

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 энергоэффективности системы электроснабжения в
рамках капитального ремонта главного корпуса Тольяттинского
государственного университета

Студент

А.В. Неборак

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., А.Н. Черненко

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

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ состояния инженерных систем здания.....	5
1.1 Формирование плана предпроектного обследования	13
1.2 Источник питания	16
1.3 Вводно-распределительное устройство.....	19
1.4 Силовая распределительная сеть здания	22
1.5 Система освещения объекта	26
1.6 Информационные сети здания.....	29
1.7 Выводы по первому разделу	30
2 Разработка основных технических решений.....	32
2.1 Реконструкция системы освещения	34
2.2 Система аварийного освещения	53
2.3 Система автоматизации освещения	55
2.4 Выводы по второму разделу	63
3 Техничко-экономическое обоснование	65
3.1 Система рабочего освещения.....	66
3.2 Система автоматизации освещения	71
3.3 Выводы по третьему разделу	73
Заключение	75
Список используемых источников.....	79

Введение

Вся история существования государства Российского тесно сопряжена с процессом борьбы за национальное, экономическое и иные виды самоопределения. Наш народ, скинувший иго Золотой орды, победивший печенегов и немецко-фашистских захватчиков, не единожды оказывавшийся перед лицом смертельной опасности, сегодня вновь стоит на краю пропасти.

Но если раньше нам угрожали оружием, то сегодня змей-искуситель, имя которому – глобализация расправил свои поганые крылья над нашими полями и заводами, стараясь обречь народ русский на нищету и кредитное рабство. Для предотвращения такого исхода руководством нашего государства было принято решение об издании доктрины импортозамещения, которая позволит изжить нашу зависимость от иноземных захватчиков.

Необходимым условием успешного импортозамещения, не считая, конечно, политики протекционизма, является высокая конкурентоспособность отечественных предприятий. Для достижения же привлекательности российских товаров на рынке необходимо не только повысить качество их изготовления при одновременном снижении цены, но и привнести в существующие технические решения новинки, которые смогут привлечь широкого потребителя.

Ведение же подобных разработок является прерогативой высококвалифицированных кадров, выпускников высшей школы. В Самарской области находится достаточное количество высших учебных заведений. Большая их часть имеет солидный возраст, что, безусловно является залогом наличия крепкого преподавательского состава и сложившихся десятилетиями традиций. Однако, сильный износ строительного фонда вообще и инженерных систем – в частности, негативно сказывается на функционировании учебных заведений.

Не обошла подобная участь и Тольяттинский государственный университет – старейшее учебное заведение города Тольятти, зародившегося в 1951 году в качестве филиала Куйбышевского индустриального института. Ныне данный институт носит гордое название Тольяттинского Опорного государственного университета, а кампус разросся до небольшого студенческого городка, расположившегося в юго-западной части Центрального района города Тольятти.

Старейшее здание нынешнего университетского архитектурного ансамбля – главный корпус Тольяттинского государственного университета был сдан в эксплуатацию в 1961 году. С тех пор капитальный ремонт инженерных систем здания ни разу не производился, а текущий ограничивался локальными и аварийными операциями. Такая ситуация не могла не привести (и привела) к серьезному износу инженерных систем здания. В особенности пострадала система электроснабжения здания. Помимо сильного физического износа, приходится признать, что нормы энергетической эффективности, а также уровень технического развития за прошедшие годы шагнули далеко вперед. Это предоставляет службе Главного инженера ТГУ уникальную возможность не только обновить материальную часть системы электроснабжения здания, но и обеспечить применение технологий, снижающих потребление энергии и повышающих эргономичность корпуса.

Целью выпускной квалификационной работы магистра является повышение энергоэффективности системы электроснабжения в рамках капитального ремонта главного корпуса Тольяттинского государственного университета.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- Анализ состояния инженерных систем здания;
- Разработка основных технических решений;
- Технико-экономическое обоснование.

1 Анализ состояния инженерных систем здания

Здание главного корпуса Тольяттинского государственного университета расположено по адресу: город Тольятти, улица Белорусская, дом 14. Оно имеет асимметричную компоновку, два крыла, одно из которых обращено на север, другое – на восток. Западная оконечность крыла здания, обращенного на восток имеет пристройку. На первом этаже данной пристройки расположена библиотека Тольяттинского государственного университета, на втором – актовый зал, в котором проводится большая часть культурно значимых мероприятий университета.

В свою очередь, крыло, обращенное на север оборудовано пристройку в виде малого спортивного зала, который помимо своей основной функции уже сейчас нередко выполняет роль конференц-зала для абитуриентов и иных гостей ВУЗа.

На первом этаже корпуса располагаются помещения приемной комиссии и деканата, незначительное количество учебных аудиторий кафедры «Материаловедение», а также – буфет. Второй этаж здания имеет наиболее высокую презентационную значимость и полностью занят администрацией университета. Здесь же находится кабинет ректора ТГУ и помещения ученого совета ВУЗа.

Третий и четвертый этажи заняты лекционными аудиториями, кабинетами для практических занятий, лабораториями и помещениями кафедр, в числе которых: кафедра общей физики, высшей математики, а также - начертательной геометрии и черчения. Внешний вид фасада здания можно увидеть на рисунке 1.

Таким образом, главный корпус ТГУ является «сердцем» университета, выступая не только первостепенным административным зданием, в котором располагаются органы управления учебного заведения, но и выполняя роль учебного корпуса. Наличие в здании музея ТГУ, где собраны основные реликвии учебного заведения и актового зала, оснащенного по последнему

слову техники вполне объясняют тот факт, что здесь располагается приемная комиссия ТГУ, осуществляющая работу по привлечению и приему будущих студентов.



Рисунок 1 –Фасад главного корпуса ТГУ Тольятти

Главный корпус не имеет полноценного подвала. Его подземная часть, заглубленная в фундамент, ограничивается техническим приямок, в котором располагаются трубопроводы отопления, магистральные кабели и иные вспомогательные системы.

С технической точки зрения следует отметить, что здание выполнено из кирпича, имеет плоскую крышу, покрытую рубероидом и оборудованную водостоками. Такая конструкция является типовой для общественных зданий хрущевских времен.

На настоящий момент архитектурная часть здания, которая на протяжении всего срока эксплуатации подвергалась своевременному техническому обслуживанию, находится в удовлетворительном с точки

зрения изначального проекта состояния. Окна частично заменены на пластиковые, частично - по-прежнему имеют деревянные рамы.

Ситуация с инженерными сетями корпуса обстоит не столь радужно.

В связи с тем, что на протяжении всего срока эксплуатации инженерные сети ремонтировались исключительно в рамках текущих и аварийных ремонтных мероприятий, большая часть сетей электроснабжения на настоящий момент находятся в неудовлетворительном с точки зрения эргономичности эксплуатации и энергетической эффективности техническом состоянии. Если к энергетической эффективности в первую очередь апеллируют, когда речь идет об экономической стороне вопроса, то аспект эргономичности затрагивает помимо этого и вопросы безопасности.

Более подробно вышеозначенное можно пояснить так:

Удобство эксплуатации системы электроснабжения, под которым здесь понимается эргономичность системы, в первую очередь преследует цель повышения оперативности реагирования на возникающие в системе неполадки. Оно достигается грамотной прокладкой проводников и расположением оборудования, наличием достоверных планов расположения кабельных трасс, адекватно составленной электрической схемой. В случае с главным корпусом ТГУ приходится отметить, что в период эксплуатации фактическая актуализация рабочей документации по итогам выполнения текущих и аварийных ремонтов на протяжении уже более, чем 60 лет не производилась. Это повлекло за собой ситуацию, в которой определить реальное положение тех или иных кабельных трасс, точек подключения, тем более – их технические характеристики без личного обследования не представляется возможным.

В ходе изучения исходной информации об объекте выпускной квалификационной работы была проведена беседа с главным энергетиком ТГУ, в ходе которой выяснено, что в ближайшей перспективе планируется проведение капитального ремонта здания. Это значительно повышает актуальность исследований, касающихся как реального состояния

вышеозначенных инженерных систем здания, так и перспективных решений, позволяющих в будущем повысить энергетическую эффективность корпуса и обеспечить эргономичную среду как для его посетителей, так и для персонала, осуществляющего обслуживание здания.

При этом невозможно переоценить роль системы электроснабжения и электрического освещения объекта в нормальном функционировании здания. Грамотно спроектированная система не только обеспечит долговечность и надежность сети, но и позволит сэкономить сначала на своем монтаже, а затем - и эксплуатации.

Удобство монтажа достигается, например, использованием современных проводов из меди, которые помимо повышенной относительно алюминиевых гибкости и механической прочности также отличаются значительно большими сроками эксплуатации.

Стоит ли говорить, что важнейшим аспектом для сохранения Тольяттинским государственным университетом статуса опорного ВУЗа является грамотно выполненная система освещения. Причем если при оборудовании типовых офисных помещений достаточно просто обеспечить сотрудников ВУЗа достаточным количеством света для того, чтобы они могли достойно работать на благо родного университета не подвергаясь переутомлению, то с презентационным маршрутом и иными престижно-ориентированными сетями корпуса ситуация обстоит иначе. Здесь, помимо основного освещения, которое, как и вышеописанное, должно выполняться в соответствии с самыми высокими стандартами энергетической эффективности, выполняется также качественно продуманная системы декоративной подсветки, обеспечивающая выделение первостепенных элементов интерьера и затенение второстепенных.

По итогам беседы с главным энергетиком ТГУ были получены данные о текущем энергопотреблении корпуса, которые будут рассмотрены далее, а также – проект здания 1961-го года (шифр 13-61). Проект, в связи со значительным возрастом, по большей части утратил свою актуальность, а

изображенные в нем сети электроснабжения давно уже не имеют тех характеристик, которые имели ранее. Более того, помещения, обозначенные на плане здания, изменили свое функциональное назначение и конфигурацию. В качестве примера на рисунке 2 представлен фрагмент листа проекта (раздел ЭР)

