ж Характеристики ламп и светильников.....	124
Приложение И Сокращения, аббревиатуры, акронимы.....	127

Введение

Использование светодиодных источников света (ИС) в настоящее время является привлекательным решением, поскольку может легко привести к снижению затрат на искусственное освещение. В последние годы часто предлагается замена люминесцентных ламп на линейные светодиодные лампы для освещения рабочих мест. Техничко-экономический анализ замены люминесцентных ламп типичного офисного здания на светодиодные с использованием оценки числового индикатора энергии освещения показывает, что данное мероприятие позволяет снизить потребление энергии на освещение более чем на 50% с очевидным сокращением годовых эксплуатационных расходов (время окупаемости менее 5 лет).

Предложена замена ламп на светодиодные с помощью технико-экономического анализа на основе полевых измерений и программного обеспечения системы освещения здания учебного корпуса ВУЗа, оснащенного в текущем состоянии люминесцентными лампами.

Объектом исследования является энергетическое состояние учебного корпуса ВУЗа.

Целью данной работы является повышение энергетической эффективности учебного корпуса ВУЗа путем выявления и анализа потенциала энергосбережения в осветительных сетях и способов реализации данного потенциала, включающих эффективное использование источников искусственного света и обеспечение требуемой световой среды.

Задачи для выполнения поставленных целей:

1. Анализ системы электроснабжения и электропотребления корпуса высшего учебного заведения;
2. Разработка предложений по энергосбережению;
3. Экономическое обоснование предложений.

Научная новизна исследования заключается в:

- установлении целесообразности и эффективности реконструкции

осветительных сетей учебного корпуса с применением современных светодиодных ламп, обеспечивающих энергосбережение и требуемую световую среду;

– выполнении светотехнических расчётов на базе программного комплекса DIALux Evo 9.0, демонстрирующих освещённость и позволяющих проанализировать распределение освещенности площади;

– выполнении реконструкции осветительных сетей с применением методов FMEA-анализа рисков и несоответствий;

– выполнении расчета экономической целесообразности реконструкции осветительных сетей по результатам анализа системы электроснабжения и электропотребления корпуса высшего учебного заведения в рамках задачи повышения энергетической эффективности.

Практическая ценность диссертации: результаты исследований, представленные в виде светотехнических расчетов на базе программного комплекса DIALux Evo 9.0. будут использованы в освещении ВУЗа.

Мероприятия по реконструкции светотехнической части ОУ и осветительных сетей включают в себя следующие шаги:

1. Анализ схемы электроснабжения учебного корпуса;
2. Анализ потребления электроэнергии за отчетный год;
3. Анализ установленных мощностей электроприемников по направлениям использования;
4. Анализ баланса потребления электроэнергии;
5. Анализ системы внутреннего освещения учебного корпуса до реконструкции;
6. Предложения по энергосбережению;
7. Предложения по реконструкции системы внутреннего освещения с применением методов FMEA-анализа;
8. Анализ характеристики системы освещения учебного корпуса после реконструкции;
9. Построение пространственной модели учебной аудитории до

реконструкции;

10. Анализ характеристики системы внутреннего освещения аудитории до и после реконструкции с помощью программного комплекса DIALux Evo 9.0;

11. Анализ систем ОУ;

12. Экономические показатели проекта.

Правильный выбор системы освещения и типов ИС, типов светильников по характеристикам распределения света, конструктивному исполнению, принятие оптимальных схем размещения светильников – залог успешной реализации проекта. В реализации проекта использованы методы FMEA-анализа для обнаружения рисков и несоответствий на этапе проектирования, для своевременного обнаружения ошибок и проблем, повышения надежности и минимизации затрат.

1 Инструментарий повышения энергетической эффективности зданий и сооружений

1.1 Климатический риск как старт эпохи «зеленой экономики» и углеродного регулирования

Широко известно, что последствия выбросов CO₂ и парниковых газов являются одним из основных ответственных факторов масштабной проблемы глобального потепления. По оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) рост антропогенных выбросов и увеличение концентрации парниковых газов в атмосфере начиная с 1970-х годов проявляется в почти линейном росте температуры. С 1970 - 1980-х годов происходит ускорение глобального потепления. Глобальная средняя приземная температура воздуха, наблюдаемая в 2006 – 2015 годах, на 0,87°C выше доиндустриальных уровней в 1850 – 1900 годах. По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО) 2019 год стал одним из самых теплых в истории инструментальных наблюдений и завершает десятилетие исключительно высокой глобальной приземной температурой воздуха, отступлением льда и рекордным уровнем моря [1].

По данным Глобальной службы атмосферы ВМО концентрации основных парниковых газов в атмосфере, обусловленные антропогенными выбросами, ежегодно увеличиваются на 0,3 – 0,5% и в 2018 году достигают максимума за весь период наблюдений, значительно превышая доиндустриальный уровень, на 43 %. увеличилось радиационное воздействие долгоживущих парниковых газов на климатическую систему в период с 1990 по 2018 гг. Основной вклад в увеличение радиационного воздействия вносят антропогенные выбросы CO₂. Сохранение сложившихся трендов будет способствовать дальнейшему росту глобальной средней приземной температуры воздуха к 2100 году на 4°C и более относительно доиндустриального уровня [1].

По различным сценариям Международного энергетического агентства

(МЭА) к 2040 году спрос на электроэнергию вырастет на 50 - 62% относительно уровня 2018 года. Если этот спрос будет обеспечен преимущественно на основе ископаемого топлива, то в атмосфере усилится рост концентрации антропогенных выбросов парниковых газов [1].

На фоне глобального изменения климата, приводящего к катастрофическим погодным явлениям и изменениям окружающей среды, становится все более материальным новый вид риска – климатический. Обратной стороной повышения климатического риска является реакция общества на «климатические вызовы», которая выражается в виде ужесточения законодательства и требований, в том числе к частному сектору [2].

Задача сохранения климата является общей для всех стран. Для объединения усилий в 1992 году была принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН) [3], в развитие которой реализуются с 1997 года Киотский протокол [4] и с 2015 года Парижское соглашение [5], регулирующие меры по снижению содержания CO₂ в атмосфере с 2020 года [1]. Соглашение принято консенсусом 12 декабря 2015 года, подписано 22 апреля 2016 года. Согласно статье 2 целью является активизация осуществления РКИК ООН, в частности, удержание роста глобальной средней температуры намного ниже 2 °С - в пределах 1,5 °С [6].

По состоянию на начало 2020 года, на официальном портале РКИК ООН опубликовано 15 стратегий долгосрочного развития с низким уровнем выбросов парниковых газов (Европейский союз, Великобритания, Германия, Канада, Мексика, США, Франция, Япония). Эти долгосрочные стратегии определяют национальные подходы к переходу на траекторию устойчивого развития с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 года. В качестве национального вклада в глобальное реагирование на угрозу изменения климата страны также заявляют целевые показатели ограничения выбросов парниковых газов. Отдельные страны заявили о планах достичь углеродной нейтральности к 2050 году и ранее (Великобритания, Франция,

Европейский союз, Швеция, Швейцария и др.) [1].

Все большее число транснациональных корпораций участвуют в различных инициативах, направленных на сокращение выбросов парниковых газов, увеличения потребления возобновляемой энергии, повышения энергоэффективности и содействия устойчивому развитию (Carbon Disclosure project (CDP), Science-Based Targets initiative (SBTi), Climate group, Глобальный договор ООН). Ряд крупных корпораций приняли собственные стратегии низкоуглеродного развития, в которых обозначены амбициозные планы по достижению углеродной нейтральности к 2050 гг. (Maersk, BP, Volkswagen, Xcel Energy, Cenovus, Equinor, Qantas Group, ЛУКОЙЛ) и ранее (Bosch – к 2020 г., Volvo – 2025 г., RWE и LANXESS – к 2040 г.).

Наличие у организации стратегии низкоуглеродного развития и системы корпоративного управления рисками, связанными с климатом и устойчивым развитием, все чаще становится определяющим фактором для привлечения инвестиций. В этой связи все большее число компаний раскрывает нефинансовую информацию, связанную с климатом. Раскрытие информации по стандарту TCFD (The FSB Task Force on Climate-related Financial Disclosures - Рабочая группа по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата, при Совете по финансовой стабильности) в настоящее время осуществляют более 830 организаций. Использование стандарта TCFD с 2020 года станет обязательным для участников международной сети инвесторов по устойчивому развитию с объемом активов более 80 трлн. долларов США [1].

По оценке Программы ООН по населенным пунктам (ООН Хабитат), до 70% глобальных антропогенных выбросов парниковых газов приходится на города. В этой связи ряд городов реализует собственные климатические стратегии и планы, включающие в числе прочего цели по переходу на углеродную нейтральность. О намерении стать углеродно-нейтральными к 2050 году в настоящее время объявили более 100 городов, отдельные города планируют достичь углеродной нейтральности значительно ранее: Стокгольм

– к 2040 г., Хельсинки – к 2035 г., Копенгаген – к 2025 г., Ливерпуль – в 2020 г. Меры, направленные на развитие с низким уровнем выбросов парниковых газов, принимаются в том числе в рамках различных неформальных объединений: Группа городов-лидеров по проблеме климата (С40), Альянс углеродно-нейтральных городов (CNCA) [1].

Москва приняла Парижское соглашение Постановлением Правительства РФ от 21.09.2019 № 1228 «О принятии Парижского соглашения» [7]. В развитие статьи 4 соглашения по климату Минэкономразвития России разработало проект Стратегии долгосрочного развития по сокращению выбросов парниковых газов до 2050 года [1]. В настоящее время действует Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р) [8].

Как известно, экономика России во многом базируется на доходах от нефтяной отрасли. По последним оценкам достижение ценового паритета электромобилей с автомобилями с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) на некоторых рынках произойдет уже в перспективе трёх-пяти лет, одновременно продолжится падение себестоимости энергии, получаемой из возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Эксперты заключают, что вследствие этих факторов экономика нефтяной индустрии в сегменте производства и сбыта топлива для бензиновых и дизельных транспортных средств находится «в неумолимом и необратимом упадке». Рекомендация экспертов – как можно скорее перенаправить инвестиции на технологии ВИЭ и хранения энергии. Таким образом, реализация новой, климатически дружественной политики в России становится не только необходимым ответом на вызов изменения климата, но и залогом экономического выживания и сохранения конкурентоспособности нашей страны в новом низкоуглеродном мире [9].

В проекте Стратегии рассмотрены два основных сценария: базовый, принятый за основу, и интенсивный. Однако, любой из них предполагает

увеличение выбросов до 2030 и 2050 гг. (рисунок 1) по сравнению с уровнем 2017 года [1]. Учитывая, что Россия занимает четвертое место по объемам выбросов парниковых газов среди стран мира, реализация данной Стратегии не сможет помочь удержать глобальное повышение температуры ниже 1,5...2°C. Международная независимая неправительственная экологическая организация Greenpeace (Гринпис) призывает к необходимости пересмотра целевых показателей сокращения выбросов на 2030 и 2050 гг. в сторону их усиления, а также достижения углеродной нейтральности к 2050 году [10].

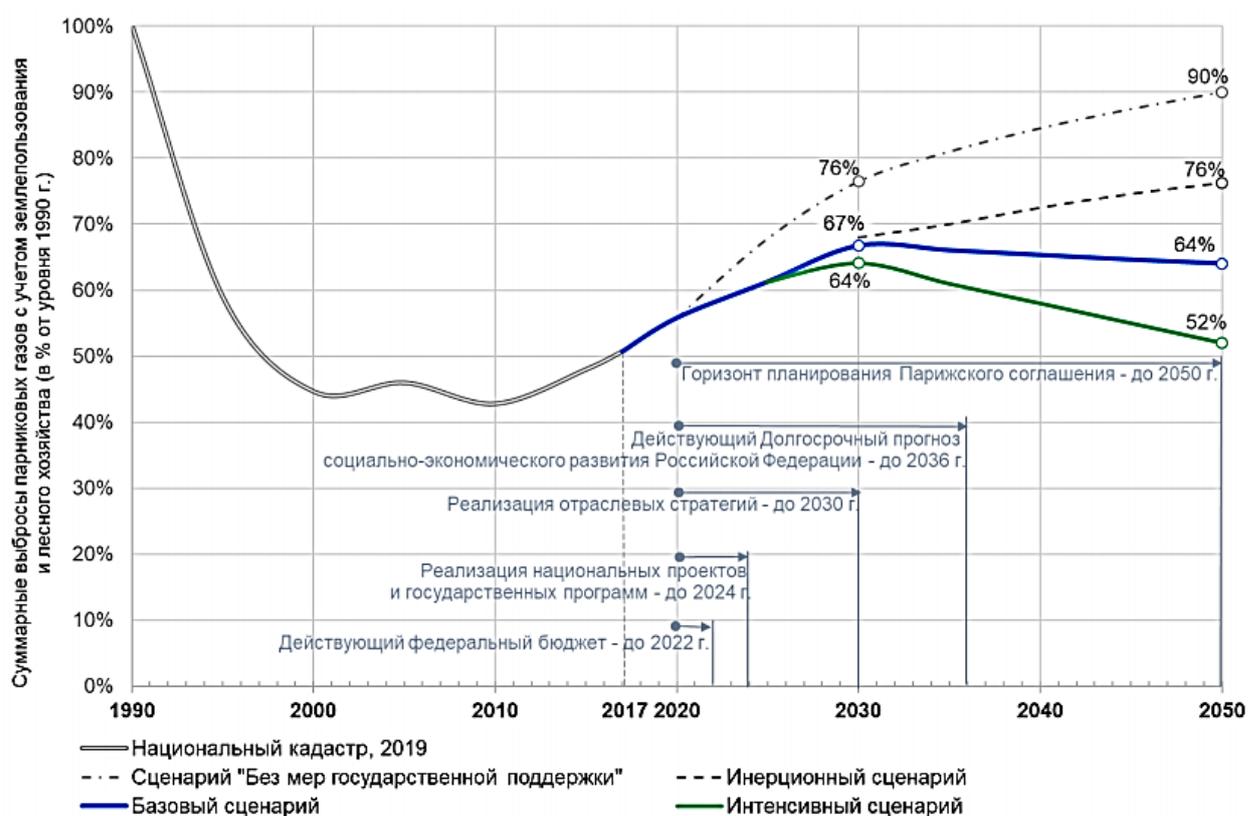


Рисунок 1 - Сценарии долгосрочного развития Российской Федерации

Осознание рисков, связанных с избыточной зависимостью от нефтегазового экспорта, нашло отражение в документах стратегического планирования. Так, в Доктрине энергетической безопасности (утв. Указом Президента РФ от 13.05.2019 № 216 [11]) в качестве внешнеэкономических вызовов энергетической безопасности указываются замедление роста спроса на энергоресурсы, развитие ВИЭ, энергосбережения, а также наращивание международных усилий по реализации климатической политики и ускоренному переходу на «зелёную экономику». В Концепции

долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р) [12] в качестве вызова обозначено исчерпание потенциала экспортно-сырьевой модели экономического развития. Без сокращения добычи и потребления ископаемого топлива Россия не может значительно сократить парниковые выбросы и обеспечить устойчивое экономическое развитие [10].

Темп роста отраслей экономики, использующих ВИЭ и низкоуглеродные технологии («зеленый» сектор), значительно превышает другие сектора и является мощным драйвером экономического развития и создания новых высокотехнологичных рабочих мест в интересах и контексте устойчивого развития. По экспертным оценкам, к 2050 г. мировой рынок строительства энергоэффективных и углеродно-нейтральных зданий может достичь 15 трлн. долларов США, автомобилей с низкими удельными выбросами парниковых газов – 8 трлн долларов США, водородной энергетики – 2,5 трлн. долларов США, строительства установок ВИЭ – 1 трлн. долларов США, оборудования для повышения энергетической эффективности – 1 трлн долл [1].

1.1.1 Современное международное регулирование энергетических характеристик зданий и сооружений

Энергопотребление зданий составляет до 40 % мирового энергопотребления и несет ответственность за последствия выбросов 36 % CO₂. В Европейском Союзе 75 % зданий неэффективны с энергетической точки зрения: несмотря на то, что строительный сектор расширяется, модернизация и ремонт неэффективных зданий составляет 0,4 ... 1,2 % фонда недвижимости для разных государств-членов [13].

В Европе выпуск Европейским союзом (ЕС) конкретных директив по экодизайну использования энергии или связанных с энергией продуктов (Директива 2005/32/ЕС, устанавливающая требования по экологичности дизайна и минимальной энергоэффективности для продуктов, использующих

электроэнергию (Energy using Products, EuP), импортируемых или продаваемых в странах ЕС, и Директива 2009/125/ЕС по установлению требований экодизайна энерговязанных изделий и энергетическая маркировка таких изделий в соответствии с Директивой 2010/30/ЕС) привели к ключевому импульсу на пути к технологическому развитию и эволюции рынка. Эти директивы постепенно привели к отмене на рынке низкоэнергетической продукции наряду с энергетической маркировкой доступных продуктов для более осознанного выбора конечных пользователей [13].

Вслед за общими международными соглашениями, подписанными в Киотском протоколе (1997), ЕС выпустил в 2002 году Директиву по энергоэффективности зданий (Energy Performance Building Directive - EPBD) как основное регулирование, касающееся энергетических характеристик с целью увеличения энергетической эффективности зданий как в исследовательских и технологических разработках, так и в профессиональном совершенствовании [13].

Оригинальная версия Директивы была тщательно рассмотрена в 2010 году, подлежала пересмотру и последующим поправкам. Согласно публикации «Внедрение Директивы по энергоэффективности зданий», изданной Европейским Союзом, «с его изменениями государства-члены (MS - Member States) столкнулись с новыми проблемами. В первую очередь, среди них оптимальная стоимость расчета для установки минимальных требований и стремление к почти нулевым энергетическим зданиям (NZEB - Nearly Zero-Energy Buildings) к 2020 году. Первая проблема решена почти каждой страной, но на сегодня NZEB продолжает оставаться серьезной проблемой, и пока неясно, какой прогресс будет достигнут к 2020 году, особенно когда необходим ремонт огромного запаса существующих зданий с низкой энергетической эффективностью» [13].

30 ноября 2016 года в рамках пакета «Чистая энергия для всех европейцев» Еврокомиссия опубликовала предложение о пересмотре EPBD.

Совет ЕС согласовал свою позицию по этому предложению 26 июня 2017 года. В частности, предложение внедряет системы автоматического контроля зданий в качестве альтернативы физическим осмотрам, поощряет развертывание необходимой инфраструктуры для систем e-mobility, укрепляет связи между государственным финансированием реконструкции зданий и сертификатами энергоэффективности. EPBD принимает целостный подход, который сочетает в себе стандартные аспекты и информационные инструменты, а также определяет энергетические характеристики здания как «количество энергии, необходимое для удовлетворения спроса на энергию для стандартного использования здания, особенно - использование энергии для отопления, охлаждения, нагрева воды и освещения» [13].

Дальнейшие меры были приняты развивающимися странами, где величина разрыва эффективности велика. Например, программы Китая, Индии и Бангладеш призваны поощрять потребителей, заменяющих устаревшие ИС более эффективными системами на основе светодиодов. Аналогично правительством Ирана была принята программа замены светодиодных ламп на основе предоставления домохозяйствам бесплатных светодиодных ламп с целью сокращения затрат на электроэнергию для жилых зданий. Кроме того, правительство Катара заказало исследование долгосрочных прогнозов потребления электроэнергии с 2017 по 2030 год для дальнейших сценариев экономического развития, которое показало, что эффективность электроэнергии может оказать сильное влияние на будущее развитие потребления электроэнергии. Япония установила налоговые льготы, чтобы подтолкнуть производителей в сторону светодиодной продукции, в то время как итальянское правительство запустило ряд инициатив с точки зрения налогообложения для частных и государственных заинтересованных сторон, которые осуществляют решения, повышающие энергоэффективность в промышленности, транспорте и жилом секторе [13].

Для определения общей методологии оценки энергоэффективности зданий по данным EPBD европейская Организация по стандартизации (фр.

Comité Européen de Normalisation - CEN) разработала набор из 59 стандартов (таблицы А.1, А.2, А.3 приложения А). Полный обзор всех стандартов ЕРВ приведен на веб-сайте Центра ЕРВ [14], с более подробной справочной информацией можно ознакомиться в журнале RENVА [15]. Новый набор стандартов энергетической эффективности зданий, разработанный CEN в соответствии с мандатом М/480, предоставляет методологию для расчета общих энергетических характеристик зданий, поддерживающих ЕРВД. Они предоставляют государствам-членам ЕС инструментарий для помощи в реализации Директивы, а также направлены на повышение прозрачности в отношении методологий расчета энергетической эффективности. Каждый стандарт ЕРВ имеет шаблон для национального приложения, который позволяет государствам-членам адаптировать методологию к национальной ситуации [16].

Модуль «М1, Общие стандарты ЕРВД» включает в себя стандарты ЕРВД и сопроводительные технические отчеты, которые касаются общих энергетических характеристик здания. Всеобъемлющие стандарты ЕРВ предоставляют основную информацию, необходимую в стандартах, охватываемых другими модулями (М2 - М11), такие как общие термины и символы или общий выбор климатических условий, и/или они предоставляют процедуры, позволяющие объединить информацию из этих других модулей для агрегирования в общие данные об энергопотреблении, такие как общие характеристики первичной энергии [15].

Набор стандартов энергоэффективности зданий (ЕРВ) был опубликован летом 2017 года. Ряд ключевых стандартов ЕРВ доступны на глобальном уровне (семейство стандартов EN ISO 52000), в то время как другие на данный момент доступны только на европейском уровне (стандарты CEN). Пересмотренная ЕРВД, опубликованная в июне 2018 года, обязывает государства-члены ЕС описывать свои национальные методологии расчета в соответствии с «национальными приложениями» так называемых «всеобъемлющих» стандартов ЕРВ. Это заставит государства-члены

объяснить, где и почему они отклоняются от этих стандартов, и приведет к более широкому признанию и продвижению набора стандартов EPB в Европе и за ее пределами [16].

Каждый из модулей охватывается одним или несколькими стандартами EPB. Крайне важно, чтобы в целом обеспечивалась и поддерживалась согласованность с точки зрения определений, обозначений и в общем подходе. Пересмотренная EPBD применяет пять так называемых "всеобъемлющих" стандартов: EN ISO 52000-1, EN ISO 52003-1, N ISO 52010-1, EN ISO 52016-1 и EN ISO 52018-1. Каждый из них описывает важный шаг в оценке энергетических показателей здания. Стандарты EPB также доступны в качестве стандартов ISO, что создает сильную основу для внедрения других (CEN) стандартов EPB на мировом уровне. Гармонизация методологии оценки EPB на глобальном уровне - инновация в решениях и продуктах EPB [16].

Целостный подход является инструментом для цели политики и драйвером для инноваций. В прошлом требования к энергоэффективности были установлены на уровне компонентов - минимальные уровни теплоизоляции и минимальная эффективность продуктов. Однако, это приводит к неоптимальным решениям и создает барьер для необходимых технологических переходов. Набор стандартов EPB основан на целостном или системном подходе: оценка общей энергии производительности здания. Это подразумевает, что все типы использования энергии в строительстве (отопление, освещение, охлаждение, кондиционирование, вентиляция), наружные климатические и местные условия, а также требования к климату в помещении рассматриваются в разрезе сложного и динамического взаимодействия между этими различными аспектами [16].

Подразумевается, что любая комбинация технологий может быть использована для достижения намеченного общего уровня энергоэффективности при минимальных затратах. В связи с этим «конкуренция» между различными технологиями, целостный подход

является ключевым фактором для технологических инноваций и изменений. Целостный подход является ключевым инструментом для оценки цели политики- четкая последовательность играет важную роль в продвижении инноваций в строительном секторе [16].

Набор стандартов EPB предлагает международно-согласованный набор методов для оценки энергетической эффективности здания в согласованном, модульном и прозрачном виде. С другой стороны, многие технологии, в частности для зданий с низким энергопотреблением, направленные на удовлетворение современных требований к производительности, сильно и динамично взаимодействуют с почасовыми и суточными изменениями погоды и эксплуатации (солнцезащитные жалюзи, термостаты, потребности, присутствие, накопление, механическая вентиляция, ночное охлаждение - вентиляция, работа в выходные дни, теплонасос, солнечные батареи и т. д.), что значительно влияет на расчетную энергетическую эффективность [16].

С публикацией набора стандартов EPB в 2017 году становится доступным мощный набор согласованных на международном уровне оценок и процедур по энергоэффективности зданий. Эти согласованные процедуры предлагают гибкость, чтобы принять во внимание национальную или региональную ситуацию через так называемые национальные приложения или таблицы данных. Центр EPB предоставляет информацию, осуществляет техническую поддержку и собирает отзывы о освоении набора стандартов EPB на национальном и региональном уровнях. Этот набор методов является ключевым инструментом для установки и оценки целей национальной и международной политики и будет играть важную роль в продвижении инноваций в строительном секторе [16].

Международной организацией по стандартизации (International Organization for Standardization - ISO) осуществляется тесное сотрудничество с Международной электротехнической комиссией (International Electrotechnical Commission - IEC) во всех сферах электротехнической

стандартизации [17].

15 июня 2011 года был опубликован стандарт ISO 50001 («Energy management systems - Requirements with guidance for use»). Стандарт основывается на методологии, известной как цикл по постоянному улучшению PDCA (plan – do – check – act) - цикл Деминга. Второе издание стандарта 2018-08 - новая редакция ISO 50001:2018 - отменяет и заменяет первое издание [18].

Согласно Резолюции 2017-14, утвержденной в октябре 2018 года, Международный форум по аккредитации (International Accreditation Forum – IAF) согласовал трёхлетний период перехода на новую версию ISO 50001:2018 с официальной даты опубликования. В то же время данная Резолюция 2017-14 была дополнена следующим требованием: «С 21 февраля 2020 года проведения аудитов, включая первоначальные, надзорные и ресертификационные аудиты на соответствия требованиям стандарта ISO 50001:2011 будут прекращены. Начиная с этой даты проведение всех аудитов только на соответствия требованиям стандарта ISO 50001:2018» [19].

1.1.2 Российские инициативы в области повышения энергетической эффективности и энергосбережения зданий и сооружений

В России существует более полутысячи нормативно-правовых документов по энергосбережению: федеральные законы и указы президента РФ, документы федеральных органов исполнительной власти, документы региональных органов власти, ГОСТы и т.д. [20].

Основные направления государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [21]:

- реализация Комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики РФ (утв. распоряжением Правительства РФ от 19 апреля 2018 г. № 703-р) [22];
- обеспечение энергетической эффективности при закупках товаров,

работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд. Введение классов энергетической эффективности общественных зданий, строений, сооружений;

- совершенствование требований к программам энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

- реформирование системы энергетических обследований и введение института декларирования потребления энергетических ресурсов государственными учреждениями;

- развитие государственной информационной системы (ГИС) «Энергоэффективность».

Цели реализации потенциала энергосбережения, снижения энергоемкости ВВП, повышения энергетической эффективности экономики РФ могут быть достигнуты за счет следующих мероприятий [21]:

- последовательное и непрерывное совершенствование существующих технологий и внедрение передовых технологий (при производстве, передаче и использовании энергии у конечного потребителя), таких как, например, парогазовые установки, установки комбинированной выработки электричества и тепла, электрификация и газификация транспорта, современные энергоэффективные конструкций зданий и теплоизоляционные материалы, установки регулируемого привода, энергоэффективные светильники и системы управления освещением, ИТП с погодным регулированием, современные приборы учета потребления энергетических ресурсов;

- вывод на конкурентный уровень по совокупной стоимости жизненного цикла возобновляемых источников энергии (солнце, ветер, биомасса, биогаз и т.д.) по сравнению с традиционными источниками энергии;

- внедрение всеобъемлющего учета потребления всех видов ресурсов и совершенствование правил такого учета, создание возможностей для потребителя объективно управлять потреблением ресурсов;

- модернизация системы тарифообразования, направленной на

установление рыночных стимулов для внедрения энергосберегающих мероприятий;

- установление целевых показателей повышения энергоэффективности для экономики в целом и по наиболее энергоемким отраслям, механизма управления и контроля за реализацией программ по достижению указанных целей;

- развитие и диверсификация механизмов государственного стимулирования повышения энергетической эффективности;

- популяризация энергосбережения и стимулирование энергосберегающего поведения потребителя.

Реализация вышеуказанных мероприятий должна быть предусмотрена обновленной комплексной программой повышения энергоэффективности экономики РФ.

Указом Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» была определена цель - снизить к 2020 г. энергоемкость ВВП не менее чем на 40 % от уровня 2007 г [23].

Во исполнение Указа 889 принят Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ», целью которого является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергоэффективности [24].

Для достижения указанных целей принята государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 2446-р [25], которая была включена в качестве подпрограммы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» в государственную программу «Энергоэффективность и развитие энергетики», утвержденную постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 321

[26]. Ключевой целью программы является снижение энергоемкости ВВП РФ на 13,5 % (с корректировкой до 9,41 %) за счет реализации программных мероприятий, что в совокупности с другими факторами, в том числе структурного сдвига экономики, должно было обеспечить достижение цели, поставленной Указом 889.

В связи с сохранением основных проблем в сфере энергосбережения и энергетической эффективности Минэкономразвития России разработало Комплексный план мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики в РФ [22], в котором предусмотрены мероприятия, направленные на снижение энергоемкости ВВП за счет сокращения технологического отставания страны, обеспечивающие повышение энергетической эффективности экономики РФ в отношении предприятий промышленности, регулируемых организаций, организаций с государственным участием, в бюджетной сфере, а также в жилом секторе, модернизацию основных фондов с целью повышения их энергетической эффективности, а также стимулирование снижения потребления энергетических ресурсов. В пункте 4 целевых показателей динамика совокупных расходов бюджетной системы на электроэнергию к уровню 2016 года, равному 107,315 млрд. рублей, составляет к 2025 году минус 7,73 млрд. рублей, а к 2030 году минус 10,3 млрд. рублей.

Минстроем России разработан план мероприятий («Дорожная карта») по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений, утвержденный распоряжением Правительства РФ от 1 сентября 2016 г. № 1853-р, включающий показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в качестве целевых [27].

Приказом Минстроя России от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр утверждены требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, что способствует установлению аналогичных требований на региональном уровне и для сети подведомственных учреждений федеральных органов исполнительной власти [28].

В соответствии с планом мероприятий по повышению энергетической эффективности зданий, строений, сооружений постановлением Правительства РФ от 7 марта 2017 г. № 275 были утверждены первоочередные требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, предусматривающие обязательное использование энергетически эффективного освещения и ИТП с автоматическим погодным регулированием с 1 января 2018 г. при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте для ряда типов зданий, строений, сооружений [29], установлены первоочередные требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений. Приказом Минстроя России от 11 октября 2017 г. № 1422/пр во исполнение указанного постановления утверждены критерии наличия технической возможности установки ИТП с автоматическим погодным регулированием [30].

В 2017 г. в соответствии с планом мероприятий Минстрой России разработал изменения в состав разделов проектной документации и требований к их содержанию, утвержденных постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 № 87 [31], направленные на совершенствование требований к мероприятиям по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов, утвержденные постановлением Правительства РФ от 8 сентября 2017 г. № 1081 [32].

В течение 2017 г. были разработаны и постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2018 г. № 486 «О внесении изменений в постановление Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1221» утверждены изменения правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг при осуществлении закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд [33]. В соответствии с данными изменениями, первоочередные требования энергетической эффективности устанавливаются также для работ по проектированию, строительству (реконструкции) зданий.

В целях реализации государственной политики, направленной на обеспечение граждан качественным жильем, организации проведения

капитальных ремонтов в МКД и модернизации ЖКХ, функционирует ГК «Фонд содействия реформированию ЖКХ» согласно 185-ФЗ [34].

Основным поддерживающим механизмом реализации государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в сфере ЖКХ является популяризация энергосберегающего образа жизни среди населения. Одним из основных подходов к популяризации идей ответственного энергопотребления среди населения стала кампания по проведению с 2016 года фестиваля энергосбережения #ВместеЯрче - акции по привлечению внимания жителей России к вопросам бережного отношения к энергоресурсам и использованию в быту и на производстве современных энергоэффективных технологий. Мероприятие проводится при активной организационной поддержке Минэнерго России в сотрудничестве с Минобрнауки России, Росмолодежью, ГК «Фонд содействия реформированию ЖКХ», а также другими федеральными региональными ведомствами и общественными организациями [35].

Для мониторинга энергопотребления в бюджетном секторе используется государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ГИС) «Энергоэффективность» [36].

Утвержден информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (НДТ) в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, выполняющий роль справочника лучших применяемых практик по корпоративному управлению энергетической эффективности [36]. Основу законодательства в области НДТ сформировал Федеральный закон от 21 июля 2014 г. N 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты РФ» [37], который совершенствует систему нормирования в области охраны окружающей среды и меры экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения НДТ. Внедрение НДТ предусмотрено международными конвенциями и соглашениями, ратифицированными РФ, в том числе Конвенцией ЕЭК ООН о трансграничном

загрязнении воздуха на большие расстояния [38], Конвенцией по защите морской среды района Балтийского моря [39], Конвенцией о защите морской среды Каспийского моря [40], Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях [41], Конвенцией об охране и использовании трансграничных водотоков и озер [42], Базельской конвенцией о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением [43].и др.

В течение 2014 – 2017 гг. выстроена система требований в области энергоэффективного освещения в области государственных и муниципальных закупок, а также строительных норм и правил, соответствующая, по оценкам экспертов ООН, лучшим мировым аналогам [36].

При утверждении ряда профессиональных стандартов в отношении профессий, задействованных в производственной сфере, установлены требования к знанию законодательства и требований в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Данная работа будет способствовать повышению квалификации работников на производстве, задействованных в решении вопросов повышения энергоэффективности предприятий. Вместе с тем, по-прежнему остро стоит вопрос разработки программ обучения и подготовки кадров по указанному направлению [36].

Наличие класса энергетической эффективности зданий служит источником информации о рациональности расходования энергетических ресурсов при обслуживании здания, отражает степень комфорта в процессе его эксплуатации, а также является инструментом для оценки и сравнения энергопотребления различных зданий. Возможность существенно снизить эксплуатационные расходы стимулирует потребителей к выбору зданий с более высоким классом энергетической эффективности, что, в свою очередь, мотивирует проектирование и строительство новых зданий с высоким классом энергетической эффективности или модернизацию находящихся в эксплуатации зданий с целью повышения их энергоэффективности [36].

Несмотря на множество инициатив и мер за прошедшие 10 лет энергоемкость ВВП РФ снизилась всего на 9%, последние 4 года энергоемкость

ВВП не снижается, а цель по снижению на 60% при сохранении текущих темпов будет достигнута только в 2043 г. с существенным отставанием от плана. Вместе с тем, экономика РФ обладает существенным потенциалом энергосбережения. Энергоемкость российского ВВП выше мирового уровня на 46%, уровня Канады — на 17%. Реализация накопленного потенциала позволит высвободить значительные дополнительные объемы ископаемого топлива для экспорта, «озеленить» баланс потребляемой энергии, сократить выбросы в атмосферу, повысить качество жизни.

Технологический фактор является ключевым потенциальным драйвером в снижении энергоемкости [44, 45, 46]. По итогам проведенного мониторинга состояния энергоэффективности в РФ Минэкономразвития России прорабатываются инициативы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в системе управления, в части технологического регулирования, финансовых стимулов, отраслевых инициатив [20].

1.1.3 Методологическая основа повышения энергетической эффективности

Неотъемлемой частью проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности здания является энергетическое обследование (энергоаудит). Внедрение в организации системы энергетического менеджмента позволяет сформировать целостную систему управления энергосбережением и энергоэффективностью, включающей в себя энергетический анализ (энергетическое обследование), разработку и реализацию программы энергосбережения, мониторинг достижения целевых показателей, закупочную деятельность, проектирование и новое строительство, подготовку и мотивацию персонала, работу с подрядчиками, системы учета энергетических ресурсов, энергосервисные контракты. Проведение энергоаудитов регламентируется статьей 15 ФЗ-261 и другими нормативно-правовыми документами.

Один из способов оценки качества системы управления

энергосбережением и повышением энергетической эффективности организаций — сертификация системы энергетического менеджмента по требованиям стандарта ISO 50001. Согласно ISO 50001:2018 [18]:

Система энергетического менеджмента, СЭнМ (energy management system, EnMS) - система менеджмента, используемая для установления энергетической политики, целей, энергетических задач, планов действий и процесса(ов) для достижения этих целей и решения энергетических задач;

Система менеджмента (management system) - совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов организации, предназначенная для установления политик и целей, а также процессов для достижения этих целей.

Указанный стандарт помогает организациям формировать системы управления, в рамках которых возможно контролировать улучшение показателей деятельности в области энергосбережения и энергетической эффективности, снижения негативного воздействия на окружающую среду. Требования стандарта гибкие и могут применяться к любому типу организаций. В рамках реализации Комплексного плана Федеральным законом от 19 июля 2018 г. № 221-ФЗ законодательно введено требование о представлении органами государственной власти и государственными и муниципальными учреждениями энергетических деклараций [47]. С выходом ФЗ-221 и международного стандарта ISO 50001:2018 произошло повышение роли энергоменеджмента. Существенные изменения выражаются в общей структуре и элементах с новыми версиями стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 и ISO 45001:2018 (взамен OHSAS 18001:2007), переходе на процессную модель при регламентации СЭнМ, обращении к рискам и возможностям - элементу планирования в рамках функционирования СЭнМ [19].

Рассмотрение рисков и возможностей является частью действий на высшем уровне по выработке стратегических решений. Организация, выявляя риски и возможности на этапе планирования СЭнМ, может предвидеть потенциальные сценарии и последствия и, тем самым, нежелательные

воздействия могут быть рассмотрены до того, как они произойдут. Аналогично могут быть выявлены и реализованы благоприятные соображения и обстоятельства, которые позволяют получить преимущества или положительный результат.

В качестве методологической основы СЭнМ применяют различные управленческие методы: метод целевого энергетического мониторинга (ЦЭМ); методики компании DNV КЕМА (рейтинговые оценки, сетевые графики, специальное обучение сотрудников); риск-менеджмент; метод контроля и нормализации энергопотребления (КиН); методики на основе стандартов и другие. Неотъемлемой составляющей, необходимой для организации системы энергоменеджмента на предприятии, является проведение энергоаудита, являющегося основным инструментом энергетического менеджмента. В научной литературе приведена сравнительная характеристика преимуществ и недостатков различных вариантов методологической базы системы энергоменеджмента.

FMEA (Failure modes and effects analysis) - новый инновационный инструмент менеджмента, позволяющий определять причину возможного риска для качества продукции или услуг и систематически устранять этот риск. Последнее достигается тем, что в методологии предусмотрен расчет значимости каждой идентифицированной угрозы. Это позволяет браться сначала за наиболее актуальные из потенциальных или уже возникших проблем. Своевременное реагирование на риски снижает издержки организации, использующей методику FMEA. Функционал FMEA - один из кратчайших путей к реализации ряда важнейших требований стандартов серии ISO, на практике его достаточно часто внедряют именно в этой связи, т.к. удается получить убедительные свидетельства выполнения требований, бесспорные, что немаловажно, как для руководства организации, так и для внешних аудиторов.

Метод основан на трех основных принципах: оценка, команда и анализ. Несмотря на некоторые проблемы в применении метода, в целом, данный метод

обеспечивает надежную основу для решений, связанных с реализацией планов действий в области энергоменеджмента, полученных на основе данного анализа. Метод имеет высокую совместимость со стандартами серии ISO и является новым и инновационным в энергоменеджменте [19].

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности основывается на следующих принципах [24]:

- 1) эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов;
- 2) поддержка и стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 3) системность и комплексность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- 4) планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 5) использование энергетических ресурсов с учетом ресурсных, производственно-технологических, экологических и социальных условий (ст. 4 261-ФЗ).

1.1.4 Энергоаудит как инструмент энергосбережения

ГОСТ 31427-2010 содержит перечень общих терминов и определений по энергосбережению и энергетической эффективности общественных и жилых зданий и перечень основных энергетических, теплотехнических показателей и показателей тепловой нагрузки и их определения, которые применяются при разработке нормативной и проектной документации, энергетической экспертизе и энергетических обследованиях (энергоаудите), а также при учете в ГИС в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [48]. Стандарт дает определение понятиям:

Повышение энергетической эффективности - совокупность нормативных, организационных, технических, административных и иных мер, направленных на увеличение эффекта от потребления топливно-

энергетических ресурсов (ТЭР), с учетом охраны окружающей среды.

Класс энергетической эффективности здания - качественная характеристика энергетической эффективности здания, качественно оцениваемая интервалом отклонений расчетного (фактического) удельного расхода энергии от нормативного.

ГОСТ Р 56828.15-2016 «Наилучшие доступные технологии» [49] устанавливает основные термины, применяемые в области наилучших доступных технологий (НДТ), а также определения этих терминов. Определены основные актуализированные понятия:

Энергетическая эффективность - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю;

Энергосбережение - реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

ГОСТ Р 57576—2017 (ИСО 50002:2014) «Системы энергетического менеджмента. Аудит энергетический. Требования и руководство по применению» [50] дает определение:

Энергетическая эффективность (energy efficiency) - отношение или другая количественная взаимосвязь между результатом работы, услуги, произведенными товарами или энергией и потребленной энергией, поступившей на вход.

ГОСТ Р 56828.24-2017 «Наилучшие доступные технологии. Энергосбережение. Руководство по применению наилучших доступных технологий для повышения энергоэффективности» [51] разработан в целях облегчения анализа и мониторинга энергоэффективности, а также

возможности выбора и внедрения хозяйствующими субъектами новейших отечественных и зарубежных технологий, обеспечивающих оптимальное сочетание экологических, экономических, энергетических показателей для целей их стратегического оценивания при внедрении НДТ. Дает определение энергоаудиту:

Энергоаудит - систематическое обследование и анализ энергетических потоков здания, процесса или системы, направленные на получение картины энергопотребления исследуемой системы и определяющих его факторов.

Согласно ГОСТ Р 57576—2017 [50]:

Энергетический аудит (energy audit) - систематический анализ использования энергии и потребления энергии в пределах заданной области энергетического аудита в целях идентификации, выражения в количественной форме и представления в отчетных материалах возможностей для улучшения энергетических результатов;

Цель аудита (audit objective) - целевое назначение энергетического аудита, которое согласовано между организацией и энергоаудитором;

Границы (boundary) - физические границы или пределы производственной площадки и/ или границы организации, определенные самой организацией. Границы СЭнМ могут отличаться от границ энергетического аудита. Энергетический аудит может включать в себя одну или несколько границ;

Область энергетического аудита (energy audit scope) - Область использования энергии и связанных с этим процессов, подлежащих включению в энергетический аудит, согласно тому, как это определено организацией с участием энергоаудитора, которая может включать в себя несколько границ.

Согласно ГОСТ Р 56828.24-2017 [51]:

Энергетическое обследование - сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о

показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте.

Основная цель использования НДТ [51] заключается в оптимизации:

а) систем сжигания топлива, паровых систем посредством использования адекватных методов, включая методы, специфичные для конкретных отраслей и описанные в отраслевых справочных документах, а также методы, описанные в справочном документе по сжиганию топлива на крупных промышленных предприятиях в энергетических целях и в справочном документе по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности;

б) следующих систем и процессов, подробно описанных в справочном документе по НДТ обеспечения энергоэффективности: систем сжатого воздуха; насосных систем; систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; систем освещения; систем сушки, концентрирования и сепарации.

Целью ГОСТ Р 51750-2001 «Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения» [52] является установление методологии комплексного определения энергоемкости ТЭС различного назначения при производстве продукции и оказании услуг. В большой мере учтены современные системные тенденции энергосбережения, которые «начинаются с учета энергоресурсов и заканчиваются рациональным управлением их расхода». Определено понятие:

Стратегическое оценивание (энергетического объекта) - экспертная оценка энергетического объекта, включая техническое решение, производство, сооружение, энергоготовар, процесс, работу, услугу, с учетом четырех групп "Требований общества", в соответствии с которыми на основе теории стандартософии сформирована "рамочная" технология анализа ограничений от четырех обязательных блоков аспектных стратегий любой

деятельности, в том числе по энергопотреблению, энергосбережению; производственных, экологических, социальных и ресурсных, совместная, одновременно учитываемая совокупность которых определяет состоятельность, устойчивость хозяйственно-экономической, организационно-политической, познавательно-образовательной и любой иной деятельности на стадиях жизненного цикла энергетического объекта в настоящее время и в перспективе развития.

ГОСТ Р 51379-99 «Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы» [53] дает понятие и определение:

Энергетический паспорт - нормативный документ, отражающий баланс потребления и содержащий показатели эффективности использования ТЭР в процессе хозяйственной деятельности объектами производственного назначения, а также содержащий энергосберегающие мероприятия.

Приказом Министерства энергетики РФ от 4 июля 2006 года № 141 утверждены Рекомендации по проведению энергетических обследований (энергоаудитов): цели, организация, виды, методическое обеспечение, оформление результатов энергетических обследований (энергоаудита), требования к обследуемым потребителям [54]. По срокам проведения и по объемам проводимых работ энергетические обследования (энергоаудиты) бывают соответственно:

- первичные, очередные, внеочередные, предэксплуатационные;
- экспресс-обследования (экспресс-аудит), полные инструментальные обследования, комплексные обследования, обследования технологических процессов.

В данном исследовании выполним экспресс-обследование системы электроснабжения здания учебного корпуса, цель которого - выявление резервов энергосбережения. Экспресс-обследование (экспресс-аудит) - энергетическое обследование, проводимое по сокращенной программе, как правило, без переносного приборного оборудования, носит ограниченный по

объему и времени проведения характер. При этом производится оценка эффективности использования либо одного из видов ТЭР (электрическая и тепловая энергия; твердое, жидкое или газообразное топливо), вторичных энергоресурсов, функционирования отдельной группы оборудования (отдельного агрегата) либо отдельных показателей эффективности [54].

1.2 Энергетическое обследование корпуса ВУЗа для определения потенциала энергосбережения

1.2.1 Анализ системы электроснабжения учебного корпуса

Учебные заведения относятся ко второй категории электроснабжения, предусматривающей питание потребителей от двух независимых источников. При этом допускается перерыв в электроснабжении на время, в течение которого обслуживающий электротехнический персонал прибывает на объект и выполнит необходимые оперативные переключения [55]. Принципиальная схема электроснабжения учебного корпуса ВУЗа приведена в приложении Б. Учебный корпус запитан от ТП-2. Электроснабжение корпуса осуществляется по двум фидерам напряжением 0,4 кВ кабелями марки 2ААБ (3x95+ 1x16). На ТП-2 установлены два трансформатора, мощностью 630 кВА, коэффициент загрузки 0,6 [56, 57, 58].

1.2.2 Анализ системы учета электроэнергии учебного корпуса

На принципиальной схеме электроснабжения учебного корпуса ВУЗа установлены два индукционных счетчика активной электроэнергии, с помощью которых, ведется коммерческий учет электроэнергии. Используются индукционные счетчики типа СА4У Н672М (класс точности 2,0).

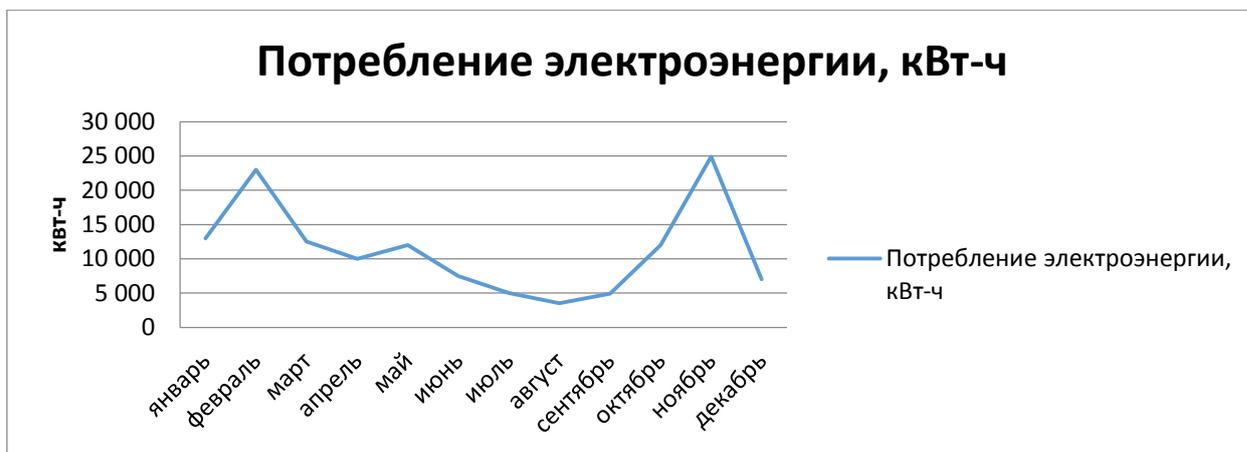


Рисунок 2 - Динамика потребления электроэнергии учебным корпусом за 2016 год

Согласно ГОСТ Р 56743-2015 «Измерение и верификация энергетической эффективности. Общие положения по определению экономии энергетических ресурсов» базовый период - период времени, выбранный для получения информации о параметрах работы объекта или системы перед реализацией мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Этот период может быть коротким, как время, необходимое для одномоментного измерения параметров работы, или длинным, чтобы отражать полный рабочий цикл системы или объекта [59]. В данном исследовании в качестве базового периода примем год. На рисунке 2 представлена динамика месячного потребления активной электроэнергии учебного корпуса за 2016 год по данным службы главного энергетика ВУЗа.

1.2.3 Установленная мощность электроприемников

Исследуемый объект представляет собой четырехэтажное здание с пристройкой. В здании расположены порядка 90 помещений, среди которых деканаты, лекционные, мастерские, препараторские, служебные и вспомогательные помещения. На первом этаже находится кафедра сварки, в лабораториях которой установлено сварочное оборудование: машины для контактной сварки, сварочные аппараты, сварочный трансформатор и др.

Также, на первом этаже имеются лаборатории других кафедр, в которых расположены двигатели, металлорежущие станки (токарной, шлифовальной, фрезерной и других групп). Суммарная мощность электроприемников первого этажа превышает в 30-40 раз суммарные мощности электроприемников других этажей. Почти во всех помещениях имеется естественное боковое освещение через окна в наружных стенах, часть вспомогательных помещений не имеют естественного света и оборудуются только источниками искусственного освещения. В таблице В.1 приложения В представлен перечень силового электрооборудования учебного корпуса, установленные мощности электроприемников, а в таблице Г.1 приложение В - обследование системы освещения, а также расчетное электропотребление корпуса. Суммарная установленная мощность электроприемников без учета освещения составляет 2 655,43 кВт; с учетом освещения – 2 2704, 98 кВт. Из данных таблицы В.1 получаем фактическое годовое потребление энергии корпусом на освещение:

$$W_{\text{осв. г. т.}} = 46,27 \cdot 1,22 \cdot 2\,250 \cdot 0,8 = 101\,608,92 \text{ кВтч/год.}$$

Фактическая потребляемая мощность всего освещения составляет 93 % от установленной, поскольку имеются неработающие светильники или перегоревшие лампы. На рисунке 3 приведена диаграмма по направлению использования установленных мощностей электроприемников корпуса. Из диаграммы видно, что максимальная доля приходится на сварочное оборудование - 66%, станочное оборудование занимает 13%, лабораторное оборудование – 7%. Остальные категории не превышают 5% каждая.