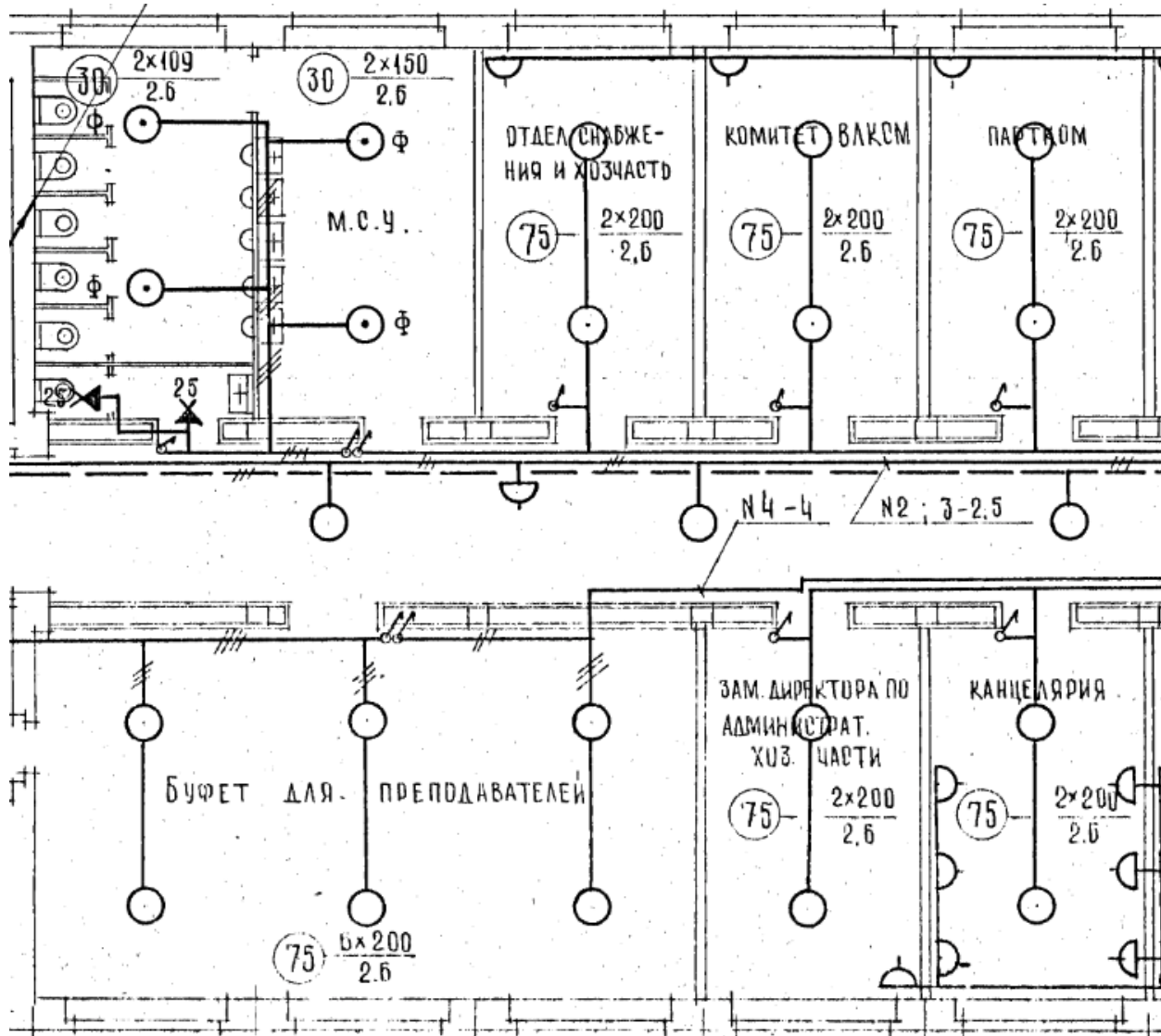


Рисунок 2 –Фрагмент листа ЭР-12 проекта главного корпуса ТГУ №13-61

Тем не менее, изучение рабочего проекта здания позволит получить ценнейшую информацию о расположении основных кабельных трасс, вентиляционных шахт и определить расположение помещения электрощитовой корпуса, точку ввода электрической энергии в здание.

Помимо рабочего проекта здания 1961-го года, главным энергетиком ТГУ также были предоставлены пожарные планы здания, отражающие актуальное расположение и конфигурацию помещений. Минусом данных планов является тот факт, что на них не отражено функциональное назначение тех, или иных помещений корпуса.

На основании вышеизложенного считается целесообразным произвести предпроектное обследование, которое позволит актуализировать имеющуюся информацию о главном корпусе ТГУ и создать плацдарм для дальнейших инженерных изысканий. Комплексное использование проекта 1961-го года и пожарных планов здания позволит в результате актуализации первого и дополнения последнего с последующим совмещением сформировать исходные чертежи для дальнейшей работы в направлении повышения энергетической эффективности и эргономичности системы электроснабжения Главного корпуса ТГУ.

Кроме того, по информации, полученной от главного энергетика ТГУ, с 2017-го года развернута активная подготовка к капитальному ремонту здания, которая не только обновит его внешний вид и интерьеры, а также изменит назначение многих помещений здания и самого здания. Службой Главного инженера ТГУ совместно с лучшими дизайнерами Института изобразительного и декоративно-прикладного искусства был утвержден эскизный проект, описывающий приблизительный облик здания после реконструкции. Данный проект, сочетает имеющиеся на настоящий момент пожелания заказчика, касающиеся внешнего вида здания, материалов отделки и философии внутреннего пространства, где современные отделочные материалы сочетаются с вариациями на основе камня и дерева.

Изображение фасада здания, разработанного в рамках реализации эскизного проекта, представлено на рисунке 3

В качестве основных недостатков, выделенных при составлении эскизного проекта выделены такие критерии, как:

- 1 Неактуальный внешний вид здания;

- 2 Низкая энергоэффективность и несоответствие другим современным нормам, принятым в строительстве;
- 3 Ветхость некоторых деталей фасада;



Рисунок 3 – Визуализация главного фасада корпуса

- 4 Неудовлетворительное состояние кровель и кровельных систем;
- 5 Большое количество случайных, ранее реализованных без проекта фрагментов сетей разного назначения.

В контексте выпускной квалификационной работы магистра особенно следует заострить внимание на втором и пятом пунктах данных претензий.

Низкая энергетическая эффективность корпуса обусловлена, в первую очередь, большой давностью его постройки. Те решения, которые на момент составления проекта считались новыми и прогрессивными на настоящий момент стали достоянием истории, что и привело к явному снижению энергетической эффективности здания в сравнении с современными стандартами, а если называть вещи своими именами, произошло скорее

обратное. В частности, произошел рост стандартов в сравнении с неизменной энергетической эффективностью.

Это, в совокупности с уже запланированным капитальным ремонтом здания, выдвигает задачу оперативной разработки решений по снижению энергопотребления строения.

В свою очередь, большое количество бессистемных, проведенных без внесения изменений в проектную документацию работ стало причиной того, что исходные планы здания с изображенными на них сетями полностью утратили свою актуальность, а электрические схемы с большим количеством нанесенных на скорую руку правок отличаются слабой удобочитаемостью. Пример подобного документа представлен на рисунке 4.

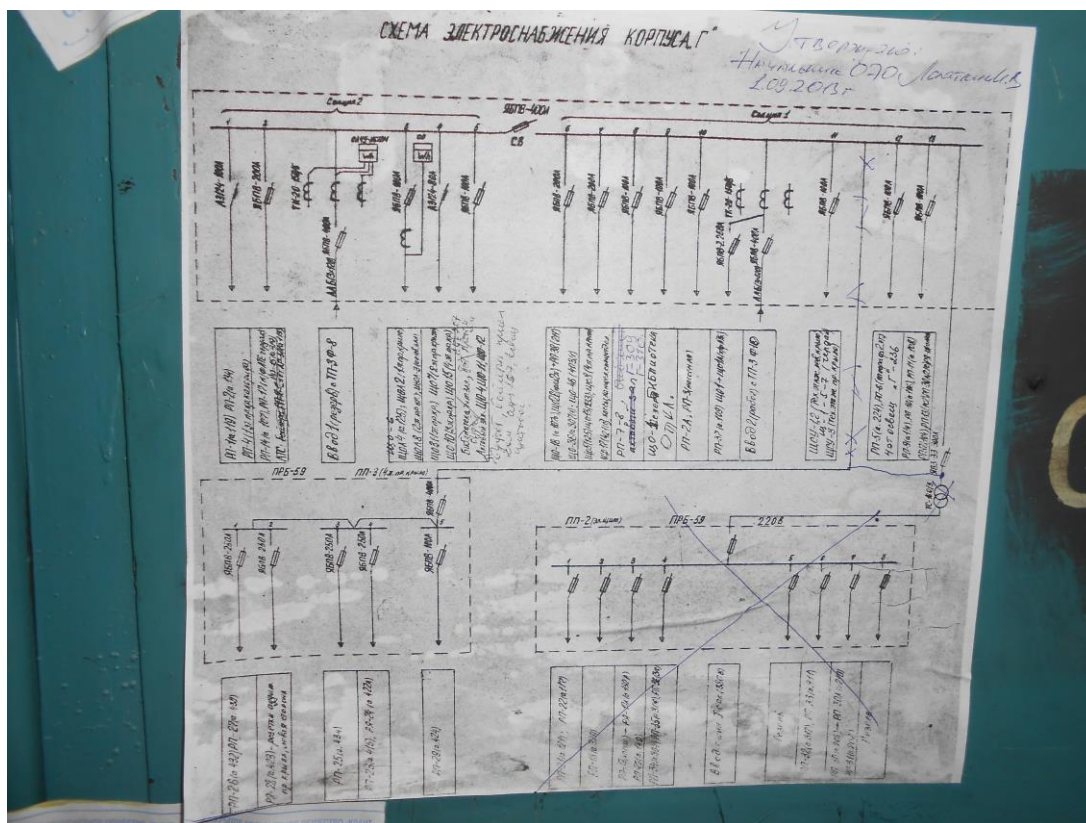


Рисунок 4 – Главная электрическая схема, размещенная в помещении электрощитовой главного корпуса

Выполнение жизнеспособного проекта на основе схем, подобных той, которая изображена на рисунке 4 не представляется возможным, что обуславливает необходимость предварить разработку решений по

повышению энергетической эффективности Главного корпуса ТГУ выполнением предпроектного обследования здания Главного корпуса ТГУ – вообще и системы электроснабжения этого здания – в частности.

Необходимо заранее оговориться, что предпроектное обследование, предусмотренное стандартом [4] будет проводиться в полном объеме, охватывая как все инженерные системы, так и архитектурную часть здания. Однако в контексте данной ВКР считается целесообразным остановиться только на той его части, которая охватывает исследование системы электроснабжения, освещения и сопутствующих аспектов, которые могут повлиять на особенности их функционирования.

1.1 Формирование плана предпроектного обследования

Предпроектное обследование является регламентированной процедурой, которая позволяет собрать необходимую для последующего формирования проекта информацию об объекте проектирования.

Сбор такой информации обеспечивает более полное понимание как проблематики рассматриваемого здания, так и, соответственно, перспектив улучшения его параметров.

В свою очередь, для того, чтобы быстро и качественно провести предпроектное обследование объекта необходимо определиться с направлениями, в которых предстоит работать. В число таких направлений должны войти только те аспекты, которые будут иметь принципиальную значимость в контексте последующей работы. В целях сбора предварительной информации и формулирования исходных данных, на основании которых будет строиться выпускная квалификационная работа, существует необходимость произвести предпроектное обследование главного корпуса Тольяттинского Опорного государственного университета.

Ход обследования регламентируется положениями, более подробно изложенными в следующих источниках:

– ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [4] – здесь описан общий регламент проведения обследования зданий и сооружений.

– МДС 13-20.2004 Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий [5] – Если в предыдущем источнике по большей части описаны основные требования к организации и проведению предпроектного обследования, позволяющие, с одной стороны, избежать сбора избыточной информации, а с другой – обеспечить ее точность и достоверность, то здесь уже изложена полноценная методика обследования инженерных сооружений, содержащая не только сухие выкладки, но и развернутые рекомендации по фактической работе.

– СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [9] – в данном документе описаны основополагающие нормы освещенности, соблюдение которых необходимо для обеспечения нормального функционирования здания в темное время суток, снижения утомляемости сотрудников и обеспечения максимальной эффективности освещения при минимальных затратах электрической энергии.

– СТО МГАТ 02.01.010 – 2013. Требования к составу, содержанию и правилам оформления результатов предпроектного обследования [10] – на этот источник будем опираться при оформлении результатов предпроектного обследования, так как изложенный в нем порядок наиболее удобен в рамках предполагаемых изысканий.

– ПУЭ 7, в частности, главы 7.1.48 – 7.1.54 [7] – определяют правила внутреннего электрооборудования зданий и сооружений.

Таким образом, определены основные источники информации, описывающие проведение предпроектного обследования, оформление его результатов, а также - устанавливающие нормы, в соответствии с которыми эти результаты будут оценены.

Как уже было сказано, охват всего объема инженерных изысканий, подразумеваемых предпроектным обследованием в рамках подготовки к

выполнению ВКР магистра, рассматривающей только определенную часть инженерных систем, нецелесообразен, произведем определение тех аспектов предпроектного обследования, которые необходимо будет произвести в данному конкретном случае.

В частности, речь пойдет о системах электроснабжения, питаемой от нее системе освещения и некоторых видах смежных системы, таких, как система вентиляции и слаботочные сети.

Итак, целью обследования является предварительное (визуальное) определение фактического технического состояния инженерных сетей и разработка рекомендаций для устранения выявленных дефектов и последующей корректировки проектной и рабочей документации по объекту «Главный корпус Тольяттинского государственного университета».

В рамках обследования будет произведено рассмотрение следующих элементов конструкции инженерных сетей корпуса:

- Источник питания – в рамках данного пункта необходимо рассмотреть также и сети внешнего электроснабжения корпуса
- Вводно-распределительное устройство – в частности, наполнение помещения электрощитовой
- Силовая распределительная сеть
- Система освещения
- Информационные сети

В процессе проведения обследования производится фотофиксация фактического состояния объекта для последующего отражения в пояснительной записке. Это позволит более полно представить, объем работ, который придется выполнить в рамках капитального ремонта здания и, как следствие, определить перспективы интеграции новых энергоэффективных и эргономичных решений в соответствующие инженерные системы.

Таким образом, объем систем, исследуемых при выполнении предпроектного обследования здания главного корпуса Тольяттинского государственного университета определен.

В рамках предпроектного обследования считается целесообразным произвести документальное, визуальное и инструментальное обследование рассматриваемых систем здания. Такой подход обеспечивает наиболее качественный набор исходных данных.

Таким образом, предпроектное обследование проводится в три этапа. На начальном этапе путем документального обследования обеспечивается первичное знакомство со зданием и намечается основной маршрут следования при проведении инструментального обследования.

На следующем этапе осуществляется выход на объект и визуальное оценивается его техническое состояние. Уточняются критерии, которые необходимо измерять инструментально.

Финальным этапом непосредственного исследования является работа с специальным инструментом, который позволит подробно измерять отдельные аспекты функционирования рассматриваемых систем, такие, например, как освещенность помещений, или параметры работы вводно-распределительного устройства.

Произведем визуальное и документальное обследование главного корпуса с целью получения интересующей нас информации и выявления перспектив повышения энергоэффективности и эргономичности его систем электроснабжения и освещения.

1.2 Источник питания

В ходе опроса специалистов службы главного энергетика Тольяттинского государственного университета установлено местонахождение и принадлежность источника питания главного корпуса ТГУ. Кроме того, получены данные об энергопотреблении корпуса в течение 1-го квартала 2019 года, что может в дальнейшем послужить отправной точкой для выполнения технико-экономического обоснования. Данные энергопотребления представлены в таблице 1

Таблица 1 – Энергопотребление главного корпуса ТГУ

Период	Энергопотребление, кВт·ч
Январь 2019 года	41472,00
Февраль 2019 года	48538,00
Март 2019 года	35011,00
ИТОГО за 1-й квартал 2019 года	125021,00

Трансформаторная подстанция, питающая корпус, была построена в 1963-м году для электроснабжения построек тогда еще только планируемого образовательного комплекса. Ее внешний вид представлен на рисунке 5.

В соответствии с требованиями обслуживающей организации, рекомендациями, выдвинутыми в [25], при реконструкции ВРУ-2 счетчики, с помощью которых осуществлялся коммерческий учет электрической энергии были смонтированы в помещении трансформаторной подстанции. Это исключает доступ к ним заинтересованных лиц, что подчеркивается как способ предотвращения хищений электрической энергии в [17]. При этом счетчики, через которые ведется учет электроснабжения на ВРУ-1 по-прежнему находятся в электрощитовой главного корпуса.

Подключение вводно-распределительного устройства к шинам низкого напряжения трансформаторной подстанции выполнено следующим образом:

- Для ВРУ 1: от фидерных выключателей 2 и 8. Присоединение выполнено кабелем АСБ 2(3x150+1x50) длиной 158 м.
- Для ВРУ 2: от фидерных выключателей 5 и 13. Присоединение выполнено кабелем АСБл 2(4x150) длиной 160 м.

В соответствии с данными [23] и здравым смыслом, эксплуатация кабельной продукции, двукратно выработавшей свой эксплуатационный ресурс не только нецелесообразна, но и недопустима, так как увеличивает шанс возникновения аварийной ситуации. Это является крайне нежелательным в рамках обеспечения презентабельности главного корпуса ТГУ в лице гостей и абитуриентов ВУЗа.



Рисунок 5 – Основной источник питания главного корпуса ТГУ

В ходе изучения документации, предоставленной специалистами службы главного инженера ТГУ, выявлено, что данная трансформаторная подстанция с юридической точки зрения эксплуатируется ПАО «Самараэнерго». От нее подстанции осуществляется питание вводно-распределительных устройств.

Несмотря на общее устаревание имеющейся подстанции, возможности ее реконструкции для повышения энергетической эффективности нивелируются тем фактом, что она находится вне юрисдикции службы главного инженера ТГУ, находясь в подчинении другой обслуживающей организации. В связи с этим, в рамках данной ВКР возможность повышения энергетической эффективности подстанции рассматриваться не будет.

Далее произведем осмотр помещения электрощитовой, в которой располагаются устройства, первоначально обеспечивающие электропитание

систем здания и защиту их от перегрузок и коротких замыканий. В ней располагаются устройства, отвечающие за прием и распределение электрической энергии между системами здания.

1.3 Вводно-распределительное устройство

Процессия, сопровождаемая главным энергетиком Тольяттинского государственного университета, спустилась на первый этаж главного корпуса, чтобы оценить техническое состояние сердца системы электроснабжения здания – его электрощитовой. Выявлено, что вопреки обстоятельствам, препятствовавшим этому в этом помещении были установлены два вводно-распределительных устройства, которые далее сокращенно именуется ВРУ. Первое ВРУ, или – ВРУ-1 является классическим вариантом вводного модуля, которые широко были распространены на просторах советской земли еще до тех пор, пока она не оказалась под игом глобализации. Толстая сталь корпуса в сочетании с высокой надежностью электрооборудования полувековой давности не спасли устройство от печальной участи. Краска на его боках облупилась (рисунок б), кабели перепутались в ходе неумной эксплуатации, а разномастные автоматические выключатели, не раз заменявшиеся в ходе текущих и аварийных ремонтов, утратили былую надежность.

На фоне своего менее удачливого собрата гораздо более презентабельно смотрится второй ввод в здание. Он сверкает новой краской, весь его внешний вид так и кричит о новизне и современности. И действительно – всего несколько лет назад данное устройство было подвергнуто замене в ходе очередной частичной реконструкции системы электроснабжения, которые нередко потрясают основы ее тонкой организации.

Устройство состоит из ячеек ВРУ1-13-20 и ВРУ1-47-00, а также ВРУ1-17-70 с устройством АВР, а его фотографию можно увидеть на рисунке 7

Помимо описанного, в помещении также ютятся ящики типа ЯБПВ, предназначенные для питания отдельных силовых потребителей наподобие спортивного зала, архива библиотеки и кабинета ректора. Изображение таких ящичков можно разглядеть на рисунке 8.

Как можно увидеть на рисунке 8, «население» электрощитовой состоит вперемешку как из нового, так и из старого оборудования, оставшегося в эксплуатации еще со времен постройки корпуса.

В соответствии с [26], нахождение оборудования в подобном состоянии - недопустимо, а комплекс ВРУ-1 в целом нуждается в реконструкции, либо полной замене иным оборудованием.



Рисунок 6 – Вводно – распределительное устройство №1

Потребители подключены к ВРУ кабелями. Разводка магистральных линий выполняется через техподполье, через которое идет большая часть коммуникаций. Схема, приклеенная к дверце ВРУ-1 и уже предложенная вниманию уважаемой общественности ранее на рисунке 4, хоть и отражает,

вероятно, актуальное техническое состояние сети электроснабжения здания, является довольно потрепанной, а обозначения на ней – неоднозначны, нанесены без соблюдения современных норм и правил на внесение правок и вообще – неэстетичны.



Рисунок 7 – Вводно-распределительное устройство №2



Рисунок 8– Ящики силовые с рубильниками для отдельных помещений

Серьезная путаница проводов внутри ВРУ-1 наглядно доказывает, что перфекционизм не является отрицательной чертой человеческой личности (рисунок 9). Ремонт сети, проложенной таким образом, крайне проблематичен.



Рисунок 9 – Электрические соединения внутри ВРУ-1

1.4 Силовая распределительная сеть здания

Состояние силовой распределительной сети здания вызывает не меньший трепет, нежели ВРУ-1. Часть помещений уже были отремонтированы, либо оборудованы под более современные нужды в ходе текущих ремонтов и там проводка проложена в кабельных каналах. В других

помещениях такого ремонта не производилось и устаревшая алюминиевая проводка по прежнему покоится в стенных штробах.

В качестве проводников по большей части использованы алюминиевые провода и кабели за время почти 55-ти лет эксплуатации значительно выработавшие свой ресурс, из-за чего происходят периодические аварии. Такая ситуация является тем более неприятной в связи с тем, что нормируемый срок эксплуатации алюминиевой проводки составляет не более 20 лет, а их изоляции – не более 30-ти.