Установленная мощность электроприемников по направлениям использования

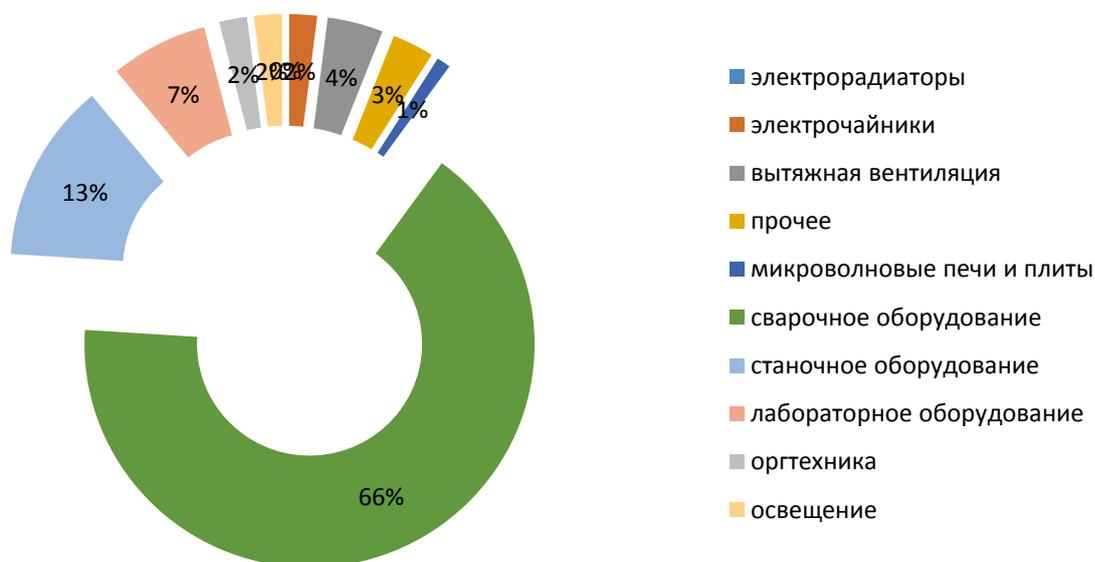


Рисунок 3 – Диаграмма «Установленная мощность электроприемников по направлениям использования»

1.2.4 Анализ электропотребления

Структура установленных мощностей позволяет перейти к определению расчетно-нормативного потребления электрической энергии по направлениям использования корпуса с учетом коэффициентов использования (рисунок 4).

Диаграмма показывает, что в учебном корпусе ВУЗа наибольшая доля электропотребления приходится на осветительные установки (ОУ) – 24%, на вытяжную вентиляцию приходится 23%, на сварочное оборудование – 14%, на ПЭВМ - 13%.

Очевидно, что требуется оптимизация структуры электропотребления корпусов и рациональное использование электроэнергии.



Рисунок 4 - Баланс потребления электроэнергии в учебном корпусе

1.2.5 Анализ системы внутреннего освещения

В таблице Г.1 приложения Г представлено обследование системы внутреннего освещения учебного корпуса.

Система внутреннего освещения учебного корпуса ВУЗа выполнена светильниками ЛПО с лампами ЛБ и ЛД мощностью 40 Вт и лампами ЛН.

В корпусе более 40% ОУ, смонтированных по устаревшим нормативным документам, которые не способны обеспечить требуемый уровень показателей освещенности. Техническое состояние искусственного освещения корпусов с точки зрения санитарно-технической, экологической, эстетической, электро-, пожаробезопасной эксплуатации и обеспечения эвакуации людей следует оценивать как неудовлетворительное.

Для оценки эффективности систем освещения учебного корпуса было проведено визуальное обследование административных помещений и учебных аудиторий корпуса. В таблице 3 приведены результаты замеров освещенности помещений учебного корпуса. Измерения производились с 12.02.17 по 16.02.17 в дневное (12.00) и вечернее время (19.00) с учетом перевода на зимнее время цифровым измерителем освещенности

(люксметром) «Testo 540». Рабочий диапазон люксметра составляет от 0 до 99 999 люкс, выдерживаемая температура находится в диапазоне 0..+50 °С. Защитная крышка повышает устойчивость прибора к падениям и упрощает хранение. Удобству проведения измерений способствует функция HOLD, позволяющая зафиксировать в памяти модели полученные данные. Прибор внесен в госреестр и рекомендован для регулярного использования. Измерения освещенности в учебном корпусе проводились согласно рекомендациям.

Результаты измерений освещенности учебного корпуса представлены в таблице Д.1 приложения Д.

1.3 Выводы по 1 разделу

Проведен обзор инструментария повышения энергетической эффективности зданий и сооружений. Рассмотрено значение энергоаудита и энергоменеджмента как ключевых инструментов.

Для определения потенциала энергосбережения проведено электроэнергетическое обследование учебного корпуса ВУЗа. Результаты проведенного исследования отражают существующий уровень электропотребления, состояние электроиспользующего оборудования, резервы энергосбережения и план мероприятий по их реализации.

В процессе обследования собрана, проанализирована и оценена следующая информация:

- фактическое потребление электроэнергии за базовый год и финансовые затраты на ее оплату (за базовый период принят 2016 год);
- установленные мощности всех электроприемников, характеристики и режимы работы основного электропотребляющего оборудования;
- нормативно-расчетное потребление энергоресурсов (энергетические балансы).

Для анализа основных технологических параметров, влияющих на потребление энергоресурсов, в ходе обследований использовались данные измерений, полученные как установленными на объекте стационарными, так и переносными приборами.

Освещение является одним из существенных вкладов в энергозатраты учебного корпуса ВУЗа, составляет 24% от всех энергозатрат. Мероприятия по повышению энергетической эффективности ОУ будут рассматриваться далее.

2 Проект реконструкции системы освещения корпуса ВУЗа

2.1 Современное энергоэффективное освещение

Общепризнанный факт, что энергопотребление света играет решающую роль в мировой энергетике использования зданий, поскольку оно составляет до 15...20 % от общего объема потребления электроэнергии зданием с прогнозируемым увеличением до примерно 40 % к 2030 году. Меры по энергосбережению в зоне освещения в зданиях относятся к разным областям: от энергоэффективности компонентов светильника (лампы, оптика и балласты), к энергоэффективности систем освещения (светильники, связанные с системами управления), в том числе поведению человека в отношении освещения и энергосбережения в целом [13].

Если, с одной стороны, повышение энергоэффективности каждого компонента системы освещения имеет решающее значение (и многие важные инновации были внедрены в этой области), важно также подчеркнуть, что, с другой стороны, этого может быть недостаточно для реального достижения энергосбережения, как показали проведенные исследования на «эффекте отскока». Тем не менее, множество исследований было направлено на разработку и внедрение повышения энергоэффективности компонентов системы освещения, и это привело к определению ряда политик, направленных на повышение энергоэффективности системы освещения [13].

2.1.1 Требования законодательства к энергосбережению в области освещения

Модуль М9 стандартов CEN, специально посвященный оценке потребности в энергии для освещения здания, представляет собой стандарт EN 15193:2007 «Энергетические характеристики зданий. Энергетические требования к освещению. Технические характеристики» [13].

Российский стандарт ГОСТ 32498-2013 «Здания и сооружения. Методы определения показателей энергетической эффективности

искусственного освещения» [60] соответствует основным нормативным положениям международного стандарта: EN 15193:2007 Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting (Энергетические характеристики зданий. Энергетические требования к освещению) в части терминов и определений, схем измерений потребления электроэнергии искусственным освещением, методов определения полной и паразитной мощности светильников. Степень соответствия со стандартом EN 15193:2007 - неэквивалентная (NEQ). Стандарт устанавливает методы расчета и измерения расхода электрической энергии, потребляемой искусственным освещением помещениями и зданием, а также методы расчета удельной установленной мощности искусственного освещения помещений, распространяется на искусственное освещение общественных, жилых и производственных зданий. ГОСТ 32498-2013 содержит указания по измерению расхода электрической энергии на искусственное освещение помещений, схемы измерений потребления электроэнергии искусственным освещением, метод определения полной и паразитной мощности светильников, таблицу годового времени использования искусственного освещения помещений общественных и производственных зданий.

Позже стандарт EN 15193:2007 подвергался глубокому пересмотру, что привело к выпуску обновленной редакции DIN EN 15193-1-2017, заменяющей предыдущую версию [13].

В стандарте представлен индекс LENI (Lighting Energy Numeric Indicator - количественный показатель энергетической эффективности искусственного освещения здания) как мера для количественной оценки годовой энергетической эффективности для построения освещения и определяется аналитический метод расчета потребности в энергии для освещения здания. Метод учитывает разные уровни детализации, все основные факторы, которые влияют на энергию расхода на электроосвещение в здании: мощность системы освещения, в том числе паразитные мощности систем управления и мощность для зарядки аварийных

фонарей; тип системы контроля (ручная или автоматическая регулировка в зависимости от дневного света наличие или занятость помещений); проникновение дневного света в внутренние помещения через вертикальное остекление и освещение на крыше системы; использование здания и соответствующие требования освещения; профиль занятости (время и вероятность занятости). Метод предназначен для новых, существующих или отремонтированных зданий [13].

Метод расчета, первоначально введенный в стандарте, недавно прошел ревизию, которая привела к выпуску EN 15193-1: 2017. Две ключевые новинки были введены в пересмотренном документе: с одной стороны, метод расчета LENI был расширен, особенно для того, что касается подхода к расчету дневного вклада; с другой стороны, был введен «Фактор расходов систем освещения», чтобы количественно оценить эффективность систем освещения в отношении стандартной системы. Можно указать другие отличия и реализации: новый стандарт распространяется также на жилые дома, предоставляет метод расчета для определения мощности освещения системы и реализует информационные части для определения входных данных. Кроме того, был разработан технический отчет для помощи практикующим в применении метода расчета LENI по новому стандарту [13].

Согласно стандарту расчет количественного показателя энергетической эффективности искусственного освещения здания (Lighting Energy Numeric Indicator) LENI производится исходя из суммы двух слагаемых:

- энергии, на искусственное освещение помещения (помещений) (energy consumption used for illumination) W_L , кВт · ч;
- паразитной энергии, необходимой для зарядки аккумуляторов в светильниках аварийного освещения, а также расходуемая средствами управления освещением в помещении (помещениях) (luminaire parasitic energy consumption) W_P , кВт · ч.

$$\text{LENI} = \frac{W}{A} = \frac{W_{L,t} + W_{P,t}}{A}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2\cdot\text{год}} \quad (1)$$

где:

W - годовая энергия, необходимая для освещения, кВтч;

A - полезная площадь здания (useful area), м².

Полная годовая энергия, используемая для освещения помещения (помещений), кВт ч/год:

$$W = W_L + W_P, \text{ кВт ч} \quad (2)$$

где:

W_L - годовая энергия для освещения, необходимая для выполнения функции и назначения освещения в здании, кВт ч;

W_P - годовая паразитная энергия, требуемая для обеспечения зарядной энергии для аварийного освещения и энергии для управления освещением в здании, кВт ч.

Полная расчетная энергия, расходуемая на искусственное освещение помещения (помещений) (total energy used for lighting) в течение времени t (operating time) W_t , кВт ч:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t}, \text{ кВт ч} \quad (3)$$

$$W_{L,t} = \frac{\sum (P_{mi} \cdot F_C) \cdot F_O \cdot [(t_D \cdot F_D) + t_N]}{1000}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{t_s} \quad (4)$$

где:

P_n - установленная мощность искусственного освещения в помещении (total installed lighting power in the room), Вт;

F_C - коэффициент постоянной освещенности (constant illuminance factor);

F_O - коэффициент занятости (occupancy dependency factor);

t_D - продолжительность работы искусственного освещения в светлое время суток, ч (daylight time usage), ч;

F_D - коэффициент дневного света (daylight dependency factor);

t_N - продолжительность работы в темное время суток, ч (non-daylight time usage), ч;

Установленная мощность искусственного освещения в помещении рассчитывается как сумма мощностей всех светильников:

$$P_n = \sum_i P_i, \text{ Вт} \quad (5)$$

где:

P_i - мощность светильника (luminaire power).

В ГОСТ 32498-2013 расчет производится без учета коэффициентов:

$$W_{L,t} = \frac{\sum_i P_{ni}(t_D + t_N)}{1000} \quad (6)$$

Паразитная энергия, необходимая для зарядки аккумуляторов в светильниках аварийного освещения, а также расходуемая средствами управления освещением в помещении (помещениях), кВтч:

$$W_{P,t} = \frac{\sum [P_{pc} \cdot t_s + P_{em} t_e]}{1000}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{t_s} \quad (7)$$

где:

P_{pc} - полная установленная паразитная мощность средств управления в помещении или зоне (total installed parasitic power of the controls in the room or zone), Вт;

P_{em} - полная установленная зарядная мощность светильников аварийного освещения в помещении или зоне (total installed charging power of the emergency lighting luminaires in the room or zone), Вт;

t_e - время зарядки аккумулятора, ч.

Полная установленная паразитная мощность средств управления в помещении или зоне рассчитывается как сумма:

$$P_{pc} = \sum_i P_{ci} \quad (8)$$

где:

P_{ci} - паразитная мощность средств управления при выключенных лампах (parasitic power of the controls only during the time with the lamps off).

Полная установленная зарядная мощность светильников аварийного освещения в помещении или зоне рассчитывается как сумма:

$$P_{em} = \sum_i P_{ei} \quad (9)$$

где:

P_{ei} - зарядная мощность аварийного освещения (emergency lighting charging power).

В ГОСТ 32498-2013 расчет производится по формуле:

$$W_{P,t} = \frac{\sum [P_{pc}(t_y - (t_D + t_N)) + P_{em}t_{em}]}{1000} \quad (10)$$

где:

t_y - стандартная продолжительность года (standard year time), составляет 8760 ч;

t_{em} - время зарядки аварийного освещения (emergency lighting charge time), ч;

Паразитная мощность светильника P_{pi} :

$$P_{pi} = P_{ci} + P_{ei}, \text{ Вт} \quad (11)$$

Время работы искусственного освещения за год (annual operating time)

t_o :

$$t_o = t_D + t_N, \text{ ч} \quad (12)$$

Удельная установленная мощность в помещении:

$$\omega = 1000 \frac{W_t}{A_n}, \text{ Вт/м}^2 \quad (13)$$

где A_n - площадь освещаемого помещения или зоны.

Условия W_L и W_P должны быть рассчитаны для каждой зоны построения для определенного временного шага, выбранного пользователями: час, месяц, полный год. Поэтому здание разделено на количество «зон», которые могут представлять собой помещение или быть частью его пространства.

Для каждой зоны LENI, как правило, определяется на весь год, рассчитывается как потребность в энергии ($W_L + W_P$) относительно площади пола, в кВтч / м² год.

LENI здания рассчитывается как сумма энергии расходов всех зон, относящихся к соответствующей области.

На рисунке 5 отображена визуализация различных факторов, которые совпадают с определением индекса LENI [13].

Подробно аналитический метод стандарта опирается на расчете LENI с использованием следующих факторов:

- коэффициент дневного света F_D для определения вклада дневного света, зависящий от двух факторов: коэффициента дневного света $F_{D,S}$ и коэффициента управления освещением $F_{D,C}$. Первый фактор $F_{D,S}$ оценивает автономный дневной свет рассматриваемой зоны, второй $F_{D,C}$ учитывает эффективность типа системы управления освещением дневного света.

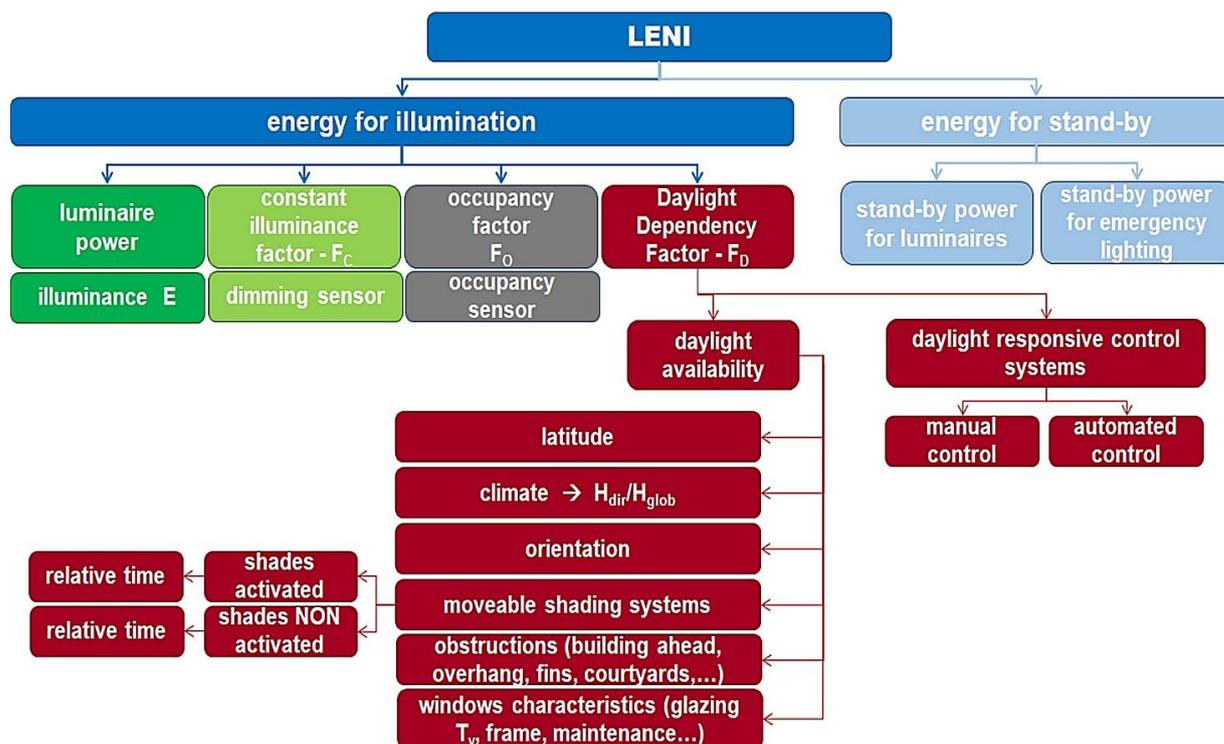


Рисунок 5 - Визуализация факторов, участвующих для определения LENI

При расчете $F_{D,S}$ учитывается два разных состояния фасада: с активированной и неактивированной защитой от солнца и/или бликов. Метод учитывает время, в течение которого затенение активно/неактивно, а также соответствующий относительный коэффициент дневного света ($F_{D,S,SNA}$ и $F_{D,S,SA}$ соответственно, где индексы SNA означают затенено, а SA - не затенено). Другими словами, $F_{D,S}$ рассчитывается как средневзвешенная доступность дневного света в присутствии и отсутствии системы затенения (два значения $F_{D,S,SNA}$ и $F_{D,S,SA}$), используя в качестве весовых факторов годовое относительное время использования $t_{rel,SA}$ или неиспользования $t_{rel,SNA}$

системы затенения. Относительное время $t_{rel,SNA}$ определяется как функция расположения здания (по широте) и ориентации фасада.

Учитывается также климат через освещенность: это отношение прямой к глобальной солнечной освещенности - H_{dir} / H_{glob} . Каждый член рассчитывается путем суммирования прямого и глобального горизонтального освещения рассматриваемой зоны с 8:00 до 17:00 в течение всего года.

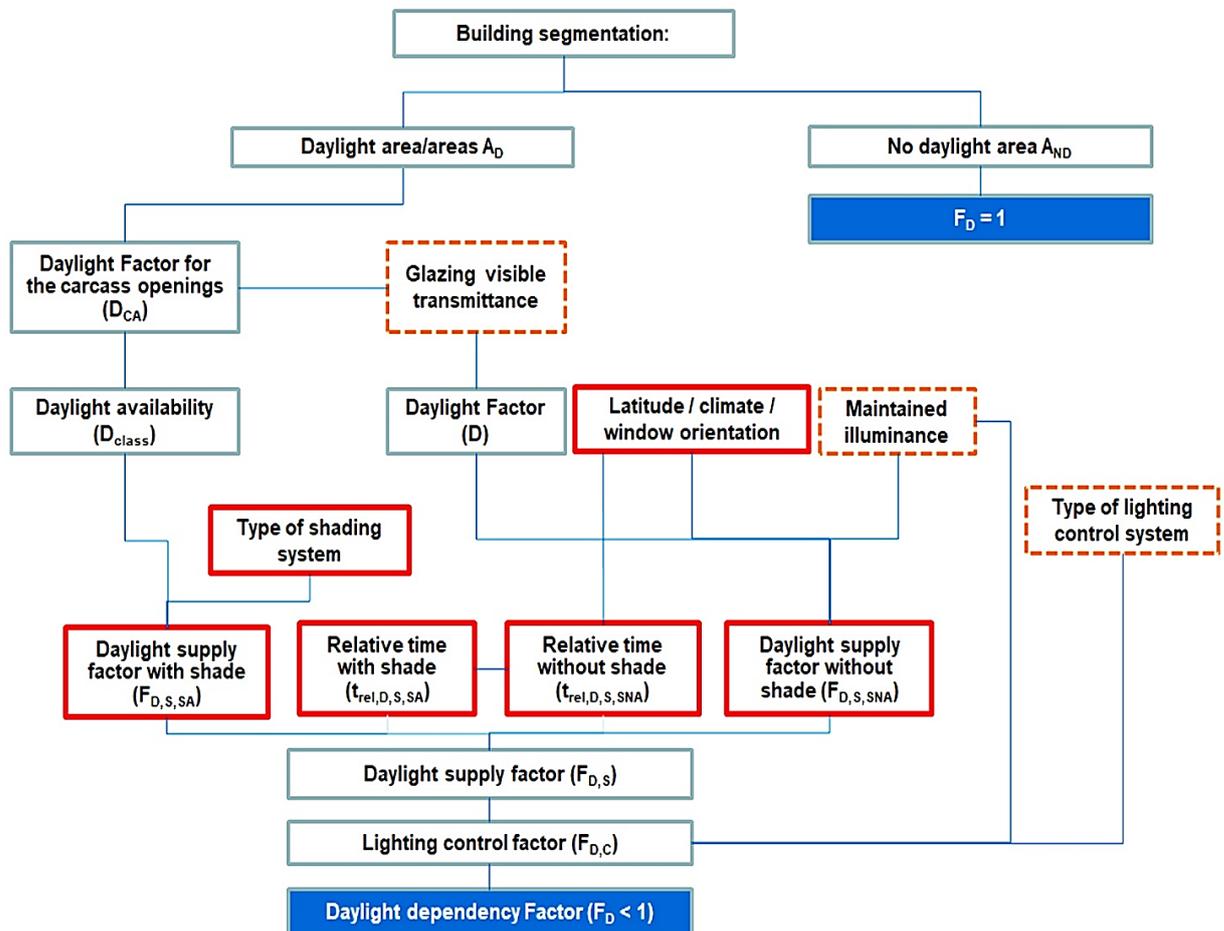


Рисунок 6 - Визуализация факторов, которые участвуют в определении F_D

Следовательно, $F_{D,S,SNA}$ зависит от расположения здания (широты), климата H_{dir} / H_{glob} , ориентации фасада, наличия дневного света без затенения (с точки зрения фактора дневного света D) и цели по освещенности E_m .

$F_{D,S,SA}$ определяется как функция от типа затенения и класса доступности дневного света D , что в свою очередь зависит от коэффициента дневного света при открытом каркасе D_{CA} .

$F_{D,C}$ определяется как функция D от типа системы управления освещением и поддерживаемой освещенности, необходимой для зоны.

Для расчета F_D каждая площадь здания делится на зоны с дневным освещением A_D , которые получают дневной свет и для которых $F_D < 1$, и зоны без дневного освещения A_{ND} , для которых для которых значительный вклад дневного света не может быть рассмотрен, и предполагается, что F_D равен 1.

На рисунке 6 показан рабочий процесс для расчета F_D [13].

- коэффициент занятости F_O для учета влияния присутствия людей в пространстве. F_O считает долю время, когда пространство не занято (фактор отсутствия F_A) и тип установленной системы контроля занятости.

- постоянный коэффициент освещенности F_C , для оценки уменьшения потребления энергии, которое может быть достигнуто с помощью систем управления, предназначен для поддержания целевой освещенности во время общего освещения здания.

2.1.2 Системы управления освещением

Большое количество исследований посвящено разработке и настройке системы автоматического управления освещением, которые в настоящее время являются широко распространенными компонентами умного здания. Внедрение этих систем как интегрированная часть систем освещения здания способствует значительному сокращению использования электроэнергии на освещение и улучшает визуальные и тепловые комфортные условия для потребителей. Особенно многообещающими в этом отношении являются системы управления дневным светом DLCS (Daylight Linked Control Systems).

В методе расчета LENI согласно DIN EN 15193-1-2017 рассматриваются различные типы управления освещением: помимо ручного управления, восемь типов систем управления дневным светом DLCS - ручной, ступенчатый, затененный; и четыре типа размещения на основе управления - ручное, автоматическое выключение, автоматическое

включение/выключение, затенение). Тип DLCS определяет значение $F_{D,C}$, а затем F_D , а контроль занятости определяет F_O [13].

ГОСТ Р 54862-2011 «Энергоэффективность зданий. Методы определения влияния автоматизации, управления и эксплуатации здания» [61] описывает следующие способы управления освещением:

а) управление по степени занятости помещения:

0) ручной переключатель включено/ выключено - освещение включается и выключается с помощью ручного переключателя;

1) ручной переключатель включено/ выключено и сигнал автоматического выключения: освещение управляется с помощью ручного выключателя, сигнал выключает освещение для исключения работы освещения ночью;

2) автоматическое включение/ ослабление - система регулирования включает освещение при присутствии людей и не позднее 5 мин после выхода уменьшает освещение (не более 20% от нормального состояния «включено»). Не позднее 5 мин после выхода последнего человека - полное выключение;

3) автоматическое включение/автоматическое выключение - система управления включает освещение всегда при присутствии людей, не позднее чем через 5 мин после выхода последнего человека - полное выключение освещения;

4) ручное включение/ ослабление - освещение включаются вручную и если они не выключаются вручную, то автоматически переключаются на ослабленное освещение (не более 20% нормального состояния «включено») не позднее чем через 5 мин после выхода людей. Не позднее чем через 5 мин после выхода последнего человека - полное выключение;

5) ручное включение/ автоматическое выключение - освещение может быть включено только вручную, если оно не выключено вручную, то полностью выключается системой не позднее 5 мин после выхода последнего

человека;

б) регулирование поступления дневного света:

0) ручной - дневной свет не учитывается,

1) автоматический - система учитывает дневной свет.

Элементы системы управления могут уменьшить и оптимизировать потребление освещения затенением и/ или переключением светильников в зависимости от наличия дневного света внутри пространства (управление фотодиммированием) или присутствия людей (контроль занятости) [13].

В ряде исследований [13] рассмотрена роль контроля дневного света и датчиков присутствия на снижение спроса энергии здания, указывающая, что в офисных зданиях экономия энергии на освещение может варьироваться от 20% до 35% при наличии выключения датчиков занятости, и в диапазоне 30% - 60 % при наличии DLCS, таких как автоматическое включение/ выключение и непрерывное затенение. Самые низкие значения энергопотребления могут быть получены с помощью комбинации датчиков занятости и дневного света.

Тем не менее, между фактической и предполагаемой экономией могут наблюдаться значительные различия. Исследования, проведенные после внедрения в реальных зданиях, показали, что фактические энергетические характеристики зданий с дневным освещением, как правило, хуже, чем предсказывалось на этапе проектирования, по причинам низкой надежности прогнозных методов, предложенных стандартами для учета реалистичных условий.

Чтобы быть эффективной, DLCS должна быть установлена в месте высокой доступности дневного света: чем больше дневного света, тем выше экономия энергии, которую можно получить. Контроль занятости относится к фактической занятости рассматриваемого помещения, и поэтому он особенно подходит для помещений со спорадическим или регулярным присутствием.

При наличии более старых систем уровень освещенности обычно

восстанавливался при обнаружении, современные энергетические системы кодирования способствуют автоматическому выключению/ ручному управлению, которые обеспечивают разовую экономию энергии и более высокую удовлетворенность потребителя. Лучшая производительность с точки зрения энергосбережения обычно наблюдается для систем, которые автоматически выключают системы освещения при отсутствии, нежели для систем, которые автоматически включают свет, когда люди входят в помещение. Энергосберегающие характеристики улучшаются, если сочетаются затенение и контроль занятости.

Эффективность управления освещением зависит от взаимного влияния ряда параметров, таких как:

- климатические, архитектурные и фотометрические характеристики, которые определяют дневной запас в помещении;
- использование помещения, которое определяет требуемую освещенность и присутствие/ отсутствие людей в помещении и т. д.

В аналитическом методе стандарта EN15193-1:2017 дневной запас рассчитывается двумя концепциями:

1. коэффициент дневного света D , который учитывает размер окна, размер помещения, наличие внешних преград, коэффициент пропускания остеклением видимого света и условия его обслуживания;

2. коэффициент запаса дневного света $F_{D,S}$, то есть, исходя из дневного светового фактора пространства, учитывает широту и воздействие освещения здания (определяется как соотношение между годовой и общей освещенностью - H_{dir}/ H_{glob}), ориентацию окон, освещенность и наличие подвижной системы затенения.

Сочетание фотодиммирования и контроля отключения оказывает большое влияние на экономию, которая может быть оценена с применением метода расчета по стандарту EN 15193:1, значительно улучшая количественные энергетические характеристики. Важную роль для энергосбережения играет фактор дневного света D .

Фокусируясь на DLCS, стандарт включает в себя четыре типологии систем управления, но в световой практике могут быть использованы различные стратегии управления или архитектуры управления. Соответственно, значения LENI и потенциал сбережения могут быть разными.

С другой стороны, при использовании другого подхода, например, на основе инструмента динамического моделирования динамического (например, симулятора Daysim, управляемого через DIVA-for-Rhino или SPOT), будут получены разные результаты с точки зрения экономии энергии. Как вариант, увеличенное присутствие дневного света в помещении (например, через большие окна, при неизменности всех других переменных) может привести к более высокому выигрышу солнечного света вместе с увеличением потребности в энергии для охлаждения летом, и более высокие потери вместе с повышенным спросом на энергию для отопления зимой.

Кроме того, индекс LENI предназначен для обеспечения расхода энергии на освещение здания, подлежащего количественной оценке и использованию для процесса сертификации энергии здания наряду с другими обычно используемыми показателями (потребность в энергии для отопления, охлаждения и снабжения горячей водой). Следовательно, глобальная энергия производительности здания может быть рассчитана через тот же метод, что позволяет провести сравнение между различными зданиями, расположенными в разных регионах.

Несмотря на достоинства стандарта, существует необходимость в специальном законодательстве на местном уровне для осуществления расчета LENI в общей практике проектирования. Проектировщик должен справиться с большим и неоднородным количеством местных стандартов (например, региональные стандарты, дополняющие государственные стандарты), а также технических регламентов. В результате существует риск того, что расчет LENI остается разделенным, поэтому необходимы конкретные правила.

Несмотря на расширение исследований, использование DLCS остается ограниченным из-за нескольких факторов, таких как:

- отсутствие знаний о характеристиках различных DLCS и их работы, которые усложняют их конструкцию и для специалистов;
- трудности в прогнозировании функционирования DLCS в процессе проектирования;
- трудности и в оценке энергетической эффективности DLCS и экономического преимущества;
- субъективные предпочтения и убеждения пользователей.

Фактическая экономия энергии, связанной с системами управления освещением, часто ниже ожидаемой в принципе или предсказанной с помощью моделирования. Это связано с сочетанием таких факторов, как установка, калибровка или ввод в эксплуатацию систем, слишком высокая сложность, низкое принятие или понимание к концу пользователей, что может даже привести к полной отмене системы управления. Следовательно, необходимо более качественное руководство по установке, пуско-наладке и эксплуатации систем управления. Во время проектирования и ввода в эксплуатацию DLCS техническая надежность, архитектурная интеграция и принятие человеком являются критическими аспектами для решения, которые могут ограничить эффективность этих средств управления в достижении энергосбережения и комфорта. Чтобы преодолеть эти препятствия, некоторые исследователи предлагают новые методологии оценки и метрики для оценки энергосберегающих характеристик DLCS.

Помимо DLCS, контроль на основе присутствия может также способствовать экономии энергии и комфорту людей, особенно когда они комбинируются с DLCS. Связь между экономией энергии связана с различными типами управления и профилем посещаемости помещения. Более высокая экономия энергии может быть получена, когда занятость помещения составляет около 27 - 44 % от общего времени, в то время как в присутствии более высокого коэффициента занятости (более 44 %) лучшая экономия

может быть достигнута при освещении на основе стратегии контроля занятости, определения присутствия. Для коэффициента ниже 27% лучшей стратегией может быть ручной переключатель с датчиком отсутствия, так как паразитные потери для датчиков и модулей управления могут быть значительными по сравнению с общим используемым для освещения электричеством.

Прогнозирование характеристик системы управления освещением с самых ранних стадий проектирования имеет решающее значение для задач использования систем, которые фактически уменьшают потребление энергии на освещение при сохранении комфортных условий и удовлетворенности потребителей.

2.1.3 Нормативные требования к освещенности и другим показателям осветительных установок

Нормируемые показатели и нормативные значения показателей энергетической эффективности искусственного освещения для конкретных видов помещений и зданий определены ГОСТ 31427 [48], ГОСТ 32498-2013 [60] и межгосударственными сводами правил по проектированию и строительству.

СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» представляет собой актуализированную редакцию СНиП 23-05-95 [62] содержит требования, соответствующие целям Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [63] и подлежащие обязательному соблюдению с учетом части 1 статьи 46 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [64], Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» [24]. Свод правил устанавливает нормы естественного, искусственного и совмещенного освещения зданий и сооружений, а также нормы

искусственного освещения селитебных территорий, площадок предприятий и мест производства работ вне зданий.

ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений» устанавливает нормы искусственного освещения рабочих мест внутри зданий при проектировании, реконструкции и эксплуатации ОУ и методы их измерений [65].

СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» [66] вносят изменения и дополнения в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий" [67] и устанавливают требования:

- нормативное значение освещенности в точках ее минимального значения на рабочей поверхности внутри помещений;
- для общего и местного искусственного освещения использование ИС с коррелированной цветовой температурой (КЦТ) от 2400 °К до 6800 °К;
- интенсивность ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320 - 400 нм не должна превышать 0,03 Вт/м²; наличие в спектре излучения длин волн менее 320 нм не допускается;
- световые приборы для общего и местного освещения, предназначенные к эксплуатации со светодиодами, должны иметь защитный угол, исключающий попадание в поле зрения прямого излучения;
- ОУ, независимо от ИС и световых приборов, должны обеспечивать нормативные требования к общему искусственному освещению, изложенные в таблицах 1 и 2;
- нормы освещенности допускается снижать на одну ступень по шкале освещенности при использовании ИС с индексом цветопередачи Ra \geq 90% и условии сохранения норм по коэффициенту пульсации;

- замена ламп накаливания на новые ИС (КЛЛ, светодиоды) в эксплуатируемых ОУ допускается при соблюдении нормативных требований к общему искусственному освещению;
- соблюдение требований является обязательным при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий;
- гигиеническая оценка освещения жилых и общественных зданий проводится для установления соответствия настоящим санитарным правилам;
- расчеты освещения являются обязательным разделом в составе предпроектной и проектной документации.

СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации процесса обучения в общеобразовательных заведениях» направлены на охрану здоровья обучающихся при осуществлении деятельности по их обучению и воспитанию в общеобразовательных организациях, содержат требования к освещению [68]. Для учебных заведений подходят светодиодные ОУ:

- имеющие условный защитный угол 90 градусов и более;
- обладающие габаритной яркостью, не превышающей 5000 кд/кв. м;
- укомплектованные светящимися элементами мощностью менее 0,3 Вт;
- имеющие неравномерность яркости выходного отверстия $L_{max} : L_{min}$ не более 5 : 1;
- выполненные на базе белых светодиодов, цветовая температура которых не превышает 4000 кельвинов.

ГОСТ 24940-2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» [69] заменяет ГОСТ Р 54944-2012 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности». Соответствует следующим европейским стандартам (NEQ): EN 12464-1:2011; EN 12464-2:2014; EN 13201-3:2015; EN 13201-4:2015 в части методов измерения освещенности. Стандарт

устанавливает методы определения минимальной, средней и цилиндрической освещенностей, коэффициента естественной освещенности (КЕО) в помещениях зданий и сооружений и на рабочих местах, минимальной освещенности мест производства работ вне зданий, средней освещенности улиц, дорог, площадей, полуцилиндрической освещенности пешеходных зон.

ГОСТ Р 55701.1-2013 «Светильники. Общие требования к характеристикам» [70] идентичен (ИДТ) международному документу IEC/PAS 62722-1:2011, устанавливает общие требования к светильникам с электрическими ИС на напряжение до 1000 В включительно, обеспечивающие их энергоэффективное применение и защиту окружающей среды при утилизации.

Требования настоящего стандарта распространяются на большинство видов светильников, частные требования к характеристикам светильников с различными типами ИС установлены в серии стандартов МЭК 62722-2. Изготовители светильников должны выполнять требования настоящего стандарта.

Соответствие светильников установленным требованиям подтверждают проведением соответствующих измерений. Стандарт распространяется на полностью укомплектованные светильники/

ГОСТ Р 56231-2014 «Стандарт РФ светильники. Часть 2-1. Частные требования к характеристикам светильников со светодиодными источниками света» идентичен (ИДТ) международному документу IEC/PAS 62722-2-1:2011. Стандарт применяют совместно с МЭК/PAS 62722-1. К светильникам с СД-модулями применяют положения МЭК/PAS 62717. Стандарт устанавливает частные требования к характеристикам светильников со светодиодными ИС, а также методы испытаний [71].

ГОСТ Р 54350-2015 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний» распространяется на осветительные приборы (ОП) внутреннего и наружного освещения, предназначенные для работы в сетях переменного или постоянного тока напряжением до 1000 В

включительно. Стандарт устанавливает классификацию, светотехнические требования и методы испытаний ОП с электрическими ИС [72].

ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013) «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками» модифицирован (MOD) по отношению к международному стандарту IEC 60529:2013. Требования стандарта относятся к вопросам безопасности, обеспечиваемой устойчивостью технических изделий к проникновению твердых предметов и воды при эксплуатации. Стандарт распространяется на все виды изделий, для которых требуется нормирование степеней защиты, обеспечиваемой оболочками от проникновения твердых предметов и воды [73].

Оборудование световое должно соответствовать нормам эмиссии гармонических составляющих тока, потребляемого техническими средствами (ТС) при испытаниях в регламентированных условиях согласно ГОСТ 30804.3.2-2013 «Совместимость технических средств электромагнитная.

Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний» [74].

Оборудование световое входит в перечень технических средств, подлежащих подтверждению соответствия в форме сертификации в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств» ТР ТС 020/2011 [75]

ГОСТ 33393-2015 «Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности» [76] устанавливает методы измерения коэффициента пульсации освещенности на рабочих местах (рабочих поверхностях) от общего и местного искусственного освещения, а также на условной рабочей поверхности в помещениях зданий и сооружений.

В ГОСТ 30804.3.3-2013 «Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения общего

назначения. Технические средства с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемые к электрической сети при несоблюдении определенных условий подключения. Нормы и методы испытаний» [77] установлены условия испытаний светового и аналогичного оборудования.

ГОСТ Р 55392-2012 «Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения» [78] устанавливает термины и определения понятий в области осветительных приборов и комплексов общего назначения с электрическими источниками света, охватывает терминологию в указанной области в части светотехнических характеристик и фотометрических понятий осветительных приборов и комплексов, а также их классификации по отдельным признакам (защите от воздействия среды, способу установки, видам освещения, области применения, светораспределению).

Термины, установленные настоящим стандартом, обязательны для применения во всех видах документов (стандартах, технической и договорной документации, научно-технической, учебной, справочной литературе и т.п.) в сфере разработки, производства, измерений и эксплуатации осветительных приборов и комплексов.

2.2 Техническая оценка замены светильников

Использование светодиодных ИС может привести к снижению эксплуатационных расходов систем освещения и большей устойчивости, но требует больших инвестиций. В последние годы производители часто предлагают замену люминесцентных ламп на линейные светодиодные лампы, чтобы получить немедленное снижение энергопотребления. Однако в некоторых случаях такая замена может привести к снижению качества освещения и неудобному не визуальному эффекту, что часто недооценивается или игнорируется.

Выбору светодиода для замены люминесцентных ламп должен предшествовать тщательный анализ освещения для обеспечения соответствия требованиям стандартов [80].

Чтобы определить выполнение основных визуальных требований, следует оценить некоторые параметры освещения, как качественные, так и количественные. Самые актуальные качественные параметры освещения: направленность света, изменчивость света и пульсация. Они могут быть оценены на основе фотометрических характеристик светильников и характеристик ИС.

Для количественных параметров освещения задаются следующие предельные значения в зависимости от типа области, задачи или деятельности:

- минимальная средняя поддерживаемая освещенность (E_m) на эталонной поверхности;
- максимальная унифицированная яркость (UGR_L);
- минимальная однородность освещенности (U_o) на эталонной поверхности;
- минимальный индекс цветопередачи (R_a).

Согласно СП 52.13330.2016 [61]:

Освещенность E , лк: Отношение светового потока $d\Phi$, падающего на элемент поверхности, содержащий рассматриваемую точку, к площади dA этого элемента:

$$E = d\Phi/dA \quad (14)$$

Объединенный показатель дискомфорта UGR - критерий оценки дискомфорта блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, определяемый по формуле:

$$UGR = 8 \lg \left[\frac{0.25}{L_a} \sum_{i=1}^N \frac{L_i^2 \omega_i}{p_i^2} \right] \quad (15)$$

где:

L_i — яркость блеского источника, кд/м²;

ω_i — угловой размер блеского источника, стерadian;

p_i — индекс позиции блеского источника относительно линии зрения;

L_a — яркость адаптации, кд/м².

Равномерность распределения освещенности (яркости) U_0 - Отношение минимального значения освещенности (яркости) к среднему значению освещенности (яркости):

$$U_0 = E_{min}/E_{cp} = L_{min}/L_{cp} \quad (16)$$

Индекс цветопередачи R_a - мера соответствия зрительных восприятий цветного объекта, освещенного исследуемым и стандартным источниками света при одинаковых условиях наблюдения.

Согласно ГОСТ 24940—2016 [70]:

Минимальная освещенность (minimum illuminance) E_{min} - наименьшее значение освещенности в помещении, на освещаемом участке, в рабочей зоне, лк;

Средняя освещенность (average illuminance) E_{cp} , лк - освещенность, усредненная по площади освещаемого помещения, участка, рабочей зоны.

Высокие значения освещенности для всех визуальных задач, выполняемых за столом, не требуются. Требуемые значения E_m варьируются от 500 лк (чтение и письмо) до 750 лк (технический чертеж), требуемые значения R_a всегда выше 80. Единственные зоны, где меньшие требования к освещению, это зоны перемещения, такие как коридоры, лестницы и лифты, в которых требуемые значения: $E_m = 100$ лк, $U_0 = 0,40$, $R_a = 40$.

СП 52.13330.2016 [61] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [66] устанавливают требования: освещенность рабочих поверхностей ($\Gamma = 0,8$ м) в аудитории должна составлять 400 лк, UGR не более 21, коэффициент пульсации не более 10%, индекс R_a 80.

ГОСТ Р 55710-2013 [64] и СанПиН 2.4.2.2821-10 [67] предъявляют более высокие требования: освещенность рабочих поверхностей ($\Gamma = 0,8$ м) в аудитории должна составлять 500 лк, UGR не более 19, коэффициент пульсации не более 10%, индекс R_a 80 и более, КЦТ ИС 4000 ... 6500.

Проанализировав отечественные и международные требования стандартов, заполним таблицу с требованиями к освещению для различных помещений учебного заведения (таблица Е.1 приложения Е).

Делая вывод о существующей ситуации с освещением в учебном корпусе ВУЗа, можно отметить категорическое несоответствие требованиям современных стандартов. Уровни освещенности как помещений (аудиторий, лабораторий и т.д.), так и рекреаций, холлов, лестничных пролетов в разы ниже установленных стандартами показателей (результаты представлены в таблице Д.1 приложения Д).

Основные технические характеристики светильников и люминесцентных ламп приведены в таблице Ж.1 и Ж.2 (приложение Ж). Там же приведены основные технические характеристики светодиодных линейных ламп, подходящих для замены люминесцентных ламп в учебных аудиториях, лабораториях, рекреационных зонах, коридорах.

Техническая оценка замены существующих люминесцентных ламп проведена с целью выявления среди линейных светодиодных ламп коммерчески доступного, подходящего решения.

Техническая оценка ограничена проверкой соответствия предельным значениям E_m , U_0 , UGR, R_a , полученных после замены. Значения E_m , U_0 , UGR после замены получаются во время моделирования освещения путем создания подходящих моделей анализируемых помещений.

Для валидации моделей измерение освещенности на важные задачи выполнены в помещениях с существующими люминесцентными лампами. Результаты измерений сравнены с результатами моделирования.

Поскольку светильники, установленные в анализируемых помещениях, снабжены экранами против прямого видения ламп (ослепления), полученные значения UGR всегда ниже предельных значений как для люминесцентных, так и для линейных светодиодных ламп.

Соответствие значения R_a линейных светодиодных ламп со стандартными предельными значениями проверены путем проверки технических данных, заявленных производителем.

В каждом из проанализированных помещений измерения освещенности в наиболее важных рабочих областях (столы, пол, стены и потолок) выполнены при текущем состоянии искусственного освещения (люминесцентные лампы). Проведены измерения с подготовкой соответствующих измерительных точек, чтобы получить подробные результаты и сделать количественный и качественный анализ.

В целях обеспечения соблюдения минимального уровня освещенности (в частности, уровня освещенности и уровня равномерности освещения), требуемых стандартом для всего интервала времени, который проходит между двумя последовательными вмешательствами замены ламп (плановое обслуживание), на этапе проекта необходимо обеспечить достаточный уровень параметра освещенности. Степень завышения зависит от характеристики рассматриваемого типа лампы, в частности это зависит от изменения фотометрических характеристик (в основном уменьшение излучаемого светового потока) во времени.

Рынок освещения, как правило, предлагает множество решений со значительно отличающимися техническими характеристиками для замены каждой существующей люминесцентной лампы. Например, замену люминесцентной лампы мощностью 72 Вт на 3600 лм светового потока можно проводить с помощью различных линейных светодиодных ламп с подачей электроэнергии в диапазоне от 20 Вт до 40 Вт и со световыми потоками в диапазоне от 1900 лм до 4000 лм. Поэтому выбору правильной лампы, замена которой производится, должен предшествовать тщательный анализ освещения. Например, выбор лампы при слишком низком световом потоке может привести к несоответствию стандартным требованиям, напротив, выбор лампы со световым потоком, сопоставимым с заменяемым,

может быть избыточным, уменьшая степень энергосбережения, связанного с заменой.

2.2.1 Светотехнические расчеты реконструкции отдельных учебных аудиторий учебного корпуса ВУЗа

Сегодня при искусственном освещении необходимо обеспечить не только среднюю освещенность по помещению и минимальную освещенность на рабочих местах, но и выполнение нормы энергетической эффективности, обеспечив удельную мощность (Вт/м²), не превышающую требования норм, а также требования к качественным показателям помещений (объединенному показателю коэффициенту пульсации распределения освещенности) [91].

В методическом пособии «Проектирование искусственного освещения общественных и жилых зданий» [91] и пособия к МГСН 2.06-99 «Расчет и проектирование искусственного освещения помещений общественных зданий» [92] упоминается о двух методах при выборе метода расчета искусственного освещения: точечном и методе светового потока, подразделяющимся на метод коэффициента использования и метод удельной мощности. Применение точечного метода целесообразно для расчета осветительных установок (ОУ) с повышенной неравномерностью распределения освещенности (локализованное освещение светильниками прямого света, наружное освещение, рассчитываемое на минимальную освещенность, аварийное освещение и т.п.), а также для расчета освещения наклонных поверхностей, создаваемого светильниками прямого света. Метод коэффициента использования целесообразен во всех случаях, когда расчет ведется по средней освещенности и, в частности, для расчета общего равномерного освещения.

В настоящее время, как правило, используют инженерные методы расчета качественных показателей искусственного освещения. Смоделировать дизайн/ планировку/ освещение помещения не составляет особого труда - программы для расчета и проектирования освещения

значительно упрощают и ускоряют процесс на этапе проектирования (Dialux, Электроснабжение: ЭС/ЭМ, Ulysse, NanoCAD Электро, Europic 9, CalcuLuX, Формула света, Light-in-Night, Расчеты освещения, Онлайн-калькулятор от «Световых технологий», Онлайн-калькулятор «Расчет освещения»).

Преимуществом DiaLux-расчета искусственного освещения является наличие русифицированной версии, относительная простота использования и наличие бесплатной версии. Впервые ее выпустили еще в 1994 году, и с тех пор утилита претерпела множество доработок и инноваций. Что позволило учитывать все международные стандарты и большое количество устройств внутреннего и наружного освещения от разных производителей.

Она включает в себя такие направления расчета:

- Расчет рабочих процессов всевозможных осветительных приборов – светодиодных ламп, ламп накаливания, люминесцентных и т.д.
- Проектирование электрического освещения в комнатах с учетом их размеров, наличия мебели, оборудования и других элементов интерьера.
- Планирование освещения открытых территорий во дворах, на улицах, скверах, парках и т.д., с учетом направления отражателя и климатических условий.
- Построение трехмерных моделей, схем, формирование отчетов, сбор данных в таблицы. Можно сформировать отчет как о уровне освещенности, так и о потребляемой мощности на внутреннее освещение.

Программа Dialux позволяет учитывать довольно большой спектр факторов, влияющих на результат моделирования освещения – от тени, отбрасываемые предметами, до типа светильников с учетом производителя.

Для начинающих существует упрощенная версия Dialux – Light, делающая работу в программе легче и понятнее.

Любой световой прибор, в том числе и светодиодный, рожденный на специализированном производстве с наличием лабораторий, имеет так называемый ies-файл, который передает параметры светильника программе. При загрузке его в диалюкс можно рассчитать освещение в любом

помещении и наружной сцене. Производителям это выгодно, ведь проектировщики закладывают световые приборы только по результатам произведенных расчетов и сформированного отчета.

В целях определения правильных ламп для замены в тематическом исследовании проведена серия моделирования с использованием программного обеспечения для моделирования освещения DIALux Evo 9.0 (www.dial.de). С этой целью модель способна добросовестно воспроизвести создание анализируемых помещений. В данном разделе приведены примеры светотехнических расчетов, выполненных с помощью программного комплекса DIALux Evo 9.0 для учебных аудиторий № 417 и № 104а.

Установлены коэффициенты отражения внутренних поверхностей, импортированы фотометрические файлы, относящиеся к светильникам, и принят коэффициент обслуживания MF, равный 0,80.