Групповые этажные щитки представляют из себя пестрый конгломерат технических решений, большинство из которых, однако, противоречит самому термину «безопасность» по причине отсутствия закрывающих крышек или неисправности защитных кожухов, как это изображено на рисунках 10 и 11. Это противоречит пункту 3.12 [6]

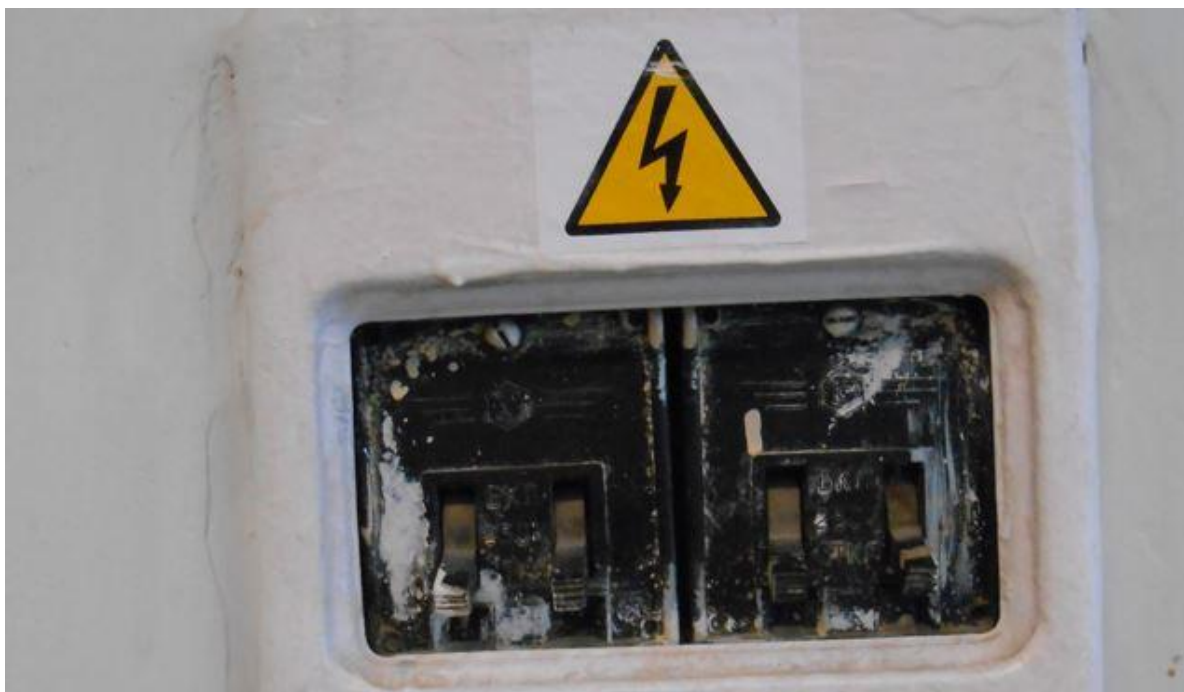


Рисунок 10 - Устаревший открытый групповой щиток



Рисунок 11– Современный открытый групповой щиток

Помимо вышеизложенного, в коридоре четвертого этажа главного корпуса было обнаружено загадочное распределительное устройство, от которого вот уже давно ничего не питается. В результате исторических изысканий было выявлено, что данное устройство некогда являлось основным источником питания лабораторий кафедры «Общая физика», однако после упразднения большей части лабораторий, осталось не у дел и теперь доживает свой срок в качестве немого памятника ушедшей эпохе. В соответствии с [8] данное оборудование нужно демонтировать, а в соответствии с практической жилкой – после демонтажа продать.

Внешний вид устройства представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Нефункциональное распределительное устройство

1.5 Система освещения объекта

Осмотр помещений главного корпуса Тольяттинского государственного университета выявил поразительное разнообразие различных приборов освещения, установленных в нем. Современные энергоэффективные решения, находящиеся, впрочем, в меньшинстве, соседствуют здесь с древними представителями осветительного оборудования, гостями из 1960-х годов, когда корпус был еще новым, недавно сданным в эксплуатацию зданием. К сожалению, время ни с кем не шутит шуток за исключением несмешных и люминесцентные светильники, когда-то являвшиеся образцом энергетической эффективности, успели устареть не только физически, но и морально.

Всего было выявлено более 10-ти типов светильников различных годов выпуска и установки, начиная с момента постройки корпуса и заканчивая относительно недавним периодом.

Как сказано в [16], использование устаревших светильников не только негативно сказывается на энергетической эффективности, но и снижает привлекательность здания в лице его посетителей, обеспечивая дурную славу университета в кругах блюстителей экологии, что недопустимо в условиях текущей мировой напряженности.

Рисунок 13 передает внешний вид устаревшего, потерявшего былой блеск светильника, срок активной эксплуатации которого насчитывает уже более 50 лет. Он был обнаружен в преподавательской кафедры «Материаловедение и механика материалов».

В свою очередь, светильник, установленный в приемной ректора ТГУ (рисунок 14) отличается оптимальной энергетической эффективностью и не оставляет сомнения в своей новизне.

Считается целесообразным не ограничиваться визуальным осмотром и произвести инструментальное обследование с замером освещенности помещений корпуса.

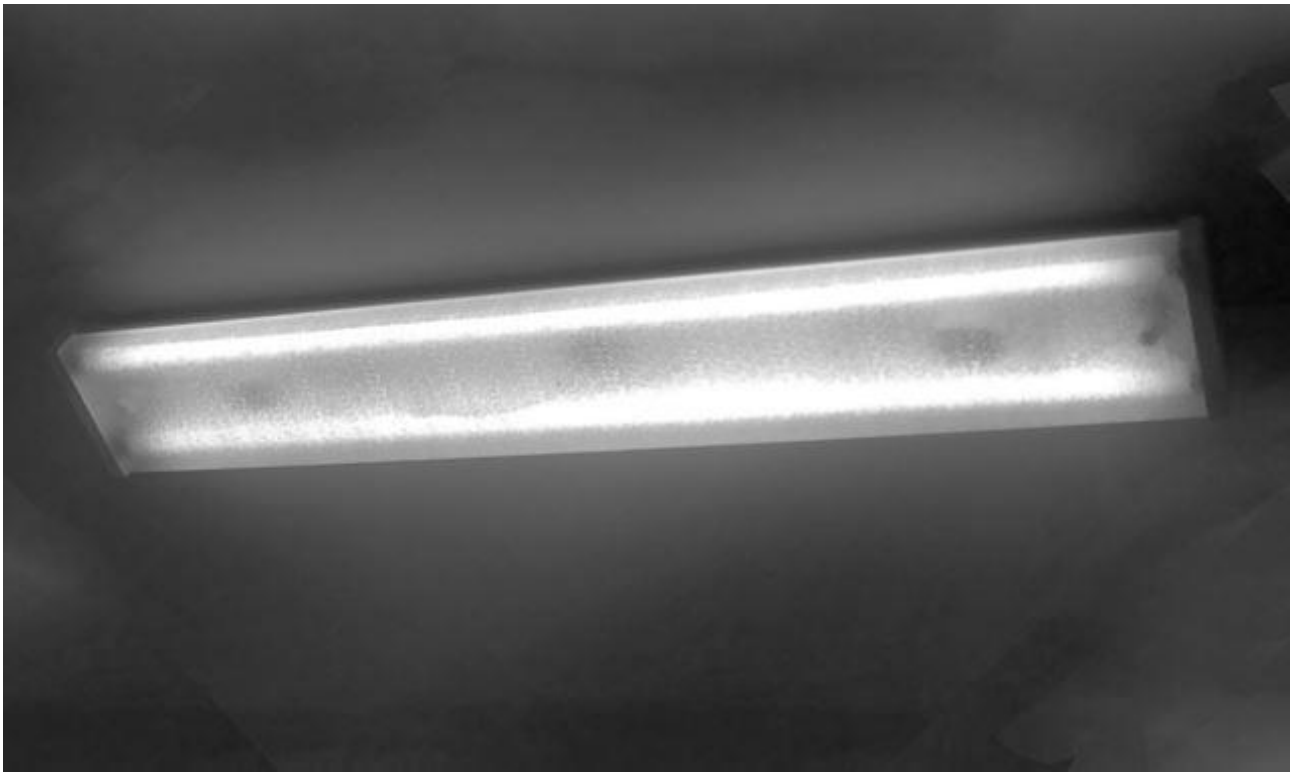


Рисунок 13 – Устаревший люминесцентный светильник

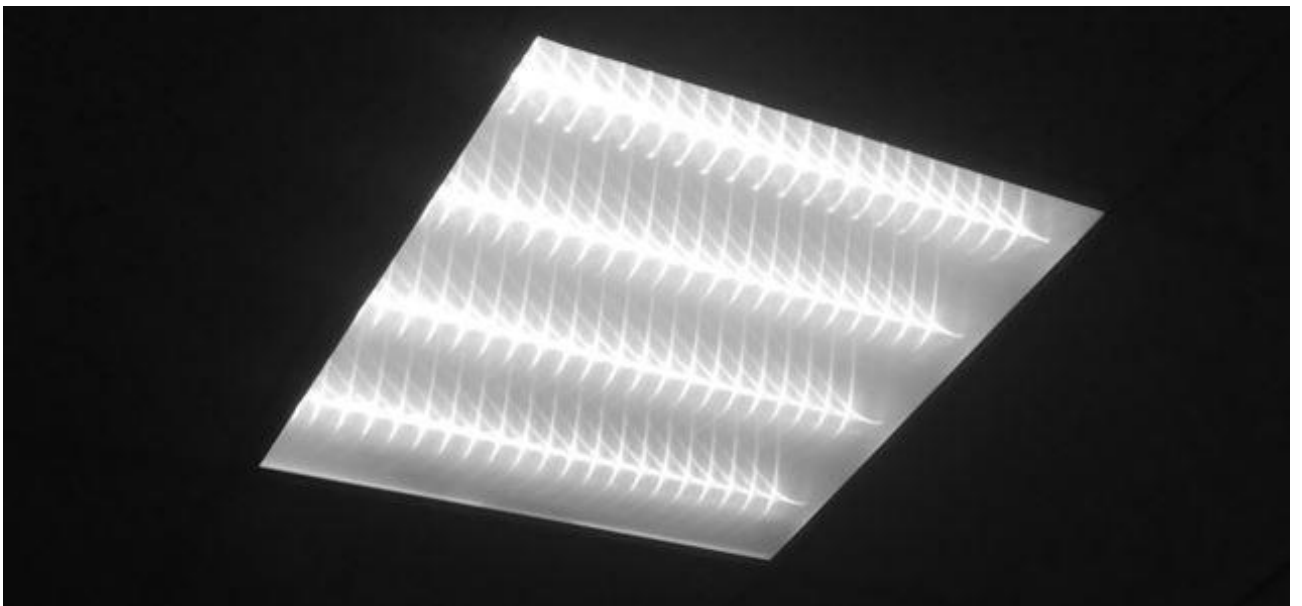


Рисунок 14– Современный светодиодный светильник

Замер освещенности помещений производится с помощью компактного переносного люксметра, предоставленного главным инженером Тольяттинского государственного университета.

Измерения выполняются в темное время суток в трех точках помещения на высоте рабочей плоскости.

– В административных и учебных помещениях рабочая плоскость установлена на высоте 0,8 м

– Для прочих помещений – на уровне пола.

В результате инструментального обследования выявлена общая тенденция, заключающаяся в том, что в помещениях, где установлены старые типы светильников, освещенность находится на недостаточном уровне. При этом, помещения, где производилась замена светильников на новые (марок СВПО СТС 01-40-007 или СДП СТС 01-60-107) освещенность, как правило, значительно выше нормы (800 – 1200 Лк при норме в 400 – 500 Лк в соответствии с [9]).

Причиной этого явилась установка новых светильников на места старых в тех же количествах при их значительно более высокой светоотдаче. Как следствие - не только избыточные энергозатраты на освещение, но и в большинстве случаев эффект ослепления, который негативно влияет на органы зрения, повышает утомляемость и ухудшает эффективность работы сотрудников и усвоение материала студентами.

Это говорит о необходимости коренной реконструкции системы искусственного освещения здания с перераспределением светильников из помещений с избыточной освещенностью в помещения с недостаточной, что позволит значительно сэкономить на покупке новых приборов освещения и привести освещенность помещений в соответствие с требованиями [9], а также – повысить энергетическую эффективность объекта путем явного снижения энергозатрат.

1.6 Информационные сети здания

Отдельно необходимо остановиться на состоянии информационных сетей здания, а именно, проводов, обеспечивающих связь компьютеров по локальной сети и их выход в интернет, а также цепей пожарной сигнализации и видеонаблюдения, далее определяемых, как слаботочные цепи.

Проводники этих сетей прокладывались в разное время в рамках комплексов мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и информатизации рабочей среды здания. Как правило, они проложены открытым способом в кабельных лотках, закрепляемых на стенах здания. Поскольку в течение длительного времени происходило изменение количества проводов, а некоторые из них подвергались замене, кабельные каналы на настоящий момент большей частью пришли в негодность как с эстетической точки зрения, так и с точки зрения надежности связи (рисунок 15), так как в них вновь проводимые силовые цепи соседствуют со слаботочными.



Рисунок 15– Большое количество проводов в одном лотке



Рисунок 16 – Вышедший из строя кабельный канал

Это ведет к наведению помех в проводах типа УТР, в особенности, класса 4 и ниже, как обладающих недостаточной степенью защиты [24]

В соответствии с информацией, которой оперирует автор книги [19] Привалов Е.Е. такой способ монтажа недопустим, так как нарушает элементарные нормы безопасности и удобства эксплуатации сетей.

Это влечет за собой вероятность нарушения связи систем здания при возникновении пожара в кабельном канале, а большое количество различных проводов (рисунок 16) значительно снижает ремонтпригодность и повышает риск ошибок персонала.

1.7 Выводы по первому разделу

Итак, в результате выполнения предпроектного обследования главного корпуса ТГУ установлено следующее.

Источник питания корпуса находится вне юрисдикции службы главного инженера ТГУ и обслуживается сторонней организацией,

вследствие чего интеграция энергоэффективных решений в его состав в рамках данной выпускной квалификационной работы невозможно.

Кабели, которым осуществляется присоединение вводно-распределительного устройства корпуса к шинам низкого напряжения трансформаторной подстанции выработали установленный государственным нормами и правилами ресурс и находятся в неудовлетворительном техническом состоянии. Система учета частично реализована на новом оборудовании, расположенном в помещении электрощитовой, частично – в здании трансформаторной подстанции, что соответствует требованиям обслуживающей организации.

Вводно-распределительное устройство частично реконструировано. Второй ввод подвергнут замене на новое комплектное распределительное устройство, тогда как первый ввод находится в неудовлетворительном техническом состоянии.

Силовая распределительная сеть в течение всего срока существования подвергалась бессистемной эксплуатации, в результате чего ее надежность и, в особенности, эргономичность, в значительной степени снизились.

Система освещения здания представлена большим количеством моделей светильников, значительная часть которых морально и физически устарела. Нормы освещенности в части помещений завышены в два-три раза, в другой – не выполняются.

Информационные сети здания пересекаются с силовыми. Отдельные участки прокладываются по одним и тем же кабельным каналам, что приводит к наведению помех и снижению пропускной способности и качества связи информационных сетей здания.

На основании полученных данных считается целесообразным выделить технические решения, позволяющие повысить энергоэффективность и эргономичность системы электроснабжения главного корпуса.

2 Разработка основных технических решений

В рамках предпроектного обследования установлено, что система электроснабжения главного корпуса Тольяттинского государственного университета находится в неудовлетворительном техническом состоянии. Это обусловлено, с одной стороны, большим сроком эксплуатации оборудования при отсутствии должного восстановительного ремонта. С другой стороны, бессистемная эксплуатация и несогласованность прокладки новых коммуникаций с общей концепцией формирования силовой сети.

В рамках второго раздела выпускной квалификационной работы необходимо на основании результатов предпроектного обследования принять решение о направлении работы в области повышения энергетической эффективности системы электроснабжения главного корпуса ТГУ в рамках капитального ремонта. Необходимо отметить, что большое количество неадекватно проложенных коммуникаций, чрезвычайно запутанная распределительная сеть и неудовлетворительное состояние штепсельных точек подключения, безусловно, являются неоспоримым доказательством необходимости проведения капитального ремонта. Однако, в рамках повышения энергетической эффективности исключительный интерес представляет система освещения корпуса.

Это обусловлено в первую очередь тем фактом, что система освещения является одним из наиболее энергоемких потребителей электрической энергии общественного здания. В нем нет энергоемких производственных помещений, а пиковая мощность ограничивается включением чайников в обеденное время, тогда как система освещения стабильно функционирует на протяжении всего вечернего периода, а на северной стороне здания иногда и днем.

Однако, наибольший интерес в рамках снижения энергопотребления представляет предотвращение нецелесообразного функционирования светильников. На настоящий момент одной из решающих причин

избыточного энергопотребления здания является тот факт, что свет горит даже в тех помещениях, где не настоящий момент нет людей. Это происходит в силу влияния человеческого фактора и приводит не только к перерасходу электрической энергии, но и к повышенному износу светильников.

На фоне вышеизложенного нельзя забывать, что большая часть светильников здания представлена устаревшими люминесцентными моделями, которые имеют повышенное относительно светодиодных светильников энергопотребление.

Все это создает обширный фронт работ по реконструкции системы освещения здания. В связи с этим, при выполнении выпускной квалификационной работы магистра предполагается заострить внимание именно на этом вопросе. При этом повышение энергетической эффективности здания в рамках реконструкции системы освещения предполагается разделить на два основных этапа.

Во-первых, необходимо выполнить реконструкцию систему освещения с заменой основной части светильников на энергетически эффективные светодиодные модели. Несмотря на то, что Тольяттинский государственный университет, как правило, сотрудничает в вопросе приобретения светильников с тольяттинской компанией ООО «Светтехсервис», в рамках данного раздела также считается целесообразным рассмотреть схожие по характеристикам светильники других производителей, которые могут составить конкуренцию оборудованию вышеозначенной фирмы. Это позволит объективно оценить тенденции современного рынка и сформировать целостное понимание ценовой политики компаний, занимающихся оптовыми продажами светодиодной техники.

Во-вторых, необходимо выработать решения по автоматизации освещения корпуса, которые позволят минимизировать объем нерационального использования электрической энергии, оптимизировать

освещенность помещений и повысить срок службы светильников путем снижения времени их включения в течение суток.

2.1 Реконструкция системы освещения

В рамках реконструкции системы освещения предполагается разработать решения по замене устаревших светильников, используемых в главном корпусе ТГУ на современные светодиодные модели. Первоначально считается целесообразным произвести предварительное сравнение коммерческих предложений различных отечественных компаний, что позволит выбрать оптимальное предложение из всего спектра имеющихся на сегодняшний день.

На основании имеющегося опыта проектирования и постулатов [20] можно отметить, что при формировании системы освещения общественного здания наибольшего внимания заслуживают светильники следующей линейки мощностей:

- 7-10 Вт – для помещений хозяйственно-бытового назначения (кладовых) и санузлов

- 15-25 Вт – для освещения коридоров и рекреаций

- 35-45 Вт – для освещения административных помещений малого размера, комнат отдыха

- 55-80 Вт – для освещения помещений, размера среднего или выше. К таковым могут относиться крупные офисные помещения, помещение объединенного деканата. Такими светильниками может быть выполнено освещение конференц-залов и иных помещений с высоким потолком.

Степень защиты светильников для туалетов и душевых – не менее IP44 в соответствии с [2]. Степень защиты светильников в офисных и иных помещениях здания, где отсутствуют источники дополнительной влажности, должна быть не ниже IP40 для предотвращения попадания внутрь корпуса посторонних предметов и крупной пыли.

Кроме того, необходимо, чтобы рассматриваемые светильники обладали высоким индексом цветопередачи и не раздражали органы зрения, в связи с чем в качестве основного рабочего освещения будут рассматриваться светильники с нейтральным белым светом.

Кроме вышеизложенного, необходимо также определить конструктивные особенности установки рассматриваемого осветительного оборудования. Дело в том, что в рамках капитального ремонта планируется прибегнуть к гибридной потолочной конфигурации. В связи с этим, потолки в аудиториях высотой 5,45 м выполняются навесными, применением модулей «Армстронг». Схожим образом планируется выполнить и потолки в коридорах, однако здесь будут использованы плиты типа «Грильято». Пример визуализации внешнего вида холла главного корпуса ТГУ приведен на рисунке 17



Рисунок 17 – Холл первого этажа главного корпуса ТГУ

В свою очередь, в офисных и иных помещениях нормальной высоты будут применены светильники типа «Армстронг». Рациональным будет использовать для потолков типа «Армстронг» светильники квадратного

сечения, изначально приспособленных для установки в подобные потолки, а для прочих помещений – иных типов светильников, более подходящих под нужды конкретного освещаемого интерьерного блока.

На основании вышеизложенного произведем рассмотрение технических предложений, имеющихся на отечественном рынке товаров и услуг для определения оптимального варианта, который и будет рекомендован к установке в корпусе сверх уже имеющихся светодиодных светильников производства компании ООО «Светтехсервис», подлежащих перераспределению для достижения оптимальной освещенности и экономии.

В рамках данной выпускной квалификационной работы считается целесообразным рассмотреть светильники трех основных производителей:

Продукция компании выгодно отличается клиентоориентированностью, а также – глубоким знанием запросов ТГУ, под эгидой которого она создавалась и студентами которого она, в большинстве своем, укомплектована.

– ИЕК – крупный отечественный производитель электротехнической продукции, в число которой входят также и приборы освещения. Компания, зародившаяся в 1999 году, выгодно отличается большими масштабами производства, громадной клиентской базой как в России, так и за рубежом, а также – гибкой системой работы с крупными клиентами, осуществляющими закупку приборов, материалов и оборудования в оптовых масштабах.

– ОАО АСТЗ – Ардатовский светотехнический завод, ведущий свою историю от основанного в соответствии с приказом совета министров СССР от 6 апреля 1949 года в корпусах бывшей мельницы. Это один из крупнейших в России производителей светотехнической продукции, отличающийся, с одной стороны, почти вековыми традициями, с другой – современным подходом к разработке электротехнического оборудования. Такой подход обеспечивает АСТЗ прочные позиции на рынке светотехнической продукции, а высокая значимость для отечественной экономики позволила пережить ужасы приватизации, дефолта и иные

потрясения, обрушившиеся на нашу страну после распада Союза Советских Социалистических республик в 1991-м году.

– ООО «СветТехСервис» - малое инновационное предприятие, открытое в 2007-м году при непосредственной поддержке Тольяттинского государственного университета и осуществляющее производство современных светильников в соответствии с высокими стандартами качества выполнения работ.

На настоящий момент завод занимает крепкие позиции на отечественном рынке светотехнической продукции наряду с иностранными производителями, не во многом уступая им качеством и явно выигрывая в ценах на производимое оборудование.

Рассмотрим оборудование, производимое вышеозначенными компаниями в контексте его технико-экономических показателей. Характеристики, подлежащие сравнению, занесем в таблицу 2.