Согласно СП 52.13330.2016 [61]:

Коэффициент эксплуатации (для искусственного освещения) MF - коэффициент, равный отношению освещенности или яркости в заданной точке, создаваемой осветительной установкой в конце установленного срока эксплуатации, к освещенности или яркости в той же точке в начале эксплуатации.

Коэффициент учитывает снижение освещенности или яркости в процессе эксплуатации осветительной установки вследствие спада светового потока, выхода из строя источников света и невозстанавливаемого изменения отражающих и пропускающих свойств оптических элементов осветительных приборов, а также загрязнения поверхностей помещения, наружных стен здания или сооружения, проезжей части дороги или тротуара:

$$MF = MF_{\text{сп}} \cdot MF_{\text{ви}} \cdot MF_{\text{оп}} \cdot MF_{\text{п}}, \quad (17)$$

где:

$MF_{\text{сп}}$ — коэффициент, учитывающий спад светового потока источников света;

$M_{Fви}$ — коэффициент, учитывающий выход из строя источников света;

$M_{Fоп}$ — коэффициент, учитывающий загрязнение и невосстанавливаемое изменение отражающих и пропускающих свойств оптических элементов осветительных приборов;

$M_{Fп}$ — коэффициент, учитывающий загрязнение отражающих поверхностей помещения или сооружения.

Коэффициент эксплуатации обратно пропорционален коэффициенту запаса $Kз$:

$$MF = 1/Kз \quad (18)$$

Для проверки модели точки расчета зафиксированы в соответствии со всеми точками, использованными для поля измерения. В этих точках в текущей конфигурации (люминесцентные лампы) измеряются и моделируются сравниваются значения освещенности. При моделировании коэффициенты отражения стен и мебели были изменены согласно результатам сравнения, и это было подтверждено, когда было достигнуто стандартное отклонение ниже 5%.

Расчет системы освещения лекционной аудитории № 417 после реконструкции.

В настоящее время система освещения лекционной аудитории № 417 выполнена светильниками типа ЛПО с лампами ЛЛ-40 Вт. При этом имеет место уровень освещенности (в среднем - 260 Лк), который меньше чем требуемый по действующим нормам, что приводит к большему зрительному переутомлению учащихся. Энергопотребление системой освещения также завышено.

Длина – 10,68 метра, ширина – 7,88, высота – 3,25 метра. Высота рабочей поверхности от уровня пола - 0,8 метров (согласно нормативам). Установлено 12 светильников ЛПО - 2x40. Основные результаты измерений: средняя освещенность - 260 люкс, отношение минимальной освещенности к средней (коэффициент равномерности освещения) - 0,5.

Для оценки замены светильников рассмотрим современные аналоги. Для сравнения рассмотрим модели светильников нескольких наиболее известных отечественных производителей [81, 82]: ф. «Световые технологии», ф. «Лед эффект» и ф. «Ледел». Выберем для светотехнических расчетов светильники модели L-school 55 Premium ф. «Ледел», они характеризуются лучшей световой отдачей, лучшей, в отличие от аналогов, цветопередачей, небольшой установленной мощностью. Сравнительный анализ светильников известных отечественных производителей, заменяющих светильники 2x36 (2x40), приведен в таблице Ж.1 приложения Ж.

Сравнительный анализ люминесцентных и светодиодных светильников приведен в таблицах Ж.2, Ж.3 приложения Ж. Для обеспечения нормативных показателей в проектом варианте предлагается установить вместо 12 светильников ЛПО – 2x40 современные светодиодные светильники Титан LE-ССП-15-033-0648-40Д в количестве 12 шт. В результате данной замены освещенность рабочей поверхности придет в норму, а также уменьшится установленная мощность данной системы.

Для лекционной аудитории № 417 была построена пространственная модели системы освещения со схемой расстановки светильников (рисунок 7).

Распределение освещенности для лекционной аудитории № 417 показано на рисунке 8. В результате расчета после реконструкции: среднее значение освещенности 573 Лк; отношение минимального значения освещенности к среднему – 0,49.

Расчет системы освещения лаборатории контактной сварки № 104а после реконструкции.

Длина –метра, ширина –, высота –метра. Высота рабочей поверхности от уровня пола - 0,8 метров (согласно нормативам). В настоящее время система освещения аудитории А-104а выполнена светильниками типа ЛПО с лампами ЛЛ-40 Вт. Установлено 17 светильников ЛПО -2x40. При этом, имеет место уровень освещенности (в среднем - 270 Лк), который меньше чем требуемый по действующим нормам, что приводит к большему

зрительному переутомлению учащихся. Энергопотребление системой освещения также завышено.

Основные результаты измерений: средняя освещенность - 250 лк, отношение минимальной освещенности к средней (коэффициент равномерности освещения) 0,48.

Для обеспечения нормативных показателей в проектом варианте предлагается установить вместо 16 светильников ЛПО – 2х40 современные светодиодные светильники L-school 55 Premium ф. «Ледел» в количестве 16 шт. В результате данной замены освещенность рабочей поверхности придет в норму, а также уменьшится установленная мощность данной системы.

Для лаборатории контактной сварки № 104а была построена пространственная модели системы освещения со схемой расстановки светильников (рисунок 9). Распределение освещенности для лаборатории контактной сварки № 104а показано на рисунок 10. В результате расчета после реконструкции: среднее значение освещенности 391 Лк; отношение минимального значения освещенности к среднему 0,47.

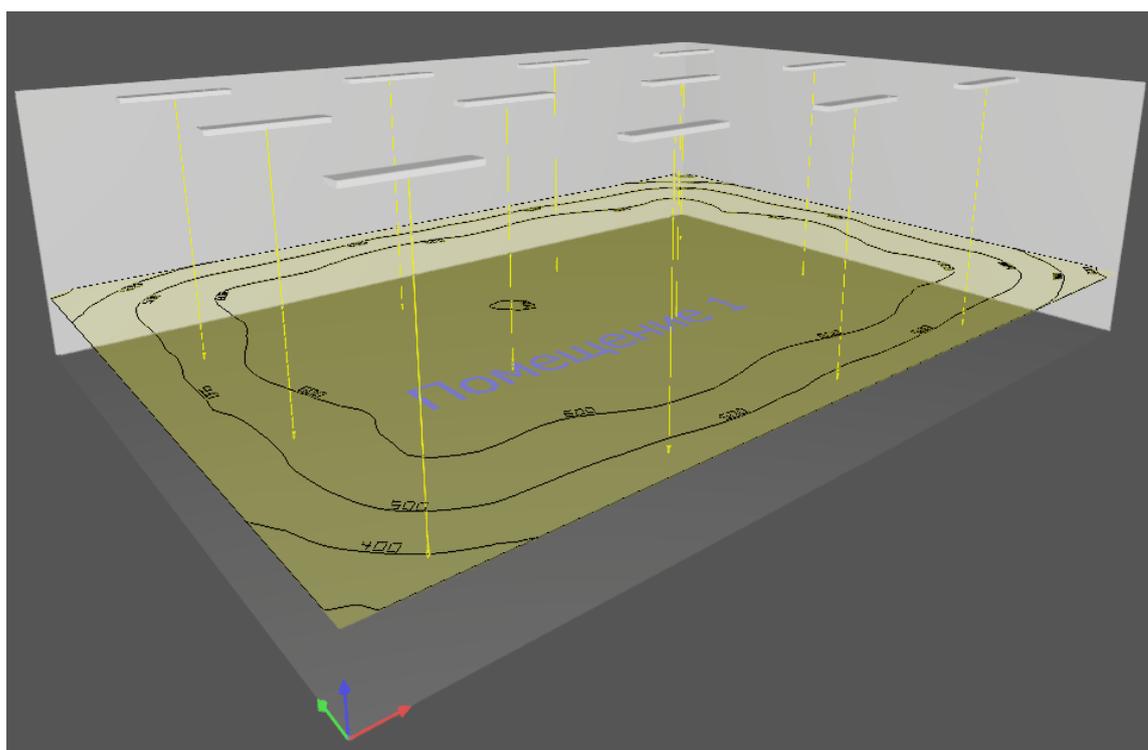
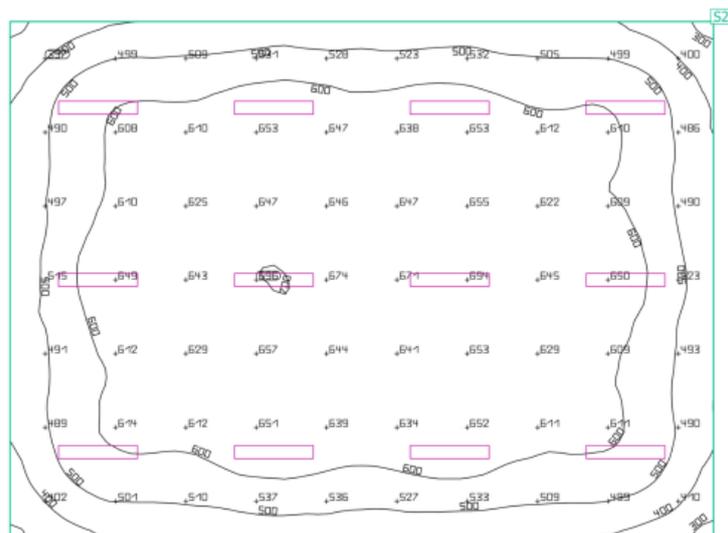


Рисунок 7 - Пространственная модель. Лекционная аудитория № 417 после реконструкции



Свойства	E (Заданное)	$E_{\text{мин}}$	$E_{\text{макс}}$	g_1	g_2	Индекс
Рабочая плоскость (Помещение 1)	573 lx	280 lx	701 lx	0.49	0.40	52
Перпендикулярная освещенность (адаптивный)	≥ 500 lx					
Высота: 0.800 m, Краевая зона: 0.000 m	✓					

Рисунок 8 - Распределение освещенности. Лекционная аудитория № 417 после реконструкции

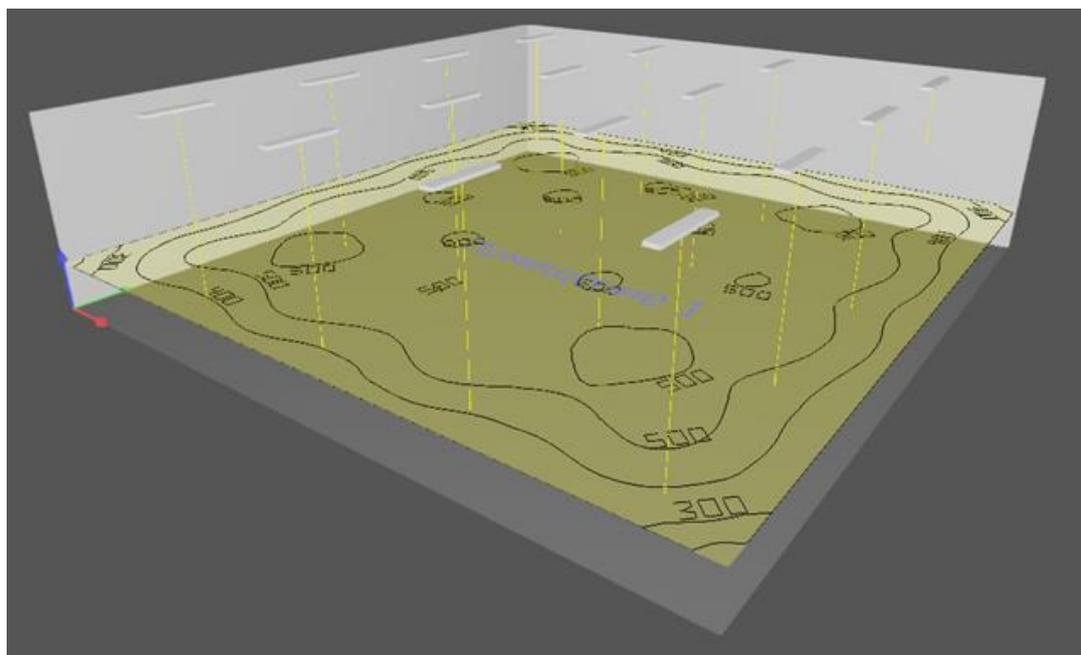
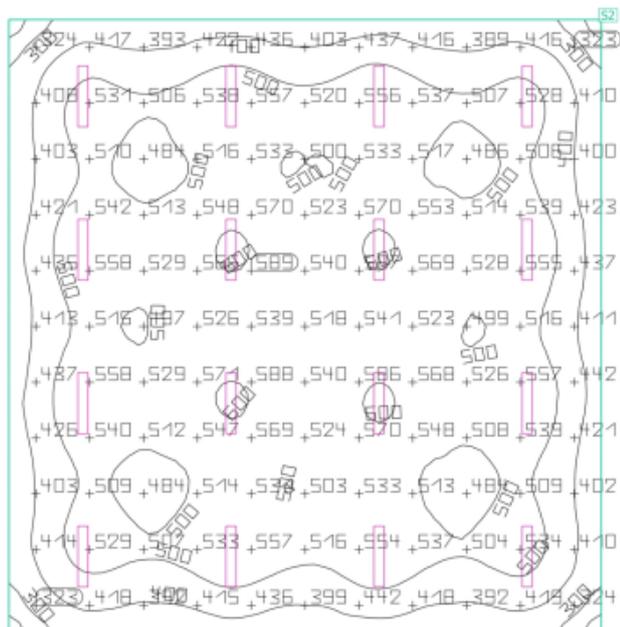


Рисунок 9 - Пространственная модель лаборатории контактной сварки № 104а после реконструкции



Свойства	E (Заданное)	$E_{\text{мин}}$	$E_{\text{макс}}$	g_1	g_2	Индекс
Рабочая плоскость (A104a)	489 lx	231 lx	609 lx	0.47	0.38	52
Перпендикулярная освещенность (адаптивный)	≥ 500 lx					
Высота: 0.800 m, Краевая зона: 0.000 m	✗					

Рисунок 10 - Распределение освещенности для лаборатории контактной сварки № 104а после реконструкции

Результаты моделирования освещения позволили идентифицировать линейные светодиодные лампы как наиболее подходящие решения, представленные на рынке для замены в тематическом исследовании. Из результатов моделирования для анализируемых помещений видно соответствие требованиям стандарта по освещенности и равномерности освещения.

2.2.2 Оценка энергопотребления замены существующих люминесцентных ламп

Для каждого анализируемого помещения числовой индикатор энергии освещения (LENI) в данном исследовании пренебрежем W_P , поскольку W_P не меняется при замене люминесцентных ламп линейные светодиодные лампы, поэтому используем упрощенную формулу:

$$\text{LENI} = W_L / A. \quad (19)$$

В таблице 6 для каждой аудитории и для двух типов анализируемых ламп показаны следующие данные: количество установленных ламп (N), фактическая электрическая мощность лампы (P*), общая электрическая мощность, необходимая (установленная) для системы освещения (P_T), энергия, требуемая светильниками для обеспечения адекватных условий освещения (W_L) и LENI. Значения дневного света использование времени и использование времени без дневного света, которые использовались для вычисления LENI, составляют: t_D = 2250 ч и t_N = 250 ч.

Для определения LENI коэффициенты F_C, F_O и F_D приняты следующие: F_C = 0,9 (отсутствие контролируемых систем постоянного освещения и MF = 0,8 (типичное значение, используемое для офисного здания), F_O = 1 (искусственное освещение с централизованными системами переключения), F_D = 1 (пренебрегая, в первом приближении, вкладом дневной свет).

Чтобы определить фактическое потребление энергии из-за люминесцентных ламп, была рассмотрена фактическая электрическая мощность от одной лампы.

Таблица 1 - Сводные значения, полученные из расчета LENI для учебной аудитории, лаборатории и коридора

Помещения	Лампы	Количество ламп	Суммарный световой поток (лм)	P*, (Вт)	P _T , (Вт)	W _L (КВт·ч / год)	LENI (КВт·ч / м ² год)
Лекционная аудитория № 417 (84,16 м ²)	Люминесцентные Т8	12	55200	80	960	2400	29
	LED линейные светодиодные	12	67800	48	576	1440	17
Лаборатория контактной сварки №104а (157,1 м ²)	Люминесцентные Т8	17	78200	80	1360	3400	22
	LED линейные светодиодные	16	90400	48	768	1920	12
Рекреация (коридор + холл) (217,67 м ²)	Люминесцентные Т8	7	9450	40	280	700	3,2
	LED линейные светодиодные	7	12250	16	112	280	1,3

Из таблицы 1 видно, что замена люминесцентных ламп на линейные светодиодные лампы в помещениях позволяет значительно снизить энергопотребление.

Это сокращение (при равных условиях использования) соответствует снижению LENI с 22 ... 29 кВтч/м² год до 12 ... 17 кВтч/м² год (коэффициент снижения 45 %) для помещений учебной аудитории и лаборатории и с 3,2 кВтч/м² до 1,3 кВтч/м² год (снижение около 60 %) для рекреации.

Интересно посмотреть, как изменяется LENI в зависимости от времени использования помещений, потому что этот параметр может значительно влиять на годовое потребление энергии на освещение.

На рисунке 11 показана тенденция годовой энергии освещения (W_L) как функция от количества часов использования в год для различных значений F_O , полученных с учетом полной электрической установленной мощности для освещения.

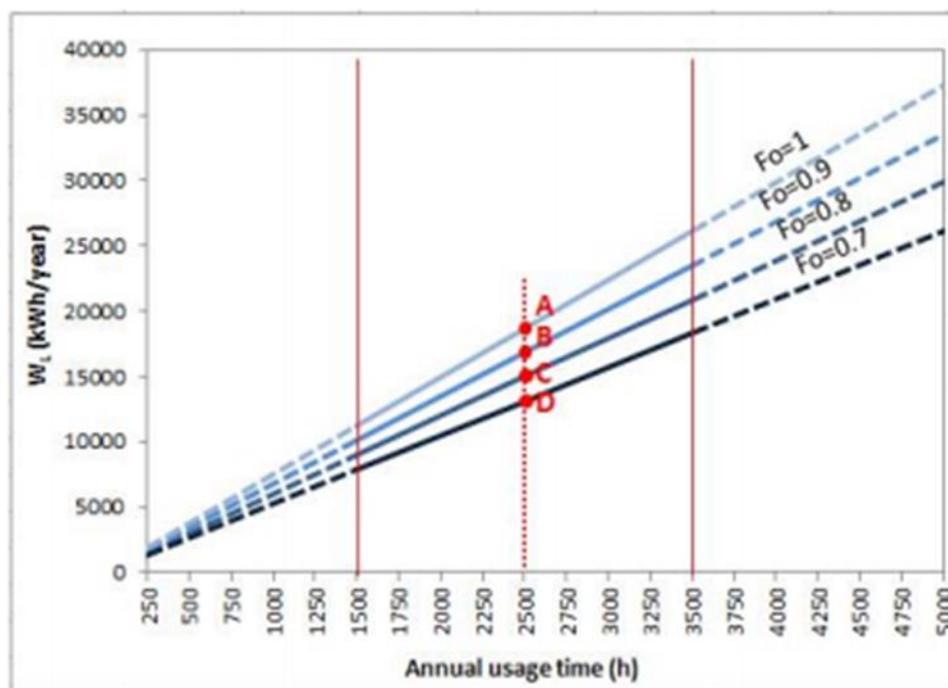


Рисунок 11 - W_L для текущего состояния как функция годовых часов использования (сумма дневного и ночного времени) для разных значений F_O

Чтобы получить различные решения, представленные на рисунке 11, был принят коэффициент зависимости занятости F_O : 1 для

централизованного включения/выключения системы коммутации (система коммутации управляет более чем одной комнатой), 0,9 для ручного управления системой переключения с контролем включения/выключения в каждой комнате, 0,8 для автоматической системы переключения с управлением включения/выключения, управляемой детектором присутствия и 0,7 для полуавтоматической системы переключения с ручным включением и автоматическим отключением, управляемым детектором присутствия.

Годовые часы использования изменены от 250 (минимальные часы использования с учетом только часы без дневного света) до 5000, что в два раза больше часов использования офисных зданий. Тем не менее, можно считать, что наиболее распространенное использование системы освещения - от 1500 до 3500 часов (центральная часть графика). На графике результаты, полученные с учетом 2500 часов использования в год, также выделены (рисунок 12, точки А, В, С и D).

2.3 Выводы по 2 разделу

Учебные заведения - крупные потребители электроэнергии, расходующие ее в основном на освещение, организация освещения в учебных заведениях строго регламентирована, а выбор устройств ограничен. Чтобы разработать и реализовать проект, следует максимально точно придерживаться обязательных норм и, если есть возможность, учитывать требования документов рекомендательного характера. Сосредоточивая внимание на вопросах освещения, и особенно на освещении в зданиях, важно сослаться не только на эффективность каждого отдельного компонента ОУ, но и самой установки в целом. Это означает включение всех факторов, которые способствуют определению, как используется оборудование с точки зрения архитектурных особенностей здания (использование пространств, ориентации и окна конфигурации, которые, в свою очередь, определяют количество дневного света в различные пространства и т. д.), системы управления и взаимодействия между потребителями и системами освещения. В масштабе здания глобальные энергетические показатели должны быть

определены в соответствии с EPBD: что касается освещения, энергетические характеристики должны учитывать все влияющие факторы, связанные с эффективностью компонентов систем освещения и их использованием, с точки зрения занятости или управление освещением на основе дневного освещения [13].

Аналитическая процедура стандарта EN15193-1:2017 имеет преимущество, позволяющее рассчитывать потребление энергии на освещение (и, следовательно, потенциальную экономию энергии для освещения) с учетом всех основных переменных, которые влияют на интеграцию дневного и электрического освещения. Подробный метод прогнозирования потребности в энергии освещения для здания можно использовать на этапе проектирования, когда использование передовых инструментов динамического моделирования может быть преждевременным. Метод стандартизован, и может быть использован для процесса сертификации энергии здания. Это также позволяет проводить сравнение между различными зданиями. С другой стороны, все факторы, включенные в стандарт, несколько упрощены, так как метод является табличным, а самые продвинутые инструменты моделирования допускают любое значение участвующих переменных (климат, геометрия, свет и датчики контроля), которые будут реализованы в расчете энергопотребления на освещение.

Оценена замена люминесцентных ламп, характеризующихся электрической мощностью 40 Вт и 80 Вт линейными светодиодными лампами, характеризующимися электрической мощностью 16 Вт и 48 Вт соответственно, в учебном корпусе ВУЗа. Линейные светодиодные лампы выбраны среди предложенных на рынке решений для замены существующих люминесцентных ламп после тщательного анализа освещения. Выполнение основных требований к освещению в помещении рабочих мест после замены ламп проверены путем моделирования с использованием программного обеспечения освещения DIALux Evo 9.0.

3 Экономическая оценка замены существующих люминесцентных ламп

Результаты измерений и моделирования, проведенных для трех проанализированных помещений, могут распространяться на все помещения учебного корпуса для проведения комплексной оценки, основанной на технико-экономическом анализе того, следует ли продолжать систематическую замену всех существующих люминесцентных ламп на светодиодные.

Экономический анализ проводился за отчетный период 10 лет. Прежде чем представить результаты, необходимо предоставить информацию об экономических объектах, рассматриваемых для расчета.

Для новой системы освещения с линейными светодиодными лампами рассчитаны: первоначальные инвестиционные затраты (I_0), эксплуатационные расходы (C_0) и расходы на техническое обслуживание (C_m).

Параметр I_0 определяется произведением количества установленных линейных светодиодных ламп (N) и их удельной стоимости. Оценка была проведена с учетом финансирования замены ламп за счет собственных средств, поэтому I_0 ставится на год установки светодиодных ламп. Замене подлежат все светильников в учебном корпусе, общее количество составляет 642 шт., из них: светильники l-school 16 стоимостью 3658 руб. каждый в количестве 96 шт., светильники l-school 55 стоимостью 6450 руб. каждый в количестве 546 шт.

$$I_0 = 546 \text{ шт} \cdot 6450 \text{ руб} + 96 \cdot 3658 \text{ руб} = 3\,872\,868 \text{ руб}$$

Параметр K_0 получается из потребленной энергии, когда система освещения работает, и это зависит от: фактической установленной электрической мощности для освещения, времени использования и почасовой ставки на электрическую энергию (4,17 руб/кВт*ч – данные предоставлены энергосбытовой компанией).

Параметр C_m зависит от частоты (τ) работ по техническому обслуживанию светильников, которые необходимы для обеспечения соответствия требованиям к освещению. Этот параметр определяется как:

$$C_m = N_r \cdot C_u \quad (19)$$

где:

N_r - количество замененных ламп за плановое техническое обслуживание;

C_u - это полная стоимость единицы лампы (которая учитывает поставку, установку и утилизацию).

C_o и C_m относятся к разным годам относительно года установки линейных светодиодных ламп (базисный год). По этой причине о них следует заявить в базовый год путем дисконтирования. Процедура дисконтирования зависит от ставки дисконтирования (r). Ставка дисконтирования определяется как ставка дисконтирования инвестиционных доходов и расходов, чтобы рассчитать его текущую стоимость. Выбор значения r должен основываться на опыте оценщика и в каждом конкретном случае кейса. Учитывая тип вмешательства (замена ламп) и изменчивость затрат на электроэнергию, наиболее часто используются ставки дисконтирования 2 % ... 4 %, они применены к настоящему исследованию. Дисконтирование отдельного параметра стоимости было выполнено с использованием следующего уравнения:

$$C_d = \frac{C_k}{(1+r)^k} \quad (20)$$

где:

C_d (руб) - дисконтированный денежный поток;

C_k (руб) - ожидаемый денежный поток в k -году;

r - ставка дисконтирования.

Для рассмотрения различных вариантов использования системы освещения определены пять сценариев, каждый из которых характеризуется

разным значением годового времени использования системы освещения, которое варьируется между 1500 и 3500 ч.