Необходимо сразу оговориться, что цены, приведенные в таблице, приняты по состоянию на первый квартал 2020-го года, информация взята из открытых источников

Таблица 2 – Сводная ведомость сравнения осветительного оборудования

Характеристика	Диапазон характеристик			
	2	3	4	5
1	2	3	4	5
Диапазон мощностей	7-10 Вт	15-25 Вт	35-45 Вт	55-80 Вт
IP не менее	44	40	40	40
Группа компаний ИЕК				
Модель светильника	ДПО 5020	ДБО 6001	ДВО 40454	ДСП 1403
Установленная мощность, Вт	8	18	45	70
Цветовая температура, К	4000	4000	4000	4500
Световой поток, Лм	560	1350	3800	6500
Степень защиты	65	40	40	40
Рыночная стоимость, руб.	329,54	604,81	3437,87	8228,80
Удельная светоотдача, Лм/Вт	70,00	75,00	84,44	92,85
АСТЗ				
Модель светильника	ДВО-59-10-001	ДПО-46-19-004	ДВО-15-38-002	ДПО-46-76-003
Установленная мощность, Вт	10	19	38	76
Цветовая температура, К	4000	4000	4000	4000
Световой поток, Лм	980	2000	3593	7100

Продолжение таблицы 2

Степень защиты	IP54	IP40	IP40	IP40
Рыночная стоимость, руб.	2460,96	3532,90	10884,00	9174,62
Удельная светоотдача, Лм/Вт	98,00	93,00	96,00	94,00
ООО «Светтехсервис»				
Модель светильника	СВПО СТС 03-7-007	СДПО СТС 02-18-105	СВПО СТС 01-35-107	СДП СТС 01-70-107
Установленная мощность, Вт	7	018	35	70
Цветовая температура, К	4000	4000	4000	4000
Световой поток, Лм	885	2520	4162	8800
Степень защиты	IP65	IP40	IP40	IP40
Рыночная стоимость, руб.	850,00	1540,00	2050,00	3450,00
Удельная светоотдача, Лм/Вт	126,429	140	118,914	125,714

Рыночная стоимость светильников производства компании ИЕК принимается по ценам, указанным на сайте [30]. Данные для светильников производства компании АСТЗ принимаются в соответствии с информацией, которая представлена на сайте [1]. Информация о стоимости светильников производства компании ООО «СветТехСервис» предоставлена главным энергетиком Тольяттинского государственного университета.

Как видно из представленных в таблице 2 данных, наиболее дешевым и экономичным вариантом является применение светильников, производимых тольяттинской компанией ООО «СветТехСервис». Они выигрывают у рассмотренных конкурентов как с точки зрения светоотдачи, так и с точки зрения стоимости, обеспечивая наибольшую экономию. Изготавливаются в соответствии с [11]. Вследствие этого для установки в состав системы освещения главного корпуса ТГУ принимаются светильники, производимые ООО «СветТехСервис». Значительным преимуществом данных светильников является, помимо высокого соотношения цена/светоотдача тот факт, что их конструкция предполагает установку средств автоматизации освещения, что будет иметь большое значение при дальнейшей разработке мер по снижению энергетического потребления главного корпуса.

Далее целесообразно произвести расчет количества светильников, необходимых для монтажа в осветительную установку здания. На основании результатов предпроектного обследования выявлено, что помещения

главного корпуса ТГУ, несмотря на значительное разнообразие их конфигураций, можно подразделить на типовые категории по площади, назначению и высоте потолка. Это позволит в значительной степени сократить объем работ по расчету освещенности и необходимых для обеспечения достаточного ее уровня светильников.

Расчет методом удельной освещенности является недостаточно точным, поэтому для расчета системы освещения решено использовать инновационную программную среду DIALux. Высокая точность моделирования позволит добиться оптимальной конфигурации системы электроснабжения помещения. Для внутреннего рабочего освещения здания будем использовать четыре основных вида светильников:

- Светильник СВПО СТС 03-7-007 7Вт, IP 65
- Светильник СДПО СТС 02-18-105 18 Вт, IP 40
- Светильник СВПО СТС 01-35-107 35 Вт, IP 40
- Светильник СДП СТС 01-70-107 70 Вт, IP 40

Такое количество светильников является оптимальным для решения вопроса освещения различных помещений – от самых больших, предназначенных для кропотливой работы по анализу текстовой информации, до самых маленьких, влажных, имеющих хозяйственное назначение.

Произведем распределение помещений по категориям в соответствии с их площадью и назначением. Определим нормируемую освещенность, которая станет отправной точкой для последующего расчета в программной среде DIALux. Поскольку точное назначение помещений корпуса после реконструкции на настоящий момент неизвестно, назначение помещений принимается в соответствии с результатами проведенного ранее предпроектного обследования по тому назначению, которое присуще им в настоящий момент времени, как рекомендует автор [18].

Результаты проводимого анализа сведем в таблицу 3. Нормы рабочего освещения принимаются в соответствии с [9]

Таблица 3 – Категоризация помещений для светотехнического расчета

S кат.	Площадь, м ²		Примечание	Е _н , Лк	Кол-во	Высота потолка, м	Площадь, м ²
	от	до					
1	2	3	4	5	6	7	8
0	1,1	3,9	Подсобное помещение	100	19	3,25	3,9
1	4,5	5,8	Проходные (тамбур)	150	7	3,25	5,8
2	6,3	7,7	Проходные (тамбур)	150	9	3,25	7,7
3	8	9,8	Хозяйственно-бытовое	100	9	3,25	9,8
4а	10,3	11,9	Административные	400	8	3,25	11,9
4б	11,1	11,6	Хозяйственные	100	5	3,25	11,6
5	12,3	14	Административные	400	8	3,25	13,2
6	14,7	15,4	Административные	400	6	3,25	15
7а	16	16,9	Административные	400	8	3,25	16,8
7б	16	16,9	Туалеты и хозяйственные	75	34	3,25	16,9
8а	17	17,9	Административные	400	7	3,25	17,9
8б	17	17,7	Кладовые	100	7	3,25	17,5
9а	18,4	19,5	Административные	400	9	3,25	19,1
9б	18,4	19,5	Хозяйственные	100	7	3,25	19,5
10	19,6	20,5	Административные	400	15	3,25	20,5
11	20,7	21,5	Административные	400	22	3,25	21,5
12	21,6	22,5	Административные	400	38	3,25	22,5
13	22,7	23,2	Административные	400	6	3,25	23,2
14	23,8	24,8	Административные	400	3	3,25	24,8
15	25,2	26,1	Административные	400	3	3,25	25,5
16	27,5	28,6	Административные	400	6	3,25	28,6
17	30,8	33,6	Административные	400	8	3,25	30,8
18	41	42,1	Административные	400	5	3,25	42
19	42,9	44,5	Лаборатория	400	16	3,25	44,5
20	44,7	46,1	Лаборатория	400	5	3,25	46,1
21	47,3	48,8	Административное	400	6	3,25	48,8
22	-	52,7	Лекционная аудитория	400	1	3,25	52,7
23	-	58	Гостиная дома ученых	400	1	3,25	58
24	64,3	66	Административное	400	4	3,25	66
25	66,3	67,9	Административное	400	8	3,25	67,9
26	68,4	68,5	Административное	400	2	3,25	68,5

Продолжение таблицы 3

27	69,3	72,6	Учебное	400	3	3,25	70,4
28	-	76,4	Лаборатория	400	1	3,25	76,4
29	83,2	85,9	Компьютерный класс	400	2	3,25	84,8
30	87,3	89,6	Учебное	400	5	3,25	89,3
31	89,9	94,6	Зал заседаний ученого совета	400	2	3,25	89,9
32В	99,1	101,3	Учебная высокая	400	3	5,35	101,3
33	110,3	114,9	Административное	400	2	3,25	114,9
34В	-	204,3	Учебная высокая	400	1	5,35	204,3
ПК1	-	581,9	Коридор 1-го этажа	150	1	3,25	581,9
ПК2	-	688,2	Коридор 2-го этажа	150	1	3,25	688,2
ПК3	-	520,3	Коридор 3-го этажа	150	1	3,25	520,3
ПК4	-	522,1	Коридор 4-го этажа	150	1	3,25	522,1
МС3	-	426,2	Малый спортивный зал	200	1	5,35	426,2
ХР	-	466,6	Хранилище библиотеки	300	1	3,25	466,6
АЗ	-	506,2	Актовый зал	200	1	5,35	506,2

На основании таблицы 3 выполним моделирование рассматриваемых усредненно-типовых помещений в программной среде DIALux. Определим модели светильников, используемых для освещения здания, их необходимое для обеспечения оптимальной освещенности количество, и расположение в пространстве рассматриваемых интерьерных кластеров.

В качестве итогового результата необходимо получить ведомость светильников, на основании которой можно составить спецификацию светильников, в соответствии с которой можно будет определить установленную мощность системы освещения здания и суммарное количество светильников, необходимых для ее монтажа.

В качестве основной концепции формирования системы освещения главного корпуса ТГУ принят следующий вариант исполнения:

В коридорах монтируются потолки типа «Армстронг» или «Грильято» в зависимости от плана потолков корпуса. Для монтажа в данные потолки принимаются светильники марки СВПО квадратной формы, адаптированные

для использования в составе таких потолков. Такой вариант исполнения системы освещения особо выделяется в [14].

В помещениях, за исключением таких, как малый спортивный зал, хранилище библиотеки, актовый зал и буфет, схема освещения которых не является типовой и разрабатывается отдельно, используются светильники прямоугольные марок СДП и, при необходимости – СВПО, которые путем применения специальных кронштейнов могут быть смонтированы и в условиях отсутствия в помещении навесного потолка.

Прокладка проводки в коридорах выполняется для потолков типа «Грильято» – в неперфорированных лотках, а для модулей типа «Армстронг» – в перфорированных. Параллельно с лотками, по которым будут проложены силовые линии, закрепляется трасса для монтажа информационных сетей здания, также представляющая из себя кабельные лотки. Такой вариант прокладки сетей позволит полностью исключить вероятность возникновения наведенных помех и сведет к минимуму сбой связи [13]. Решение этой проблемы уже сейчас является актуальным, а после капитального ремонта, когда плотность информационной среды здания возрастет в разы, выйдет на первый план, поэтому разумно сразу предусмотреть ее решение.

Произведем разработку системы освещения корпуса.

На рисунке 18 представлены результаты визуализации светотехнического проекта рекреационного пространства (части коридора) второго этажа главного корпуса. По таблице 3, это – помещение ПК2.

На рисунке 19 изображена схема размещения светильников, соответствующая визуализированной модели и изображены изолинии, отражающие уровни освещенности на различном удалении от световых точек.

В таблице 4 отображены результаты моделирования освещенности для данного помещения.