Чтобы лучше понять экономический анализ и рисунки 12 и 13, необходимо предоставить некоторые данные по стоимости обслуживания C_m . Частота (τ) планового технического обслуживания варьируется в зависимости от типа лампы и окружающей среды (это зависит от требований к освещению, которые должны быть выполнены). Технические данные о сроке службы лампы и обслуживании лампы предоставляются производителями. Предполагая, $MF = 0,8$ и данные, предоставленные изготовителем, для конкретного случая, значения максимального времени использования (максимальное время, после которого лампы должны быть заменены): 8 000 часов для люминесцентных ламп и 16 000 часов для светодиодных ламп. Через эти рассчитанные значения можно оценить τ для каждого сценария (таблица 2).

Таблица 2 - Оценка частоты (τ) планового технического обслуживания для каждого сценария освещения в зависимости от годового времени использования

		Сценарии освещения				
		1	2	3	4	5
Годовое время использования		1500	2000	2500	3000	3500
(часов)						
τ	Люминесцентные лампы	5	4	3	3	2
	Линейные светодиодные лампы	10	8	6	5	4
(лет)						

Чтобы правильно оценить экономическую целесообразность замены линейных люминесцентных ламп на светодиодные, необходимо учитывать выгоды, которые могут быть достигнуты с экономической точки зрения, помимо начальных инвестиций, эксплуатационные и эксплуатационные расходы. Ожидаемая выгода оценена с точки зрения экономической выгоды, связанной с экономией электроэнергии (Vo) и снижение затрат на техническое обслуживание (Vm), связанных с лампами различного типа. Экономические затраты и выгоды, оцененные за базовый 10-летний период,

показаны по годам в таблице 3 для пяти проанализированных сценариев (см. таблицу 2). Для каждого сценария существуют как входящие, так и исходящие денежные потоки, и можно рассчитать время окупаемости (PBT - Pay Back Time) и чистую приведенную стоимость (NPV - Net Present Value). Вмешательство восстановления является устойчивым, когда NPV имеет положительные значения за анализируемый период.

На рисунке 12 показана зависимость NPV в зависимости от времени в случае реконструкции, осуществленной с капиталовложением за счет собственных средств и учетной ставки 2%.

Экономическая выгода, связанная с ремонтом, выше, чем стоимость NPV. Время, за которое $NPV = 0$ соответствует PBT. В конкретном случае можно отметить, что PBT варьируется от минимум 2 лет (сценарий 5) до 5 лет (сценарий 1). Ремонт линейных светодиодных ламп всегда выгоден для каждого анализируемого сценария, потому что значение NPV всегда принимает положительное значение на десятом году. На рисунке 13, для немедленного сравнения полученных результатов показано, что значения NPV, достигнутые на десятом году, представлены для пяти сценариев и два значения ставки дисконтирования (r).

На рисунке 12 видно, что замена люминесцентных ламп на линейные светодиодные лампы всегда может быть экономически целесообразной. Максимальная выгода достигается для сценария 5, когда система освещения используется интенсивно (рисунок 13).

Для этого сценария более низкая установленная мощность светодиодов в сочетании с их длительным сроком службы, позволяет значительно сократить эксплуатационные расходы и расходы на обслуживание, что позволяет возместить первоначальные инвестиционные затраты в очень короткие сроки (2 года) и обеспечить высокую экономическую выгоду. Если принять ставку дисконтирования 4% (вместо 2%), то получены такие же качественные тенденции (рисунок 13).

Таблица 3 - Результаты расчета: оценены технико-экономические параметры в зависимости от рассматриваемого сценария

Сценарий	I_0 (руб)	C_0 (руб)	C_m (руб)	B_0 (руб)	B_m (руб)
1	3 872 868	58 313	50 890	154 815	23 259
2		77 696	69 201	206 447	29 115
3		97 161	92 213	257 997	38 848
4		116 627	110 688	309 630	38 848
5		136 010	138 401	361 262	58 231

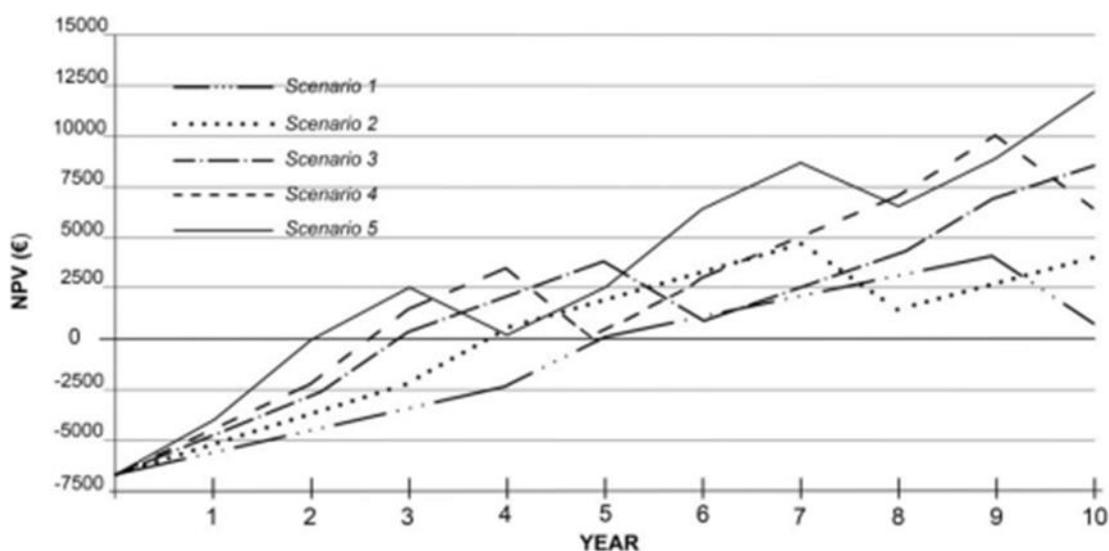


Рисунок 12 - Оценка замены люминесцентных ламп на светодиодные: тренды NPV в зависимости от времени (вложение собственных средств, $r = 2\%$)

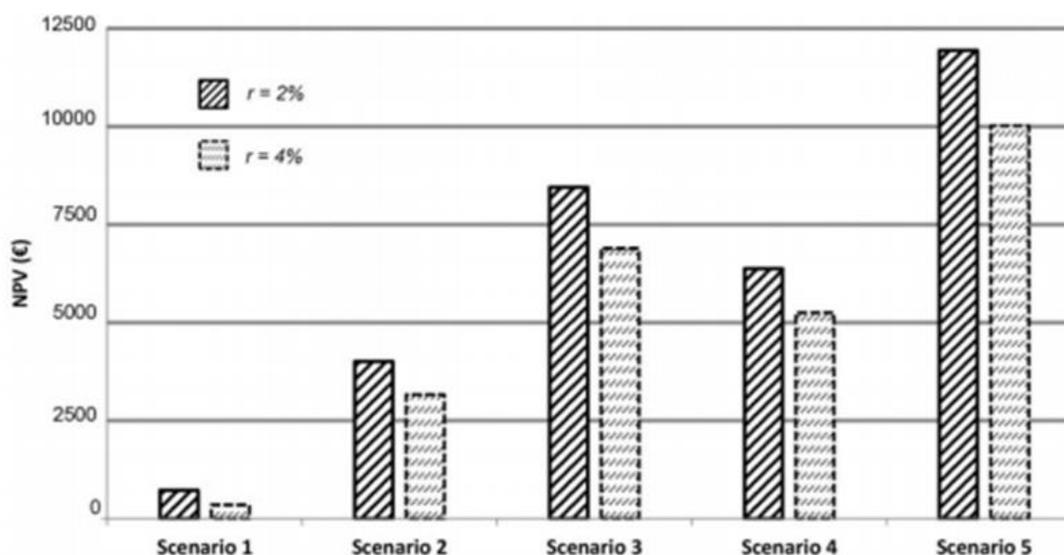


Рисунок 13 - Значения NPV, полученные в десятый год для различных сценариев и ставки дисконтирования

3.1 Выводы по 3 разделу

Для оценки замены люминесцентных ламп светодиодными лампами, использованы окупаемость PBT и чистая приведенная стоимость NPV. Эти последние показатели наиболее часто используются для экономической оценки количественной выгоды, полученной в результате мероприятий по улучшению энергии.

Оценены: экономия оперативных расходов, ожидаемое время окупаемости и чистая приведенная стоимость за счет замены ламп оценены с учетом средней стоимости кВт*ч электроэнергии, затрат на приобретение и установку линейных светодиодных ламп, а также расходов на обслуживание более десятилетнего периода времени. Результаты могут быть использованы для многочисленных аналогичных офисных зданий, учитывая геометрию и характеристики значительного большинства такого типа зданий.

Из результатов можно указать, что замена люминесцентных ламп светодиодными позволяет снизить потребление энергии на освещение более чем на 50% с очевидным сокращением годовой эксплуатационной стоимости. Максимальная выгода, связанная с заменой ламп, достигается при интенсивной эксплуатации системы освещения (ежегодное время использования 3500 часов). В этом случае уменьшенная установленная мощность светодиода в сочетании с их длительным сроком службы позволяет значительно сократить расходы на обслуживание и эксплуатационные расходы, позволяя окупить первоначальные инвестиционные затраты в очень непродолжительное время (2 года) и обеспечение высоких выгод в экономическом плане. Максимальная выгода, связанная с заменой ламп, может быть увеличена, поскольку качество и срок службы светодиодов могут быть улучшены в будущем.

Заключение

В настоящее время имеются все предпосылки для проектирования ОУ зданий учебных заведений России на современном научно-техническом уровне - разработаны, утверждены и введены в действие санитарные и строительные нормы, законодательно устанавливающие параметры освещения, обеспечивающие необходимые с точки зрения гигиены зрения условия освещения.

Современные типы ламп и светильников позволяют экономить энергию при одновременном улучшении качества освещения. Светодиодные лампы обладают высокоэкономичными характеристиками - потребление энергии при замене обычных ламп на светодиодные снижается до 70%. Также благодаря длительному сроку службы исключаются расходы по замене неисправных ламп. Светодиодные лампы и светодиодные светильники благодаря отсутствию ртути, огромному сроку службы, отсутствию инфракрасного и ультрафиолетового излучения и большой ударопрочности пользуются большой популярностью на современном рынке.

Датчики освещённости позволяют автоматически регулировать долю искусственного света в соответствии с изменениями естественного света, а датчики присутствия выключают освещение в пустом помещении. Все это снижает энергопотребление, улучшая тем самым экологию.

Проведен энергетический аудит систем искусственного освещения учебного корпуса ВУЗа. В качестве ИС в системе искусственного освещения выбраны светодиодные светильники. Выполнен проект реконструкций осветительной системы в программном комплексе Dialux с использованием светодиодного ИС. Максимальная выгода, связанная с заменой ламп, достигается при интенсивной эксплуатации системы освещения (ежегодное время использования 3500 часов).

Список используемых источников

1. Стратегия долгосрочного развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [Электронный ресурс]. URL : https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya_rossii_pogotovilo_proekt_strategii_dolgosrochnogo_razvitiya_rossii_s_nizkim_urovнем_vybrosov_parnikovyh_gazov_do_2050_goda_.html / (дата обращения: 12.04.2020).

2. Deloitte. TCFD – Рабочая группа по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата [Электронный ресурс]. URL : <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/risk/russian/TCFD.pdf> / (дата обращения: 12.04.2020).

3. Рамочная конвенция ООН об изменении климата [Электронный ресурс]. URL : <https://base.garant.ru/2133066/> / (дата обращения: 12.04.2020).

4. Киотский протокол к РКИК ООН [Электронный ресурс]. URL : <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kprus.pdf> / (дата обращения: 12.04.2020).

5. Paris agreement [Электронный ресурс]. URL : <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> / (дата обращения: 12.04.2020).

6. Парижское соглашение (2015) [Электронный ресурс]. URL : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижское_соглашение_\(2015\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижское_соглашение_(2015)) / (дата обращения: 12.04.2020).

7. О принятии Парижского соглашения [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 21 сентября 2019 г. № 1228. URL : <http://static.government.ru/media/files/l0US0FqDc05omQ1VgnC8rfL6PbY69AvA.pdf> / (дата обращения: 12.04.2020).

8. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 г. №

1715-р. URL : <http://government.ru/docs/all/70320> / (дата обращения: 12.04.2020).

9. Что России делать с климатическим кризисом? [Электронный ресурс]. URL : <https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2019/09/Что-России-делать-с-климатическим-кризисом-доклад-Greenpeace.pdf> / (дата обращения: 12.04.2020).

10. Письмо Отделения международной неправительственной некоммерческой организации «Совет Гринпис» от 27.03.2020 № 20/355 [Электронный ресурс]. URL : https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2020/04/Mineconomrazvitiya_proekt-strategii-nizkouglerodnogo-razvitiya.pdf / (дата обращения: 12.04.2020).

11. Доктрина энергетической безопасности [Электронный ресурс] : Указ Президента РФ от 13.05.2019 № 216. URL : <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201905140010> / (дата обращения: 12.04.2020).

12. Концепция долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ от 17 ноября 2008 года №1662-р. URL : <http://government.ru/info/6217> / (дата обращения: 12.04.2020).

13. Valerio R.M. Lo Verso, Anna Pellegrino. Energy saving generated through automatic lighting control systems according to the estimation method of the standard EN 15193-1 // Journal of daylighting. 2019. № 6. Pages 131-147.

14. EPB Center [Электронный ресурс]. URL : www.epb.center / (дата обращения: 12.04.2020).

15. REHVA European HVAC Journal [Электронный ресурс]. URL : <https://www.rehva.eu/rehva-journal> / (дата обращения: 12.04.2020).

16. Dick van Dijk, Jaap Hogeling. The new EN ISO 52000 family of standards to assess the energy performance of buildings put in practice // E3S Web of Conferences. Volume 111. CLIMA 2019 Congress. 2019. Article Number 04047. Number of page(s) 7. Published online 13 August 2019 [Электронный

ресурс]. URL : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911104047> / (дата обращения: 21.03.2020).

17. Международная организация по стандартизации. [Электронный ресурс].

URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Международная_организация_по_стандартизации / (дата обращения: 21.09.2019).

18. ISO 50001:2018. Energy Management Systems [Электронный ресурс]. URL : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-2:v1:en> / (дата обращения: 21.09.2019).

19. Жукова И.В., Черненко А.Н. FMEA-анализ как инновационный метод в энергоменеджменте // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019) : V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов : сборник трудов / отв. за вып. В.В. Вахнина. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2019. 1 оптический диск.

20. Богатырева О.Н, Кузьмина И.Д. Нормативно-правовая база энергосбережения в РФ: учебное пособие / СПбГТУРП. СПб., 2014. – 56 с.

21. Госдоклад о состоянии энергосбережения и повышении энергоэффективности в РФ за 2018 год [Электронный ресурс]. URL : <https://www.economy.gov.ru/material/file/d81b29821e3d3f5a8929c84d808de81d/energyefficiency2019.pdf> / (дата обращения: 10.04.2020).

22. Комплексный план мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики РФ [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 19 апреля 2018 г. № 703-р. URL : <http://static.government.ru/media/files/rE6AtHAmGYeZUz51fpCeHYfmuyRzUGow.pdf>. / (дата обращения: 10.04.2020).

23. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики [Электронный ресурс] : Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889. URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/27565> / (дата обращения: 10.04.2020).

24. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ (ред. от 26.07.2019). URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30163> / (дата обращения: 10.04.2020).

25. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 2446-р. URL : <http://government.ru/docs/all/75782/> (дата обращения: 10.04.2020).

26. Государственная программа «Развитие энергетики» [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 321 (ред. от 23.04.2020 г.). URL : <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm> / (дата обращения: 10.04.2020).

27. План мероприятий («дорожная карта») по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ от 01.09.2016 г. № 1853-р. URL : <http://static.government.ru/media/files/RnhU0rvDLLc5Z6mHK7wYENRMG6N7efOS.pdf> / (дата обращения: 10.04.2020).

28. Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений [Электронный ресурс] : приказ Министра России от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр (зарегистрирован в Минюсте России 23 марта 2018 г., № 50492). URL : <https://minjust.consultant.ru/documents/38886/> (дата обращения: 10.04.2020).

29. О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам установления первоочередных требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 7 марта 2017 г. № 275 (с изм. на 05.07.2018 г.). URL : <http://docs.cntd.ru/document/420394056> / (дата обращения: 10.04.2020).

30. Критерии наличия технической возможности установки оборудования, обеспечивающего в системе внутреннего теплоснабжения здания поддержание гидравлического режима, автоматическое регулирование потребления тепловой энергии в системах отопления и вентиляции в зависимости от изменения температуры наружного воздуха, приготовление горячей воды и поддержание заданной температуры в системе горячего водоснабжения непосредственно в здании [Электронный ресурс] : приказ Министерства строительства и ЖКХ РФ от 11 октября 2017 г. N 1422/пр. URL : https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minstroya-Rossii-ot-11.10.2017-N-1422_pr / (дата обращения: 10.04.2020).

31. Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 года N 87 (с изм. на 28.04.2020 г.). URL : <http://docs.cntd.ru/document/902087949> / (дата обращения: 10.04.2020).

32. О внесении изменений в положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 8 сентября 2017 г. N 1081. URL : <https://base.garant.ru/71764518/> (дата обращения: 10.04.2020).

33. О внесении изменений в постановление Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1221 [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 21 апреля 2018 года №486. URL : <https://air-pr.ru/news/lawnews/постановление-правительства-рф-от-21-04-2018> / (дата обращения: 10.04.2020).

34. О Фонде содействия реформированию ЖКХ [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21 июля 2007 г. № 185-ФЗ (ред. от 7 апреля 2020 г.). URL : <https://base.garant.ru/12154776/> (дата обращения: 10.04.2020).

35. Всероссийский фестиваль энергосбережения и экологии #ВместеЯрче [Электронный ресурс]. URL : <https://вместеярче.рф> / (дата обращения: 10.04.2020).

36. Госдоклад о состоянии энергосбережения и повышении энергоэффективности в РФ в 2017 году [Электронный ресурс]. URL : <https://www.economy.gov.ru/material/file/2388dff12e9df8f2a9abc4f2b19bf9dd/energyefficiency2017.pdf> / (дата обращения: 10.04.2020).

37. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты РФ [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.2014 N 219-ФЗ с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020 (ред. от 26.07.2019). URL : <https://student1.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&ts=148442395709326598455443962&cacheid=ACF882E72AABA821BB974D091BBF53F5&mode=splus&base=NBU&n=330280&rnd=BB00F26738C588BCEB308FA7D03C55A9#2f8b9ivhcbv> / (дата обращения: 10.04.2020).

38. Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния [Электронный ресурс]. URL : https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/transboundary.shtml / (дата обращения: 10.04.2020).

39. Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря 1992 года [Электронный ресурс]. URL : <http://docs.cntd.ru/document/1900924> / (дата обращения: 10.04.2020).

40. Рамочная конвенция по защите морской среды Каспийского моря [Электронный ресурс]. URL : <http://docs.cntd.ru/document/420383107> / (дата обращения: 10.04.2020).

41. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях [Электронный ресурс]. URL : <http://docs.cntd.ru/document/901821036> / (дата обращения: 10.04.2020).

42. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер [Электронный ресурс]. URL : https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercourses_lakes.shtml / (дата обращения: 10.04.2020).

43. Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением [Электронный ресурс]. URL : <http://docs.cntd.ru/document/1901208> / (дата обращения: 10.04.2020).

44. Березовский Н. И., Березовский С. Н., Костюкевич Е. К. Технология энергосбережения: учеб. пособие. Минск: БИП – С Плюс, 2007. 152 с.

45. Самойлов М. В., Паневчик В. В., Ковалев А. Н. Основы энергосбережения : учеб. пособие. Мн. : БГЭУ, 2002. 198 с.

46. Данилов Н. И., Щелоков Я. М. Основы энергосбережения : учебник / под. ред. Данилова Н. И. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГЕУ –УПИ, 2006. 564 с.

47. О внесении изменений в Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» и статью 9.16 КОАП [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 19.07.2018 № 221-ФЗ. URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_302861 / (дата обращения: 10.04.2020).

48. ГОСТ 31427-2010 Здания жилые и общественные. Состав показателей энергетической эффективности». М. : Стандартинформ, 2011.

49. ГОСТ Р 56828.15-2016 Наилучшие доступные технологии. М. : Стандартинформ, 2016.

50. ГОСТ Р 56828.24-2017 Наилучшие доступные технологии. Энергосбережение. Руководство по применению НДТ для повышения энергоэффективности. М. : Стандартинформ, 2019.

51. ГОСТ Р 57576—2017 (ИСО 50002:2014) Системы энергетического менеджмента. Аудит энергетический. Требования и руководство по применению. М. : Стандартинформ, 2017.

52. ГОСТ Р 51750-2001 Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в

технологических энергетических системах. Общие положения. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

53. ГОСТ Р 51379-99 Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.

54. Об утверждении Рекомендаций по проведению энергетических обследований (энергоаудита) [Электронный ресурс] : приказ Министерства энергетики РФ от 4 июля 2006 года № 141. URL : <http://docs.cntd.ru/document/901989373> / (дата обращения: 10.04.2020).

55. ПУЭ 7 Правила устройства электроустановок. М. : Стандартинформ, 2001. 330 с.

56. Вахнина В. В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". ТГУ. Тольятти : ТГУ, 2016. 78 с. : ил. Библиогр.: с. 76-78. ISBN 978-5-8259-0929-5.

57. Ополева Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учеб. пособие / Г.Н. Ополева. - М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. - 416 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-104397-4

58. Вахнина В. В. Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с. : ил. Библиогр.: с. 35. Прил.: с. 36-46. ISBN 978-5-8259-0915-8.

59. ГОСТ Р 56743-2015. Измерение и верификация энергетической эффективности. Общие положения по определению экономии энергетических ресурсов. М. : Стандартинформ, 2015.

60. ГОСТ 32498-2013 Здания и сооружения. Методы определения показателей энергетической эффективности искусственного освещения. М. : Стандартинформ, 2014.

61. ГОСТ Р 54862-2011 «Энергоэффективность зданий. Методы определения влияния автоматизации, управления и эксплуатации здания». М. : Стандартинформ, 2012.

62. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. М. : Стандартинформ, 2018.

63. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ. URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30476> / (дата обращения: 10.04.2020).

64. О техническом регулировании [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ. URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/18977> / (дата обращения: 10.04.2020).

65. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. М. : Стандартинформ, 2014.

66. СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. Изменения и дополнения N 1 к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [Электронный ресурс] : утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 15 марта 2010 г. N 20. URL : <http://docs.cntd.ru/document/902207994> / (дата обращения: 10.04.2020).

67. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс] : утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 8 апреля 2003 года N 34 (с изм. на 15 марта 2010 года). URL : <http://docs.cntd.ru/document/901859404> / (дата обращения: 10.04.2020).

68. СанПиН 2.4.2.2821-10 Санитарно-эпидемиологические требования к организации процесса обучения в общеобразовательных заведениях [Электронный ресурс] : утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 29 декабря 2010 года N 189 (с

изм. на 22 мая 2019 года). URL : <http://docs.cntd.ru/document/902256369> / (дата обращения: 10.04.2020).

69. ГОСТ 24940-2016 Здания и сооружения. Методы измерения освещенности. М. : Стандартинформ, 2019.

70. ГОСТ Р 55701.1-2013 Светильники. Общие требования к характеристикам. М. : Стандартинформ, 2015.

71. ГОСТ Р 56231-2014 Светильники. Часть 2-1. Частные требования к характеристикам светильников со светодиодными источниками света. М. : Стандартинформ, 2015.

72. ГОСТ Р 54350-2015 Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2015.

73. ГОСТ 14254-2015 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP) (с поправкой). М. : Стандартинформ, 2016.

74. ГОСТ 30804.3.2-2013 Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний. М. : Стандартинформ, 2014.

75. ТР ТС 020/2011 Технический регламент Таможенного союза "Электромагнитная совместимость технических средств". Утв. 09.12.2011 решением Комиссии Таможенного союза № 879.

76. ГОСТ 33393-2015 Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности. М. : Стандартинформ, 2016.

77. ГОСТ 30804.3.3-2013 Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения общего назначения. Технические средства с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемые к электрической сети при несоблюдении определенных условий подключения. Нормы и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2014.

78. ГОСТ Р 55392-2012 Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014.

79. Кузьменко В. П., Соленый С. В., Шишлаков В. Ф., Соленая О. Я. Измерение качества электроэнергии в системе электроснабжения со светодиодными осветительными устройствами // Научный вестник НГТУ том 74, № 1, 2019, с. 197–212.

80. Fantozzi, F., Le Bail, L., Leccese, F., Rocca, M., & Salvadori, G.. General Lighting in Offices Building: Techno-Economic Considerations on the Fluorescent Tubes Replacement with LED Tubes. // International Journal of Engineering and Technology Innovation. 2017. № 3, pp. 143-156.

81. Анализ технологического потенциала светотехнической промышленности в Российской Федерации [Электронный ресурс]: «Лайтинг Бизнес Консалтинг» (ЛБК), 2016. URL : <https://minenergo.gov.ru/system/download/7112/75897> / (дата обращения: 10.04.2020).

82. Анализ состояния и перспектив рынка светотехнической продукции в странах-участницах ЕАЭС [Электронный ресурс]: «Лайтинг Бизнес Консалтинг» (ЛБК), 2015. URL : https://www.lbconsulting.ru/upload/doc/Sostoyanie_rynka_RFRBRK_sm.pdf / (дата обращения: 10.04.2020).

83. Проектирование искусственного освещения общественных и жилых зданий: Методическое пособие. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве». Москва, 2016.

84. Расчет и проектирование искусственного освещения помещений общественных зданий [Электронный ресурс] : Пособие к МГСН 2.06-99 (ТСН 23-302-99) утв. указанием Москомархитектуры от 28.10.99 № 43. URL : <https://files.stroyinf.ru/Data1/10/10117> / (дата обращения: 10.04.2020).