Рисунок 18 – Трехмерная визуализация холла второго этажа здания

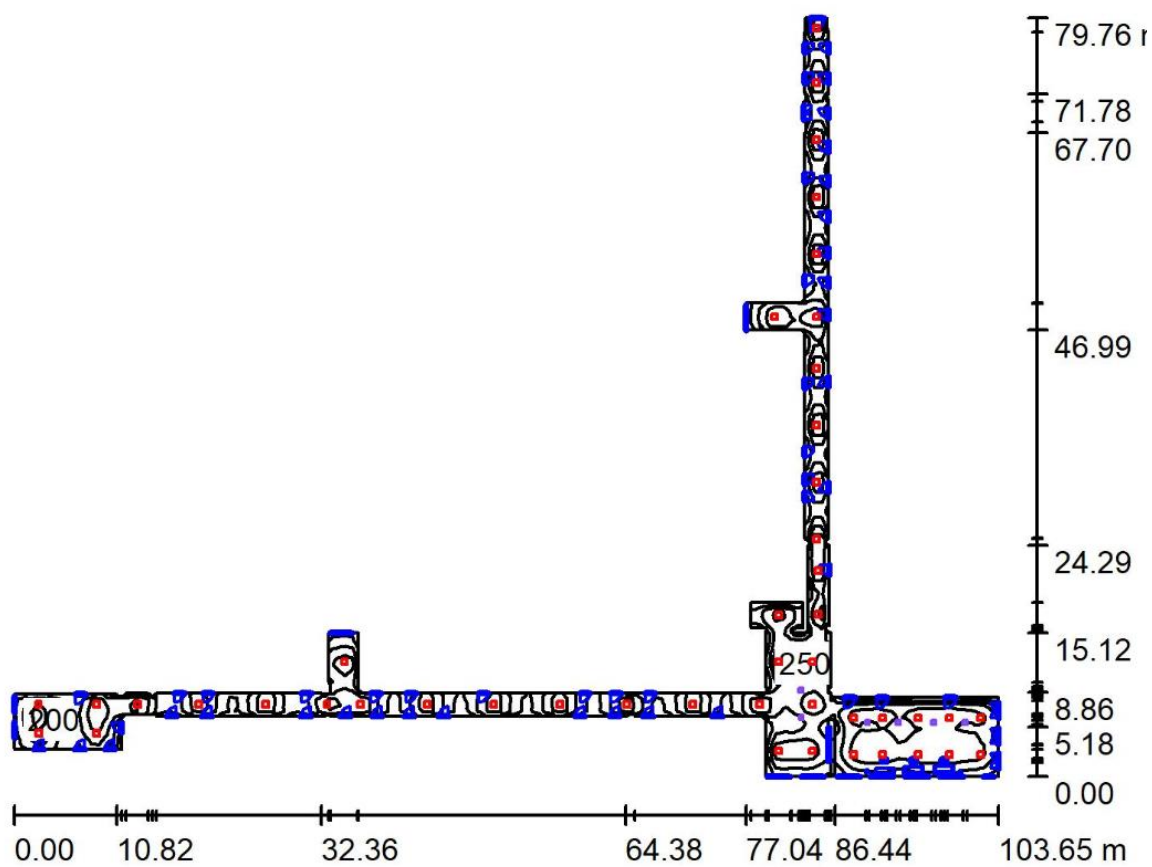


Рисунок 19 – Схема размещения светильников в помещении ПК2

Таблица 4 – Результаты моделирования освещения в помещении ПК2 главного корпуса ТГУ

Поверхность	ρ , %	$E_{ср}$, Лк	$E_{мин}$, Лк	$E_{макс}$, Лк	$E_{мин}/E_{ср}$
1	2	3	4	5	6
Рабочая плоскость	-	191	76	304	0,399
Полы	26	192	79	306	0,409
Потолок	71	64	39	187	0,602
Стенки	69	102	41	613	-

В соответствии с представленной моделью помещения для освещения коридора второго этажа главного корпуса ТГУ требуется использовать 45 светильников марки СВПО СТС 01-35-107, монтируемых в потолок типа «Грильято». Из данных представленных в таблице 4 видно, что средняя освещенность рабочей плоскости, являющаяся нормируемым показателем в соответствии с [9] для данного помещения составляет 191 Люкс, что превышает норму освещенности на 41 Люкс. Следовательно, нормы освещенности соблюдаются.

Еще одним важным критерием, учитываемым в рамках светотехнического проекта, является равномерность освещения, представленная в 6-м столбце таблицы 4. Данная величина определяет отношение минимальной освещенности помещения к средней и также нормируется. В частности, для проходных, бытовых и хозяйственных помещений норма равномерности освещенности рабочей плоскости составляет 0,2, а для офисных помещений – не менее 0,4. Поскольку помещений ПК2 является проходным, а равномерность освещения рабочей плоскости составляет 0,399, норма соблюдается.

Рассмотрев коридор, необходимо рассмотреть также вопрос моделирования освещения в более мелких помещениях. Одним из таких является кабинет начальника охраны главного корпуса ТГУ, расположенный вблизи перехода в корпус НИЧ на втором этаже здания.

Результат моделирования помещения в программной среде DIALux представлен на рисунке 20, схема расположения светильников в помещении – на рисунке 21.



Рисунок 20 –Кабинет начальника службы безопасности ТГУ

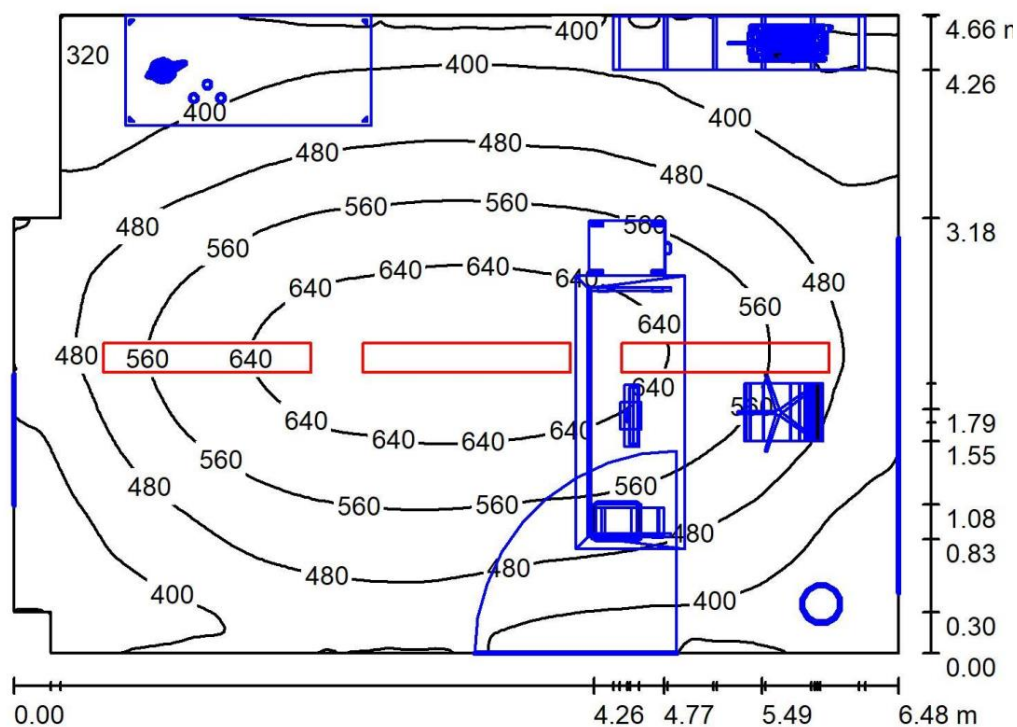


Рисунок 21 –Схема размещения светильников в помещении начальника охраны ТГУ

Числовые данные моделирования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты моделирования освещения кабинета начальника службы безопасности ТГУ

Поверхность	ρ , %	$E_{ср}$, Лк	$E_{мин}$, Лк	$E_{макс}$, Лк	$E_{мин}/E_{ср}$
1	2	3	4	5	6
Рабочая плоскость	-	492	300	695	0,609
Полы	26	417	286	523	0,686
Потолок	71	182	137	278	0,754
Стенки	69	303	145	692	-

Как видно из представленных данных, средняя освещенность помещения на высоте рабочей плоскости, которая в случае с офисными и учебными помещениями составляет 0,85 метра имеет значение 492 Лк, что на 92 Люкса больше нормы, заявленной для такого типа помещений. Это говорит о том, что норма освещенности выполняется.

Равномерность освещенности в данном помещении тоже находится «на высоте», достигая значения 0,609 на уровне рабочей плоскости, что вполне вписывается в нормы. Для освещения помещения используется 3 светильника марки СДП СТС 01-70-107.

Отдельное внимание в эскизном проекте корпуса отведено уборным. Дело в том, что уборные являются визитной карточкой общественного здания не в меньшей, а то и в большей степени, нежели его холл и презентационный маршрут. Особенности психологии человека складываются так, что именно в пространстве санитарного узла он чувствует себя наиболее ранимым и уязвимым. При таких условиях вид грязного, непрезентабельного туалета с лужами на полу и потеками на стенах, с разбитыми унитазами и сломанными дверцами кабинок способен привести веселого человека в уныние, а грустного – в отчаяние, обеспечив ему депрессию с сопутствующими осложнениями.

Так или иначе, но в здание, таким уязвившее его тонкую душевную организацию, данный индивид больше не вернется ни под каким предлогом, а это – прямой удар по престижности ВУЗа вообще и администрации ректора

ТГУ – в частности. Во избежание столь постыдной оплошности деятелями института изобразительного искусства был разработан неповторимый дизайн санузлов корпуса, который в сочетании с грамотно рассчитанной системой освещения сподвигнет гостей и абитуриентов ВУЗа вновь и вновь возвращаться во внутреннее пространство здания в надежде хотя бы на долю мгновения узреть все великолепие санузлов главного корпуса ТГУ.

Визуализация внутреннего пространства такой тщательно проработанной с точки зрения дизайна уборной представлена на рисунке 22.

Необходимо сразу оговориться, что при изображении помещения в рамках эскизного проекта упор в первую очередь делался на внешний вид помещений, но – не на нормы энергетической эффективности вообще и освещенности – в частности, поэтому изображения светильников в данном случае являются лишь изображением элемента интерьера. Фактические результаты моделирования освещенности помещения санузла представлены на рисунке 23. Числовые данные по уборной изложены в таблице 6.



Рисунок 22 –Визуализация уборной главного корпуса ТГУ

Как видно из предложенной к рассмотрению информации, средняя освещенность составляет 85 Люкс при норме 75 Люкс, что свидетельствует о

том, что норма освещенности уборной при использовании для ее освещения трех светильников СВПО СТС 03-7-007 выполняется.

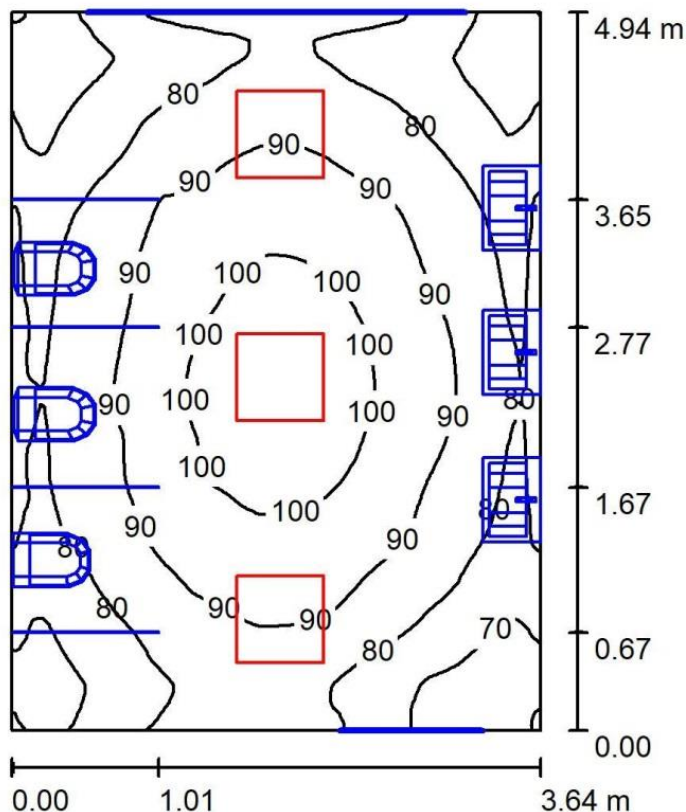


Рисунок 23 – Результат моделирования системы освещения уборной

Таблица 6 – Результаты моделирования освещения уборной

Поверхность	ρ , %	$E_{ср}$, Лк	$E_{мин}$, Лк	$E_{макс}$, Лк	$E_{мин}/E_{ср}$
1	2	3	4	5	6
Рабочая плоскость	-	85	59	105	0,690
Полы	26	85	61	105	0,713
Потолок	71	34	25	42	0,748
Стенки	69	53	26	137	-

Выше всяких похвал и равномерность освещения туалета, которая достигает 0,69 на уровне рабочей плоскости. Необходимо отметить, что рабочая плоскость в уборной расположена на уровне пола.