85. Гвоздев С. М., Панфилов Д. И., Романова Т. К. и др. Энергоэффективное электрическое освещение: учебное пособие / под ред. Варфоломеева Л. П. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 288 с.

86. Гаврикова Н. А., Тухватулина Л. Р., Видяев И. Г., Серикова Г.Н., Шаповалова Н. В. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 73 с.

87. Креницына З. В., Видяев И. Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Томский политехнический университет. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 73 с.

88. Райзберг Б.А. Курс экономики : учебник / Б.А. Райзберг, Е.Б. Стародубцева ; под ред. Б.А. Райзберга. — 5-е изд., испр. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 686 с.

89. Гречкина Т. В., Никитин В. Д. Расчетный практикум для проектирования осветительных установок. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. 153 с.

90. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М. : Стандартинформ, 2012. 20 с.

91. Шеховцев В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учеб. пособие. М. : ИНФРА-М, 2016. 136 с.

92. Привалов Е. Е. Основы электробезопасности : учеб. пособие. Ставрополь : СтГАУ «АГРУС», 2016. 132 с.

93. Малафеев С.И. Надежность электроснабжения : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2018. 368 с.

Приложение А

Набор стандартов CEN энергетической эффективности зданий EPB

Таблица А.1 - Overarching / Всеобъемлющие цели

Sub-modules / Подмодули	Module M1 / Модуль M1
General / Общий	EN ISO 52000-1
Common terms and definitions, symbols, units and subscripts / Общие термины и определения, символы, единицы и индексы	EN ISO 52000-1
Common terms and definitions, symbols, units and subscripts / Приложения	EN ISO 52000-1
Ways to express energy performance / Способы выражения энергетической эффективности	EN ISO 52003-1
Building function and building boundaries / Функции и границы здания	EN ISO 52000-1
Building occupancy and operating conditions / Занятость здания и условия эксплуатации	EN 16798-1, ISO 17772-1
Building occupancy and operating conditions / Агрегация энергетических услуг и энергоносителей	EN ISO 52000-1
Building zoning / Зонирование здания	EN ISO 52000-1
Calculated energy performance / Расчетная энергетическая эффективность	EN ISO 52000-1
Measured energy performance / Измеренная энергетическая производительность	EN ISO 52000-1
Ways to express indoor comfort / Способы выражения внутреннего комфорта	EN 16798-1, ISO 17772-1
External environment conditions / Условия внешней среды	EN ISO 52010-1
Economic calculation / Экономический расчет	EN 15459-1

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 - Building as such / Здание как таковое

Sub-modules / Подмодули	Module M2 / Модуль М2
Building energy needs / Энергетические потребности здания	EN ISO 52016-1, EN ISO 52017-1
(Free) indoor conditions without systems / (Свободные) параметры воздуха помещения без систем	EN ISO 52016-1, EN ISO 52017-1
Ways to express energy performance / Способы выражения энергетической эффективности	EN ISO 52018-1
Heat transfer by transmission / Теплообмен при передаче	EN ISO 10077-1, EN ISO 10077-2, EN ISO 10211, EN ISO 12631, EN ISO 13370, EN ISO 13789, EN ISO 14683, EN ISO 6946
Heat transfer by distribution & control infiltration and ventilation / Теплообмен путем распределения и контроля фильтрации и вентиляции	EN ISO 13789
Internal heat gains / Прирост внутреннего тепла	EN 16798-1, EN 17772-1
Solar heat gains / Солнечное тепло	EN ISO 52022-1, EN ISO 52022-3
1 building dynamics (thermal mass) / 1 Термодинамика здания	EN ISO 13786

Продолжение Приложения А

Таблица А.3 - Technical Building Systems (under EPBD) / Технические строительные системы (под EPBD)

Sub-modules / Подмодули	Модуль М3 heating	Модуль М4 cooling	Модуль М5 ventilation	Модуль М6 humidification	Модуль М7 dehumidification	Модуль М8 domestic hot water	Модуль М9 lighting	Модуль М10 building autom. & controls	Модуль М11 photovoltaic. Wind
General / Общий	EN 15316-1	EN ISO 16798-9	EN 16798-3	EN 16798-3	EN 16798-3	EN 15316-1	EN 15193-1	EN 15232-1	
Needs / Потребности						EN 12831-3	EN 15193-1		
Maximum load and power / Максимальная нагрузка и мощность	EN ISO 52016-1, EN 12831-1	EN ISO 52016-1		EN ISO 52016-1	EN ISO 52016-1	EN 12831-3			
Ways to express energy performance / Способы выражения энергетической эффективности	EN 15316-1	EN ISO 16798-9	EN 16798-3	EN 16798-3	EN 16798-3	EN 15316-1	EN 15193-1	EN 15232-1	
Emission & control / Распространение и контроль	EN 15316-2, EN 15550-1, EN 12098-1, EN 12098-3, EN 12098-5	EN 15316-2, EN 15550-1	EN 16798-7, EN 15550-1	EN 16798-5-1, EN 16798-5-2	EN 16798-5-1, EN 16798-5-2			EN 15232-1	
Distribution & control / Распределение и контроль	EN 15316-3, EN 12098-1, EN 12098-3, EN 12098-5	EN 15316-3	EN 16798-5-1, EN 16798-5-2			EN 15316-3		EN 15232-1	
Storage & control / Хранение и контроль	EN 15316-5, EN 12098-1, EN 12098-3, EN 12098-5	EN 16798-15				EN 15316-5, EN 15316-4-3		EN 15232-1	

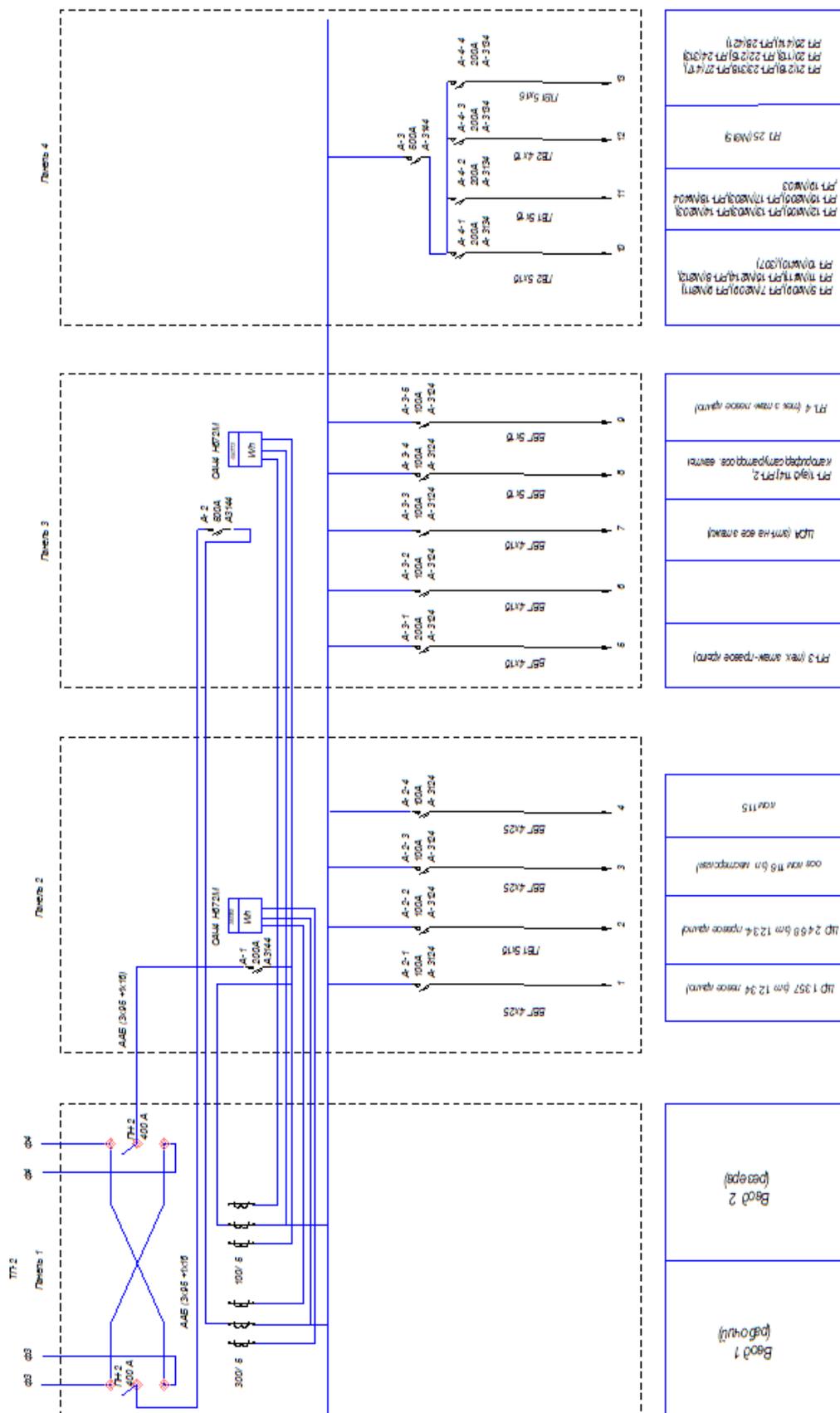
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.3

Generation & control / Генерация и контроль	EN 12098-1, EN 12098-3, EN 12098-5, EN 15316-4-1, EN 15316-4-2, EN 15316-4-3, EN 15316-4-4, EN 15316-4-5, EN 15316-4-8	EN 16798-13, EN 15316-4-2, EN 15316-4-5	EN 16798-5-1, EN 16798-5-2	EN 16798-5-1, EN 16798-5-2	EN 16798-5-1, EN 16798-5-2	EN 15316-4-1, EN 15316-4-2, EN 15316-4-3, EN 15316-4-4, EN 15316-4-4, EN 15316-4-5		EN 15232-1	EN 15316-4-3, EN 15316-4-4, EN 15316-4-5, EN 15316-4-10
Load dispatching & operating conditions / Распределение нагрузки и условия эксплуатации	EN 15316-1	EN ISO 16798-9						EN 15232-1	
Measured energy perfomance / Измеренные энергетические показатели	EN 15378-3					EN 15378-3	EN 15193-1	EN 15232-1	
Linspection / Осмотр	EN 15378-1	EN 16798-17	EN 16798-17	EN 16798-17	EN ISO 16798-17	EN 15378-1	EN 15193-1	EN 16946-1	
BMS (Building Management System) / Умное здание								EN 16947-1	

Приложение Б

Принципиальная схема электроснабжения учебного корпуса



Приложение В

Установленные мощности силового оборудования учебного корпуса

Таблица В.1- Установленные мощности силового оборудования

Этаж	№ помещения	Назначение	Наименование силового электрооборудования	Кол-во, шт	P_{Σ} , кВт	Ки	Tг, час	Wсг, кВт*час	Примечания
1	102	Лаборатория технической диагностики и экспертизы	Телефон-факс	1	0,3	0,2	1584	232,2	
			Компьютер	1	0,74	0,8	1584	937,728	
			Принтер (лазерный)	1	0,55	0,3	1584	261,36	
			Электрочайник	1	1,5	0,7	1584	766,656	
1	104	Лаборатория сварки и плавнения	Тир 300 (ПВ= 80%)	1	20	0,5	128	1144,86	
			Источник ВСВУ-400 (ПВ=80%)	1	21	0,25	128	601,55	
1	104а	Лаборатория контактной сварки	Выпрямительная плита Р-20 (ПВ=60%)	1	3	0,25	128	74,36	
			Стыковая машина МСМУ (ПВ=50%)	1	150	0,2	128	2715,29	
			Машина контактной сварки МТП-806 (ПВ=50%)	1	70	0,25	128	1583,9	
			Машина контактной сварки в вакууме МВТ 1601 (ПВ=50%)	1	72	0,25	128	1629,17	
			Компрессор К-25 (ПВ=50%)	1	3,5	0,65	128	205,9	
			Машина контактной сварки шовная МШП 200-5 (ПВ=50%)	1	200	0,25	128	4525,48	
			МТП-150 (ПВ=8%)	1	150	0,25	128	1357,64	
			МТПУ-300 (ПВ=20%)	1	300	0,25	128	4293,25	
			МТПК-25-1 (ПВ=12,5)	1	38	0,25	128	429,9	
Робот ПР-601/60 + клещи сварочные КСС-25 (ПВ=20%)	1	16,2+25	0,5	128	11792				
1	106	Данных нет	-						
1	107	Лаборатория	Двигатель 16516Т1С1	1	10	0,7	128	896	
			13МВМ2 + двигатель	1	0,5+1,2	0,7	128	1048,32	
			АД	1	180	0,2	128	4608	
			Токарный станок	1	13,3	0,12	128	204,28	
1	108	Центр аттестации сварочного оборудования	Кондиционер	1	1,5	0,7	704	739,2	
			Компьютер	3	2,22	0,8	1584	2813,184	
			Принтер (лазерный)	1	0,55	0,3	1584	261,36	
			Телефон-Факс	1	0,3	0,2	1584	95,04	
			Электрочайник	1	2,42	0,2	1584	766,656	

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

1	109	Лаборатория газовой сварки и литейных процессов	Токарный станок К62	1	8,7	0,12	128	133,63	
			Вертикальный сверлильный станок 2М135	1	2,2	0,14	128	39,42	
			Шлифовальный круглый станок + гидростанция	1	4+1,5	0,35	128	246,4	
1	110	Лаборатория механической обработки	Токарный станок 1К62	1	8,7	0,12	128	133,63	
			Станок фрезерный универсальный 50V-PDPнома	1	1,5	0,12	128	23,04	
			Сварочный аппарат	1	2	0,5	128	128	
			Гидростанция	1	1,5	0,3	128	57,6	
1	113	Лаборатория	1А616 Токарный станок	1	6,5	0,12	128	998,4	
			Токарный станок	2	20	0,2	128	307,2	
			Учебное оборудование ТВ-7	1	1,1	0,25	128	35,2	
			Горизонтально-фрезерный станок +2 двигателя	1	6+3	0,14	128	161,28	
			Горизонтально-шлифовальный станок	1	4,35	0,35	128	194,88	
			Вертикально-фрезерный станок	2	3	0,14	128	53,76	
			Шлифовальный круг наждак	1	3	0,35	128	134,4	
			Универсально заточный станок	2	4	0,12	128	61,44	
			Токарный станок РАМО	1	5	0,12	128	76,8	
			Зубострогальный станок	1	10	0,12	128	25,36	
			Зубодолбежный станок	1	11,5	0,12	128	176,64	
			Настольно-сверлильный станок	1	1,5	0,14	128	26,88	
			Вертикально-сверлильный станок	1	5	0,14	128	19,6	
			Оптико-шлифовальный станок	1	3,7	0,12	128	56,83	
1	115	Лекционная аудитория	-						
1		Холл возле кабинета 115	Копировальный аппарат	1	0,55	0,2	1584	174,24	
1		Буфет	Витрина	1	0,3	0,6	8760	1576,8	
			Холодильник	2	0,3	0,6	8760	1576,8	
			Микроволновая печь	1	3	0,5	1968	2952	
			Электроплита	1	8	0,6	1968	9446,4	
			Электрочайник	1	2,42	0,5	1968	2381,28	

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

1		Комната коменданта	Электрорадиатор	1	2	0,6	1584	19008	
			Электрочайник	1	2,42	0,5	1584	1916,64	
1		Вахта	Электрочайник	1	2,42	0,2	4500	2178	
			Телевизор	1	0,74	0,8	128	75,77	
1		Гардероб	-						
1		Кабинет электриков	Электрочайник	1	2,43	0,5	1968	2381,28	
			Холодильник	1	0,3	0,6	8760	1576,8	
			Радиоприемник	1	0,4	0,2	1584	126,72	
1		Бойлерная	-						
1		Мастерская	-						
1	В-09	Лаборатория газовой сварки и литейных процессов	ОERLIKON аппарат сварки под шлюзом (ПВ=100%)	1	125	0,5	128	8000	
			Сварочный аппарат ВДН- 550(ПВ=40%)	1	30,9	0,5	128	1250,74	
			Шлифовальный станок наждак	1	1,1	0,35	132	50,82	
			Сушилка сварочных электродов (ПВ=100%)	1	1,5	0,75	128	144	
			Вытяжная вентиляция	10	11	0,9	904	8949,6	
1	06	Подсобное помещение	-						
1	F	Заготовитель ное отделение	Листовые ножницы для резки метала	1	19,5	0,12	128	299,52	
			Фрезерно-отрезной станок	1	4	0,12	128	61,44	
			Машина для гибки труб	1	1,1	0,12	128	16,896	
			Электроталь 1,5т (ПВ=25%)	1	1,6	0,3	128	30,72	
			Шлифовальный станок наждак	1	1,1	0,35	128	49,28	
			Вертикально-сверлильный станок	1	0,27	0,14	128	4,83	
1	Е-07	Лаборатория	Шлифовальный станок наждак	1	1,1	0,35	128	49,28	
			Место программирования	1	20,2	0,2	128	517,12	
			Сварочный аппарат ВДН-550 (ПВ=40%)	4	123,6	0,5	128	500,29	
			Отсасывающий стол с вентилятором	1	18,7	0,9	904	15211,32	
			Компьютер	1	0,74	0,8	1584	937,728	

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

1	D-08A	Лаборатория ручной дуговой и механизированной сварки	-						
		Шлифовальная мастерская	Шлифовальный станок наждак	2	2,2	0,35	128	98,56	
			Универсальный гидравлический пресс цеховой	1	3	0,6	128	230,4	
			Сушка сварочных электродов (ПВ=100%)	1	1,5	0,75	128	144	
		Сварочный выпрямитель GLT501 (ПВ=50%)	Сварочный трансформатор ТРМ401 (ПВ=40%)	5	167,5	0,5	128	7580,18	
			Сварочный аппарат ВДН-550 (ПВ=40%)	5	225	0,3	128	5464,42	
			Сварочный аппарат ВДН-550 (ПВ=40%)	1	30,9	0,5	128	1250,7	
			Сварочный аппарат 550jPULS (ПВ=40%)	1	30,9	0,05	128	1250,7	
			Установка для отсоса дымовых газов	10	80	0,9	904	65088	
		1	02	Вентиляционная камера					
1	01	Вентиляционная камера	Вентиляторы	4+1	6+0,55	00,9	904	5329,08	
1	04	Учебный класс сварки							
1	166	Лаборатория технической диагностики и экспертиза	Телефон-факс	1	0,3	0,2	1548	232,2	
1		Без названия	Компьютер	2	1,48	0,8	1584	1875,456	
			Принтер (лазерный)	1	0,55	0,3	1584	261,36	
			Электрочайник	1	2,42	0,2	1584	766,656	
1		Подсобное помещение	-						
1		Коридор + холл	-						
1		Туалет	-						
Итого				129	2360,51			218089,6	

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

2	201	Препараторская	-							
2	202	Без названия	-							пустует
2	203	Лаборатория	Сушильный шкаф	1	2	0.3	128	76.8		
			Спектрофотометр СФ-26	1	0.3	0.3	128	11.52		
			Весы аналитические	1	0.008	0.3	128	1.024		
			Поляриметр круговой СМ-3	1	0.255	0.3	128	9.792		
			Перемешивающее устройство 6410М	1	0.3	0.3	128	11.52		
			Холодильник	1	0.3	0.6	8760	1576.8		
			Плитка электрическая	12	12	0.3	128	460.8		
2	204	Лаборатория	Сушильный шкаф	1	2	0.3	160	96	не подключен	
2	205	Препараторская	Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728		
			Принтер лазерный	1	0.55	0.3	1584	261.36		
			Аппарат копировальный	1	0.55	0.2	1584	174.24		
			Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656		
			Электрорадиатор	1	1.5	0.6	904	813.6		
2	206	Лаборатория	Хроматограф	1	3.2	0.3	160	153.6		
			Аудиомагнитофон	1	0.1	0.4	1584	63.36		
			Спектрофотометр СФ-26ХЛ4.2	1	0.3	0.3	160	14.4		
			Иономер лабораторный И-160М	1	0.005	0.3	160	0.24		
			Милливольтметр ТМ-31	1	0.005	0.3	160	0.24		
			РН-метр РР-121	2	0.005	0.3	160	0.24		
			Магнитная мешалка	1	0.005	0.3	160	0.48		
			Фотометр КФК-3	1	0.005	0.3	160	0.24		
			Фурье-спектрометр ФСМ 120(компьютер,принтер)	1	1.5	0.3	160	72		
Иономер И-160М	1	0.005	0.3	160	0.24					
2	207	Лаборатория "Аналитическая химия"	Печь муфельная ПМ-8	1	2.4	0.3	160	115.2		
			Шкаф сушильный	1	2	0.3	160	96		
			Дистиллятор воды	1	0.38	0.3	160	18.24		
			Плитка электрическая	1	1	0.3	160	48		
			Встряхиватель	1	0.3	0.3	160	14.4		
			Весы аналитические ВЛР-200	1	0.008	0.3	160	0.384		
2	208	Лекционная	-							
2	209	Лаборатория	-							

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

2	209	Лаборатория	-						
2	210	Деканат химико- биологичес- кого факультета заочного обучения	Компьютер	2	1.48	0.8	1584	1875.456	
			Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
			Аппарат копировальный	1	0.55	0.2	1584	174.24	
			Принтер лазерный	1	0.55	0.3	1584	261.36	
2	210а, 212	Декан химико- биологичес- кого факультета	Принтер лазерный	1	0.55	0.3		261.36	
			Холодильник	1	0.3	0.6	8760	1576.8	
			Электрорадиатор	1	2	0.6	904	1084.8	
			Копировальный аппарат	1	0.55	0.2	1584	174.24	
			Телефон-Факс	2	0.6	0,2	1584	190.08	
			Компьютер	2	1.48	0.8	1584	937.728	
2	211	кабинет зав.кафедрой “Общая и неорганичес- кая химия”	Принтер лазерный	1	0.55	0.3	1584	261.36	
			Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
			Электрорадиатор	1	1.5	0.6	904	813.6	
2	213/3	Кафедра химии	Аппарат копировальный	1	0.55	0.2	1584	174.24	
			Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Аудиосистемау	1	0.1	0.4	1584	63.36	
			Принтер лазерный)	1	0.55	0.3	1584	261.36	
			-						
2	214	Лекционная	Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
2	216	Лаборатория	Печь СВЧ	1	3	0.2	1584	950.4	
			-						
2	217	Лекционная	Холодильник	1	0.3	0.6	8760	1576.8	
2	218	Лаборатория	Сушильный Шкаф	1	2	0.3	160	96	
			Вытяжная Вентиляция	1	0.7	0.3	160	33.6	
			Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
2	222	Зав. лаб кафедры химии	-						
2	224	Студ. клуб	-						
2	-	Туалет	-						
2	-	Коридор	-						
Итого				67	61.871			20566,24	

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

3	301	Автономная некоммер- ческая организация	Компьютер	5	3.7	0.8	1584	4688.64	
			Принтер Лазерный	1	0.55	0.3	1584	261.36	
			Кондиционер	1	1.5	0.7	704	739.2	
			Холодильник	1	0.3	0.6	8760	1576.8	
			Телефон-Факс	1	0.3	0.2	1584	95.04	
3	302	Кабинет доктора технических наук	Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Принтер лазерный	1	0.55	0.3	1584	261.36	
3	303	Автономная некоммер- ческая организация	Компьютер	10	7.4	0.8	1584	9377.28	
			Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
			Микроволновая Печь	1	3	0.2	1584	950.4	
			Копировальный Аппарат	2	1.1	0.2	1584	348.48	
			Кондиционер	1	1.5	0.7	704	739.2	
3	304	Лекционная	-						
3	305	Кафедра "Пищевые технологии и товароведе- ние производст- венных товаров"	Компьютер	2	1.48	0.8	1584	1875.456	
			Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
			Холодильник	1	0.3	0.6	8760	1576.8	
3	306	лекционная	-						
3	307	Лекционная	-						
3	308	Лаборатория товароведе- ния и экспертиз товаров	Шкаф сушильный	1	12	0.3	128	460.8	
			Печь сушильная ПСЛ 1-180	1	0.85	0.3	128	32.64	
			Измеритель деформации ИДК-3М	1	0.02	0.3	128	0.768	
			Весы НЛ-400	1	0.008	0.3	128	0.003	
3	309	Лаборатория пищевых технологий	Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
			Электрорадиатор	1	2	0.6	904	1084.8	
3	310	Лаборатория технологии и экспертизы товаров, лек- ционная	-						
3	312	Лекционная	-						
3	313	Лекционная	-						
3	314	Лекционная	-						

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

3	315	Лекционная	-						
3	316	Д.к.н., профессор	Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Принтер лазерный	1	0.55	0.3	1584	261.36	
3	317	Помещение кафедры	Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Обогреватель	1	2	0.6	904	1084.8	
			Настольная лампа	1	0.06	0.2	1584	19.008	
			Весы аналитические ВЛКТ 500	1	0.009	0.3	160	0.432	
			Печь муфельная	1	2.4	0.3	160	115.2	
			Хроматограф ЛХМ	1	3.2	0.3	160	6.48	
3	318	Препараторская	Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
3	320	Лаборатория	Потенциостат П-5827М	1	0.6	0.3	160	28.8	
			Перемешивающее устройство WU-4	1	0.1	0.3	160	4.8	
			Термостат УТУ-4	4	4.8	0.3	160	23.04	
			Фотоэлектрокалориметр	1	1.9	0.3	160	91.2	
			Кондуктометр	1	0.01	0.3	160	0.48	
			Весы электронные	1	0.008	0.3	160	0.384	
			Электромагнитная мешалка с нагревателем	1	0.01	0.3	160	0.48	
			РН-метр-иономер	3	0.015	0.3	160	0.72	
			Плитка электрическая	2	2	0.3	160	96	
			Вольтметр	2	0.01	0.3	160	0.48	
			Весы электронные METTLER A750	1	0.009	0.3	160	0.432	
Шкаф сушильный WS 31	1	2	0.3	160	1084.8				
			Вакуумный насос	1	0.37	0.3	160	17.76	
3	322	Подсобное помещение	-						
3	-	Туалет	-						
3	-	Коридор	-						
Итого			-	66	68.509			32785,491	
4	401	Кафедра ОТП	-						
4	401a	Кафедра ОТП	Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Принтер лазерный	1	0.55	0.3	1584	261.36	

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

4	4016	Кафедра ОТП	Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Принтер лазерный	2	1.1	0.3	1584	522.72	
			Сканер	1	0.22	0.2	1584	69.696	
			Телевизор	1	0.45	0.8	1584	570.24	нераб оч. сост.
4	402	Лаборатория	электропечь МП20М	1	1.2	0.3	128	46.08	
			Машина разрывная РПМ50	1	0.4	0.3	128	15.36	нераб оч. сост.
			Установка рентгеновская РУП 150	1	0.4	0.3	128	15.36	
			Установка для магнитного порошкового контроля ПМД 70	1	0.3	0.3	128	11.52	
			Твердомер ТК14	1	0.25	0.3	128	9.6	
			Дефектоскоп рентгеновский МИРА 2Д	1	0.2	0.3	128	7.68	не испол зуют на высок ой сторо не
4	403	Лаборатория	Установка вакуумная ВУП 4	1	0.5	0.3	128	19.2	
			Электропечь СНВЭ	1	16	0.3	128	614.4	
			Машина конденсаторная	1	0.8	0.3	128	30.72	
			Машина разрывная ПМ 500	1	0.4	0.3	128	15.36	
			Генератор высокочастотный ВЧГ 4	1	16	0.3	128	614.4	нераб оч. сост.
			Печи СНОЛ	6	9.6	0.3	128	368.64	
			Насос вакуумный 2НВР 5Д	1	0.3	0.3	128	11.52	
			Установка ультразвуковая	1	0.4	0.3	128	15.36	
			Установка для высокотемпературной пайки	1	1.5	0.3	128	57.6	
			Электропечь муфельная МП 2УМ	1	1.2	0.3	128	46.08	
			Микроскоп световой	1	0.5	0.3	128	19.2	
			Установка светолучевая	1	1	0.3	128	38.4	

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

4	404	Лаборатория	Установка вольт-амперметр	1	0.2	0.3	128	7.68	
			электронно-лучевая установка ЭЛУ А306-13	1	16	0.3	128	614.4	не испол зуют на высок ой сторо не
			робот ТУР 10	1	10	0.3	128	384	нераб оч. сост.
			Искатель	1	0.25	0.3	128	9.6	
4	405	Кабинет зав. лаб. кафедры ОТП	Холодильник	1	0.15	0.6	8760	788.4	
			Электросамовар	1	0.6	0.2	1584	190.08	
			Настольная лампа	1	0.06	0.2	1584	19.008	
			Приемник (СССР)	1	0.4	0.2	1584	126.72	
4	406	Методиче- ский кабинет и аспирантская	Сканер	1	0.22	0.2	1584	69.696	
			Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Холодильник	1	0.3	0.6	8760	1576.8	
			Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
4	407	Помещение кафедры	Настольная лампа	1	0.15	0.2	1584	262.8	
			Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Принтер лазерный	1	0.55	0.3	1584	261.36	
			Копировальный аппарат	1	0.55	0.2	1584	174.24	
			Телефон-факс	1	0.3	0.2	1584	95.04	
			Печь СВЧ	1	3	0.2	1584	950.4	
4	408	Компьютерн ый класс. Кабинет курсового и дипломного проектиро- вания	Компьютер	7	5.18	0.8	1584	6564.096	Два - нераб оч. сост.
			-						
4	409	Лекционная	-						
4	410	Лаборатория	Вентиляция вытяжная	1	0.7	0.3	128	26.88	
			Установка хроматографическая	1	2.2	0.3	128	84.48	
			Печь сушильная КВС G- 100/250	3	37.5	0.3	128	1440	

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

			Стенд лабораторный	1	3.6	0.3	128	138.24	
			Электродуховка	1	1.2	0.3	128	46.08	
4	411	Учебная лаборатория	Компьютер	6	4.44	0.8	1584	5626.368	
			Телевизор	1	0.45	0.8	1584	570.24	
			DVD-плеер	1	0.4	0.4	1584	253.44	
4	412	Преподавательская	Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
4	413	Секретарь кафедры. Аспирантская	Сканер	1	0.22	0.2	1584	69.696	
			Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Принтер лазерный	1	0.55	0.3	1584	261.36	
			Шкаф коммутационный	1	1.5	0.8	1584	1900.8	
4	413а	Вычислительный центр	-						
4	414	Учебная лаборатория, лекционная	Установки ДМ-36	1	0.4	0.3	128	15.36	
			ДМ-40	1	0.4	0.3	128	15.36	
			ДМ-28М	1	0.4	0.3	128	15.36	
			ДМ-5К	2	0.8	0.3	128	30.72	
			ДМ-4К	1	0.4	0.3	128	15.36	
4	414а	Учебная лаборатория	-						
4	415	Архив, мастерская	-						
4	416	Зав. лаб. кафедры МАХП	Лампа настольная	1	0.06	0.2	1584	19.008	
			Аппарат копировальный	1	0.55	0.2	1584	174.24	
4	417	Лекционная	-						
4	420	Преподавательская	Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Аппарат копировальный	1	0.55	0.2	1584	174.24	
4	421	Лаборатория	дистиллятор воды	1	0.38	0.3	128	14.592	
			вытяжная вентиляция	1	0.7	0.3	128	26.88	
4	423	Зав. кафедрой МАХП	Компьютер	1	0.74	0.8	1584	937.728	
			Электрочайник	1	2.42	0.2	1584	766.656	
			Холодильник	1	0.3	0.6	8760	1576.8	
4	-	Туалет	-						
4	-	Коридор	-						
Итого				89	164.54			38538,77	
Итого по зданию				351	2655.43			309980,10	

Приложение Г

Обследование системы освещения учебного корпуса

Таблица Г.1 - Обследование системы освещения

№ помещения	Назначение	Площадь помещения, м ²	Цвет, материал стен помещения	Кол-во светильников, шт.	Кол-во ламп		Суммарная мощность		Марка и тип светильника/типа ламп
					Всего, шт.	Работающих, шт.	Руст, кВт	Фактически потребляемая, кВт	
Этаж 1									
102	Лаборатория технической диагностики и экспертиза	24,67	Светло-желтый, водозмульсионная краска	3	6	6	0,24	0,24	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
104	Лаборатория сварки и плавнения	42,20	Светло-желтый, водозмульсионная краска + железо	6	12	12	0,48	0,48	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
104a	Лаборатория контактной сварки	157,1	Светло-желтый, водозмульсионная краска + железо	16+1	34	30	1,36	1,2	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
107	Лаборатория	20,67	Светло-желтый, водозмульсионная краска	4	8	2	0,32	0,08	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
108	Центр аттестации сварочного оборудования	26,4	Светло-желтый, водозмульсионная краска	2	4	4	0,16	0,16	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
109	Лаборатория газовой сварки и литейных процессов	41,82	Светло-желтый, водозмульсионная краска + железо	6	12	12	0,48	0,48	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

110	Лаборатория механической обработки	41,09	Светло-синий, водоземлюсионная краска	6	12	12	0,48	0,48	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
113	Лаборатория	174,1	Светло-желтый, водоземлюсионная краска	18	36	36	1,44	1,44	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
115	Лекционная аудитория	242,1	Светло-желтый, водоземлюсионная краска	44	88	88	3,52	3,52	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
	Холл возле кабинета 115	98,28	Светло-синий, водоземлюсионная краска	8	16	14	0,64	0,56	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
	Буфет	41,22	Светло-синий, водоземлюсионная краска	4	8	8	0,32	0,32	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
118	Кабинет коменданта	20,91	Светло-синий, водоземлюсионная краска	2	4	4	0,16	0,16	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
	Вахта	12,02	Светло-синий, водоземлюсионная краска	2	4	4	0,16	0,16	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
	Гардероб	33,89	Светло-синий, водоземлюсионная краска	3	6	5	0,24	0,2	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
116	Кабинет электриков	20,43	Светло-желтый, водоземлюсионная краска	4	8	8	0,32	0,32	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
	Бойлерная	18,41	Светло-синий, водоземлюсионная краска	1	1	1	0,08	0,08	ЛН-75

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

В-09	Лаборатория газовой сварки и литейных процессов	156,6	Светло-желтый, водоэмульсионная краска + железо	18	36	30	1,44	1,2	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
06	Подсобное помещение	13,03	Светло-желтый, водоэмульсионная краска	3	6	5	0,24	0,2	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
F	Заготовительное отделение		Светло-желтый+железо, водоэмульсионная краска	11	22	20	0,88	0,8	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
E-07	Лаборатория	156,6	Светло-желтый, водоэмульсионная краска	15	30	27	1,2	1,08	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
D-08A	Лаборатория ручной дуговой и механизированной сварки	156,6	Светло-желтый, водоэмульсионная краска	15	30	28	1,2	1,12	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
	Шлифовальная мастерская		Светло-желтый, водоэмульсионная краска	4	8	6	0,32	0,24	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
02	Вентиляционная камера	71,85	Белый, водоэмульсионная краска	2	2	2	0,15	0,15	ЛН-75
01	Вентиляционная камера		Белый, водоэмульсионная краска	2	2	2	0,15	0,15	ЛН-75
04	Учебный класс «сварка»	19,34	Светло-желтые, водоэмульсионная краска	8	16	14	0,64	0,56	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
	Коридор +холл		Светло-синий, масляная краска	13	13	12	0,52	0,48	ЛПО-1x40/ЛБ-40, ЛД-40

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

	Туалет		Белый , водоэмульсионная краска	3	3	2	0,225	0,15	ЛН-75
	Мастерская		Светло желтый, водоэмульсионная краска	1	2	2	0,08	0,08	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
166	Лаборатория технической диагностики и экспертиза	27,42	Светло желтый, водоэмульсионная краска	3	6	6	0,24	0,24	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
	Подсобное помещение		Светло- желтый, водоэмульсионная краска	1	1	1	0,04	0,04	ЛПО-1x40/ЛБ-40, ЛД-40
<i>Итого по 1-му этажу</i>				230	437	398	17,725	16,13	
Этаж 2									
201	Препараторская	18.64	Светло- зеленая, водо- эмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
202	Помещение (пустует)	19.34	Светло- зеленая, водо- эмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
203	Лаборатория	64.05	Светло- зеленая, водо- эмульсионная краска	12	24	24	0.96	0.96	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
204	Лаборатория	18.24	Светло- зеленая, водо- эмульсионная краска	6	12	12	0.48	0.48	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
205	Препараторская	20.43	Светло- зеленая, водо- эмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
206	Лаборатория	45.15	Светло- зеленая, водо- эмульсионная краска	9	18	18	0.72	0.72	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

207	Лаборатория	60.67	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	12	24	24	0.96	0.96	ЛПО-2x40/ЛБ-40,ЛД-40
208	Лекционная	41.05	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	6	12	12	0.48	0.48	ЛПО-2x40/ЛБ-40,ЛД-40
209	Лаборатория	22.92	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	6	12	12	0.48	0.48	ЛПО-2x40/ЛБ-40,ЛД-40
210	Деканат химико-биологического факультета заочного обучения	21.03	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2x40/ЛБ-40,ЛД-40
210а,2 12	Декан химико-биологического факультета	41.34	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	6	12	12	0.48	0.48	ЛПО-2x40/ЛБ-40,ЛД-40
211	Кабинет зав. кафедрой “Общая и неорганическая химия”	40.45	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	6	12	10	0.48	0.40	ЛПО-2x40/ЛБ-40,ЛД-40
213/3	Кафедра химии	82.64	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	12	24	24	0.96	0.96	ЛПО-2x40/ЛБ-40,ЛД-40
214	Лекционная	62.92	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	12	24	21	0.96	0.84	ЛПО-2x40/ЛБ-40,ЛД-40
216	Лаборатория	21.03	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2x40/ЛБ-40,ЛД-40

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

217	Лекционная	56.17	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	8	16	16	0.64	0.64	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
218	Лаборатория	64.62	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	12	24	23	0.96	0.92	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
222	Зав. лаб кафедры химии	21.03	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
224	Студ. клуб	19.84	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
	Туалет	20.6	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	3	3	3	0.23	0.23	ЛН-75
	Коридор + холл	217.67	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	17	17	17	0.68	0.68	ЛПО-1х40/ЛБ-40,ЛД-40
<i>Итого по 2-му этажу</i>				148	276	276	11.15	11.15	
Этаж 3									
301	Автономная некоммерческая организация	21.74	Светлые обои	2	4	4	0.16	0.16	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
302	Кабинет доктора технических наук	17.23	Светлые обои	2	4	4	0.16	0.16	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
303	Автономная некоммерческая организация	64.17	Светлые обои	20	40	32	1.6	1.28	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
304	Лекционная	56.05	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	8	16	16	0.64	0.64	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

305	Кафедра "Пищевые технологии и товароведение производствен- ных товаров"	20.37	Светло- зеленая, водо- эмульсион- ная краска	4	8	8	0.32	0.32	ЛПО-2x40/ЛБ- 40,ЛД-40
306	Лекционная	42.41	Светло- зеленая, водо- эмульсион- ная краска	6	12	10	0.48	0.40	ЛПО-2x40/ЛБ- 40,ЛД-40
307	Лекционная	60.71	Светло- зеленая, водо- эмульсион- ная краска	8	16	14	0.64	0.56	ЛПО-2x40/ЛБ- 40,ЛД-40
308	Лаборатория товароведения и экспертиз товаров	42.41	Светло- зеленая, водо- эмульсион- ная краска	6	12	12	0.48	0.48	ЛПО-2x40/ЛБ- 40,ЛД-40
309	Лаборатория пищевых технологий	63.44	Светло- зеленая, водо- эмульсион- ная краска	9	18	16	0.72	0.64	ЛПО-2x40/ЛБ- 40,ЛД-40
310	Лаборатория технологии и экспертизы товаров, лекцион- ная	42.41	Светло- зеленая, водо- эмульсион- ная краска	10	20	19	0.8	0.76	ЛПО-2x40/ЛБ- 40,ЛД-40
312	Лекционная	23.71	Светло- зеленая, водо- эмульсион- ная краска	6	12	12	0.48	0.48	ЛПО-2x40/ЛБ- 40,ЛД-40
313	Лекционная	83.56	Светло- бежевая, вод- оэмульсион- ная краска	10	20	18	0.8	0.72	ЛПО-2x40/ЛБ- 40,ЛД-40
314	Лекционная	16.77	Светло- зеленая, водо- эмульсион- ная краска	2	4	4	0.16	0.16	ЛПО-2x40/ЛБ- 40,ЛД-40

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

315	Лекционная	84.82	Светло-розовая, водоэмульсионная краска	10	20	20	0.8	0.8	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
316	Д.к.н., профессор	21.03	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
317	Помещение кафедры	19.04	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
318	Препараторская	20.67	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	3	6	6	0.24	0.24	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
320	Лаборатория	84.47	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	10	20	18	0.8	0.8	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
322	Подсобное помещение	19.84	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	3	6	5	0.24	0.2	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
-	Туалет	20.6	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	3	3	3	0.23	0.23	ЛН-75
-	коридор+холл	217.67	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	17	17	17	0.68	0.68	ЛПО-1х40/ЛБ-40,ЛД-40
Итого по 3-му этажу				145	270	261	10.91	10.55	
Этаж 4									
401	Кафедра ОТП	10.15	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	2	4	4	0.16	0.16	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

401a	Кафедра ОТП	22.04	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	3	6	5	0.24	0.2	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
401б	Кафедра ОТП	19.84	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	2	4	3	0.16	0.12	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
402	Лаборатория	61.24	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	6	12	10	0.48	0.4	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
403	Лаборатория	64.03	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	7	14	13	0.56	0.52	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
404	Лаборатория	42.41	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	4	8	7	0.32	0.28	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
405	Кабинет зав. лаб	41.82	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	2	2	2	0.15	0.15	ЛН-75
406	Методический кабинет и аспирантская	21.38	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	6	12	12	0.48	0.48	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
407	Помещение кафедры	18.41	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	2	4	4	0.16	0.16	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40
408	Компьютерный класс. Каинет курсового и дипломного проектирования	19.31	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	2	2	2	0.3	0.3	ЛН-150
409	Лекционная	63.09	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	6	12	11	0.48	0.44	ЛПО-2x40/ЛБ-40, ЛД-40

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

410	Лаборатория	105.3 2	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	10	20	20	0.8	0.8	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
411	Учебная лаборатория	20.67	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	2	4	4	0.16	0.16	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
412	Преподавательская	21.03	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	3	12	10	0.48	0.4	ЛПО-4х40/ЛБ-40,ЛД-40
413	Секретарь кафедры. Аспирантская	20.43	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	2	4	4	0.16	0.16	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
413а	Вычислительный центр кафедры	40.45	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	8	16	15	0.64	0.6	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
414	Учебная лаборатория, лекционная	42.77	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	8	16	13	0.64	0.52	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
414а	Учебная лаборатория	41.70	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	4	16	16	0.64	0.64	ЛПО-4х40/ЛБ-40,ЛД-40
415	Архив, мастерская	41.18	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	4	8	6	0.32	0.24	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
416	Зав.лаб. кафедры МАХП	20.07	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	2	4	3	0.16	0.12	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
417	Лекционная аудитория	84.16	Светло-зеленая, водо-эмульсионная краска	12	24	21	0.96	0.84	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40

Продолжение Приложения Г

Продолжение таблицы Г.1

420	Преподавательская	19.64	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	2	4	4	0.16	0.16	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
421	Лаборатория	44.43	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	4	8	7	0.32	0.28	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
423	Зав. Кафедры МАХП	17.46	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	2	4	4	0.16	0.16	ЛПО-2х40/ЛБ-40,ЛД-40
-	Туалет	20.6	Светло-зеленая, водоэмульсионная краска	3	3	3	0.23	0.23	ЛН-75
-	Коридор	174.16	Синяя, масляная краска	11	11	7	0.44	0.28	ЛПО-1х40/ЛБ-40,ЛД-40
<i>Итого по 4-му этажу</i>				119	233	201	9.76	8.44	
ИТОГО ПО ЗДАНИЮ				642	1216	1136	49,545	46,27	

Приложение Д

Результаты измерений освещенности учебного корпуса

Таблица Д.1 - Результаты измерений освещенности учебного корпуса

№ п/п	Номер помещения	Назначение помещения	Контрольные точки 12.00/19.00		Примечание
			Е ₁ , лк (рабочие столы, парты)	Е ₂ , лк (в средней части доски)	
1	104а	Лаборатория контактной сварки	236/228	220/185	
2	115	Лекц. аудитория	327/320	305/300	
3	Холл около 115		26		
4	211	Кабинет кафедры	252/248		
5	315	Лекц. аудитория	301/280	240/212	
6	417	Лекц. аудитория	248/242	204/183	
7	Коридор 3-го этажа		46		
8	Коридор 4-го этажа		21		30% не работает
9	Коридор 1-го этажа		32		20% не работает
10	Лестн. пролет (левое крыло)		40		20% не работает
11	Лестн. пролет (правое крыло)		33		

Приложение Е

Требования к освещению для офисных рабочих мест

Таблица Е.1 - Требования к освещению для офисных рабочих мест

	Тип площадей, задач или видов деятельности	E_m (lx)	U_0 ⁽¹⁾	UGR_L	R_a
Общие площади	Рекреационные зоны и коридоры (2)	100	0,40	28	40
	Лестницы (3)	100	0,40	25	40
	Лифты (4)	100	0,40	25	40
	Погрузочные рампы	150	0,40	25	40
Аудитории	Копирование и т. д.	300	0,40	19	80
	Письмо, набор текста, чтение и обработка (5)	500	0,60	19	80
	Техническое черчение	750	0,70	16	80
	Рабочие станции САД	500	0,60	19	80
	Конференц-залы (6)	500	0,60	19	80
	Холл	300	0,60	22	80
	Архивы	200	0,40	25	80
Поверхности	Стены (в офисе)	75	0,10	-	-
	Стены (в других помещениях)	50	0,10	-	-
	Потолок (в офисе)	50	0,10	-	-
	Потолок (в других помещениях)	25	0,10	-	-

⁽¹⁾ Равномерность освещенности: $U_0 = E_{\min} / E_m$.

⁽²⁾ Освещенность на уровне пола; R_a и UGR_L похожи на прилегающие зоны; освещение выходов и входа должно обеспечивать переходную зону, чтобы избежать внезапные изменения освещенности между днем и ночью.

⁽³⁾ Требуется усиленный контраст на ступеньках.

⁽⁴⁾ Уровень освещенности перед лифтом должен быть не менее $E_m = 200$ лк.

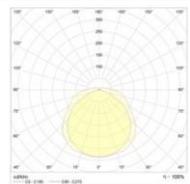
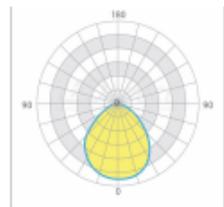
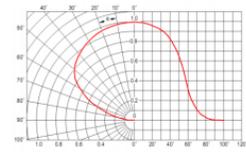
⁽⁵⁾ См. освещение рабочих станций с DSE.

⁽⁶⁾ Освещение должно быть управляемым.

Приложение Ж

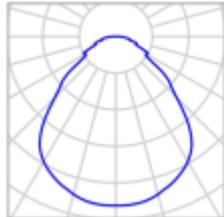
Характеристики ламп и светильников

Таблица Ж.1 - Сравнение светильников известных отечественных производителей, заменяющих светильники 2x36 (2x40)

Производитель / Модель	Цветовая температура, К	Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт	CRI	UGR	Цена, р	Коэффициент мощности (cos φ)	Энергоэффективность, лм/Вт	Изображение	Кривая силы света
Световые технологии LTX LED 1200	4000	3400	32	>80	< 19	5 775	>0,95	106		
Лед эффект ТИТАН LE-ССП-15-033-0648-40Д	4000	3700	33	>80	< 19	4550	>0,95	110		
Ледел L-school 55 Premium	4000	3800/ 5650	32/ 48	>80	< 19	6450	>0,95	118		

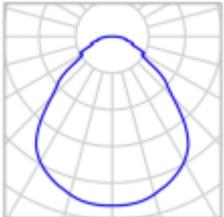
Продолжение Приложения Ж

Таблица Ж.2 - Характеристики ламп и светильников для учебных аудиторий и лабораторий

Свойства светильника		Изображение светильника	Фотометрические кривые
Длина, мм	1270		
Ширина, мм	190		
Высота, мм	85		
Оптическая эффективность	0,75		
CIE Flux Codes	66 99 100 100 75		
Свойства лампы	Обозначение	Люминесцентная лампа	LED линейная лампа
Длина, мм	l	1200	1500
Диаметр, мм	d	26 (T8)	26 (T8)
База		G13	G13
Номинальная мощность, Вт	P	72	48
Фактическая мощность (лампа + источник питания), Вт	P*	75	48
Световой поток, лм	Φ_l	4600	5650
Световая отдача, лм/Вт	η	75	118
Цветовая температура, К	T _к	4000	4000
Индекс цветопередачи	R _a	80	85

Продолжение Приложения Ж

Таблица Ж.3 - Свойства светильников и ламп, используемых в рекреационных зонах и коридорах

Свойства светильника		Изображение светильника	Фотометрические кривые
Длина, мм	596		
Ширина, мм	596		
Высота, мм	0		
Оптическая эффективность	0,68		
CIE Flux Codes	66 99 100 99 68		
Свойства лампы	Обозначение	Люминесцентная лампа	LED линейная лампа
Длина, мм	l	600	600
Диаметр, мм	d	26 (T8)	26 (T8)
База		G13	G13
Номинальная мощность, Вт	P	18	15
Фактическая мощность (лампа + источник питания), Вт	P*	23	15
Световой поток, лм	Φ_1	1350	1750
Световая эффективность, лм/Вт	η	66	110
Цветовая температура, К	T_K	4000	4000
Индекс цветопередачи	R_a	80	85

Приложение И

Сокращения, аббревиатуры, акронимы

CEN - фр. Comité Européen de Normalisation (европейская Организация по стандартизации);

DLCS - Daylight Linked Control Systems (системы управления дневным светом);

EnMS - energy management system;

EPBD - Energy Performance Building Directive (Директива по энергоэффективности зданий);

Greenpeace (Гринпис) - международная независимая неправительственная экологическая организация;

IAF - International Accreditation Forum (Международный форум по аккредитации);

IEC - International Electrotechnical Commission (Международная электротехническая комиссия);

ISO - International Organization for Standardization (Международная организация по стандартизации);

MS - Member States (государства-члены ЕС);

NZEB - Nearly Zero-Energy Buildings (почти нулевые энергетические здания);

TCFD - The FSB Task Force on Climate-related Financial Disclosures (Рабочая группа по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата, при Совете по финансовой стабильности);

ВИЭ - возобновляемые источники энергии;

ВМО - Всемирная метеорологическая организация;

ГИС - государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

ДВС - двигатель внутреннего сгорания;

ЕС - Европейский союз;

ИС - источник света;

ИТП — индивидуальный тепловой пункт;

МГЭИК - Межправительственная группа экспертов по изменению климата;
МКД — многоквартирный дом;
МЭА - Международное энергетическое агентство;
ООН - Организация Объединенных Наций;
ОП - осветительный прибор;
ОУ - осветительная установка;
РКИК ООН - Рамочная конвенция ООН об изменении климата;
СО₂ - углекислый газ;
Справочник НДТ - информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
СЭнМ - система энергетического менеджмента;
СЭнМ - системы энергетического менеджмента;
ТЭР - топливно-энергетические ресурсы