Еще одним важнейшим звеном пока еще учебного корпуса является, безусловно, учебная аудитория, в которой начинающие инженеры, руководители малых и крупных звеньев и просто – скромные, но

перспективные работники сферы обслуживания постигают таинства высшего образования.

Учебные аудитории в ТГУ подразделяются на аудитории для практических занятий и лекционные помещения. Деление, как правило, производится по размеру, так как лекционная аудитория обычно рассчитана на несколько академических групп, а практическая – всего на одну, что облегчает коммуникацию преподавателя с каждым из студентов. Результаты визуализации модели освещения одной из потоковых аудиторий представлены на рисунке 24.

В свою очередь, модель размещения светильников с полагающимися случаю изолиниями представлена на рисунке 25.

Таблица, в которую сведены результаты вычисления освещенности помещения, имеет в данной ВКР номер 7.



Рисунок 24 – Визуализация модели аудитории для практических занятий

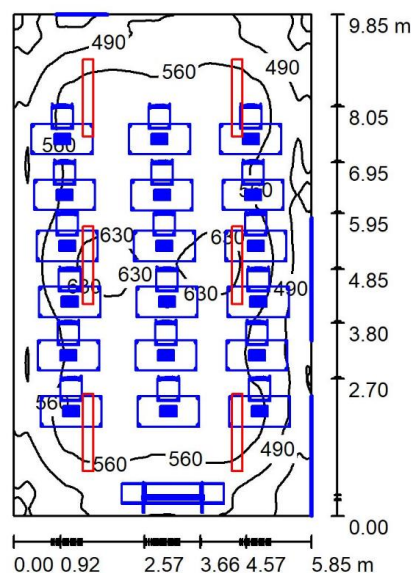


Рисунок 25 – Расположение светильников в потоковой аудитории

Таблица 7 – Данные освещенности потоковой аудитории для практических занятий

Поверхность	ρ , %	$E_{\text{ср}}$, Лк	$E_{\text{мин}}$, Лк	$E_{\text{макс}}$, Лк	$E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$
1	2	3	4	5	6
Рабочая плоскость	-	551	348	652	0,631
Полы	26	489	350	562	0,715
Потолок	71	207	174	273	0,840
Стенки	69	361	189	137	527

Как видно из представленных данных, для данной аудитории нормы освещенности также исполняются в полной мере – 551 Люкс фактической освещенности при норме в 400 не оставляют ни единого шанса на недостаток света. По-прежнему, на высоте равномерность освещения. Из этого можно заключить, что для такого типа аудиторий применение шести светильников мощностью 70 Вт производства компании СТС является оптимальным вариантом.

Еще одним помещением, которое представляет немалый интерес в рамках становления презентабельности здания главного корпуса в частности и Тольяттинского государственного университета – вообще. Это помещение – малый конференц-зал, расположенный на втором этаже здания неподалеку от приемной Ректора и предназначенный для проведения совещаний и

презентаций, приема гостей ВУЗа.

Внешний вид визуализированной модели помещения конференц-зала после капитального ремонта представлен на рисунке 26.

Таблица, в которой изложены основные значения освещенности поверхностей помещения конференц-зала, числится под номером 8. Использование восьми светильников СДП СТС 01-70-107 позволило обеспечить достаточную освещенность помещения в 495 Лк и высокую равномерность освещения, определяющуюся значением 0,625

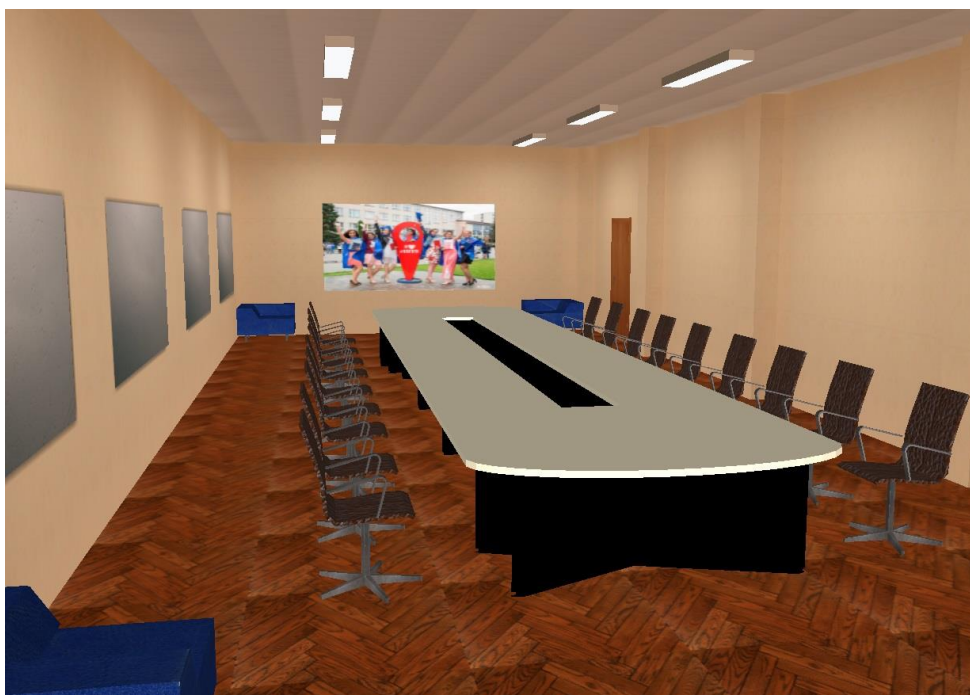


Рисунок 26 – Результат визуализации модели малого конференц-зала

Таблица 8 – Результаты моделирования освещения малого конференц-зала

Поверхность	ρ , %	$E_{\text{ср}}$, Лк	$E_{\text{мин}}$, Лк	$E_{\text{макс}}$, Лк	$E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$
1	2	3	4	5	6
Рабочая плоскость	-	495	309	595	0,625
Полы	26	446	312	516	0,699
Потолок	71	175	146	233	0,831
Стенки	69	308	150	452	-

Моделирование системы освещения для помещений иных категорий площади производится аналогичным образом. Результаты моделирования сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Сводная ведомость осветительного оборудования

S кат.	E _н , Лк	Кол-во	Высота потолка, м	S _{р.} , м ²	Данные светильников		
					Марка	Кол-во	E _р , Лк
1	2	3	4	5	6	7	8
0	100	19	3,25	3,9	СДПО СТС 02-18-105	1	147
1	150	7	3,25	5,8	СВПО СТС 01-35-107	1	239
2	150	9	3,25	7,7	СВПО СТС 01-35-107	1	206
3	100	9	3,25	9,8	СВПО СТС 01-35-107	1	219
4а	400	8	3,25	11,9	СДП СТС 01-70-107	2	596
4б	100	5	3,25	11,6	СВПО СТС 01-35-107	1	199
5	400	8	3,25	13,2	СДП СТС 01-70-107	2	550
6	400	6	3,25	15	СДП СТС 01-70-107	2	501
7а	400	8	3,25	16,8	СДП СТС 01-70-107	2	487
7б	75	34	3,25	16,9	СВПО СТС 01-07-107	3	85
8а	400	7	3,25	17,9	СДП СТС 01-70-107	2	452
8б	100	7	3,25	17,5	СВПО СТС 01-35-107	1	148
9а	400	9	3,25	19,1	СДП СТС 01-70-107	2	406
9б	100	7	3,25	19,5	СВПО СТС 01-35-107	1	138
10	400	15	3,25	20,5	СДП СТС 01-70-107	2	423
11	400	22	3,25	21,5	СВПО СТС 01-35-107	3	408
12	400	38	3,25	22,5	СДП СТС 01-70-107	3	581
13	400	6	3,25	23,2	СДП СТС 01-70-107	3	593
14	400	3	3,25	24,8	СДП СТС 01-70-107	3	576
15	400	3	3,25	25,5	СДП СТС 01-70-107	3	546
16	400	6	3,25	28,6	СДП СТС 01-70-107	3	492
17	400	8	3,25	30,8	СДП СТС 01-70-107	1	601
18	400	5	3,25	42	СДП СТС 01-70-107	4	468
19	400	16	3,25	44,5	СДП СТС 01-70-107	4	446
20	400	5	3,25	46,1	СДП СТС 01-70-107	4	453
21	400	6	3,25	48,8	СДП СТС 01-70-107	4	469
22	400	1	3,25	52,7	СДП СТС 01-70-107	5	459
23	400	1	3,25	58	СДП СТС 01-70-107	6	549
24	400	4	3,25	66	СДП СТС 01-70-107	6	424
25	400	8	3,25	67,9	СДП СТС 01-70-107	6	475
26	400	2	3,25	68,5	СДП СТС 01-70-107	6	486
27	400	3	3,25	70,4	СДП СТС 01-70-107	6	461

Продолжение таблицы 9

28	400	1	3,25	76,4	СДП СТС 01-70-107	8	551
29	400	2	3,25	84,8	СДП СТС 01-70-107	6	478
30	400	5	3,25	89,3	СДП СТС 01-70-107	9	516
31	400	2	3,25	89,9	СДП СТС 01-70-107	8	495
32В	400	3	5,35	101,3	СДП СТС 01-70-107	12	518
33	400	2	3,25	114,9	СДП СТС 01-70-107	10	488
34В	400	1	5,35	204,3	СДП СТС 01-70-107	20	516
ПК1	150	1	3,25	581,9	СВПО СТС 01-35-107	32	163
ПК2	150	1	3,25	688,2	СВПО СТС 01-35-107	45	191
ПК3	150	1	3,25	520,3	СВПО СТС 01-35-107	38	204
ПК4	150	1	3,25	522,1	СВПО СТС 01-35-107	33	188

Таким образом, выполнена разработка системы освещения главного корпуса ТГУ. Считается целесообразным на основании данных из таблицы 9 выполнить расчет суммарного количества требуемых для реализации проекта светодиодных светильников и – их суммарной мощности. Результаты данного подсчета сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Ведомость суммирования используемых светильников

Марка светильника	Мощность одного светильника, кВт	Общее количество, шт	Суммарная мощность, кВт
СВПО СТС 01-07-107	0,007	102	0,714
СДПО СТС 02-18-105	0,018	19	0,342
СВПО СТС 01-35-107	0,035	258	9,03
СДП СТС 01-70-107	0,070	696	48,72
ИТОГО		1075	58,79

В результате произведенного расчета выявлено, что мощность системы рабочего освещения здания составляет 58,79 кВт. Произведем определение конфигурации аварийного освещения здания.

2.2 Система аварийного освещения

Аварийное освещение является важнейшим элементом системы обеспечения пожарной безопасности здания. Особенно это актуально для

главного корпуса ТГУ, в котором в течение суток может находиться значительное количество людей.

В соответствии с [9, п. 7.6.1], аварийное освещение подлежит подразделению на эвакуационное и резервное. Более наглядно данное деление представлено на рисунке 27

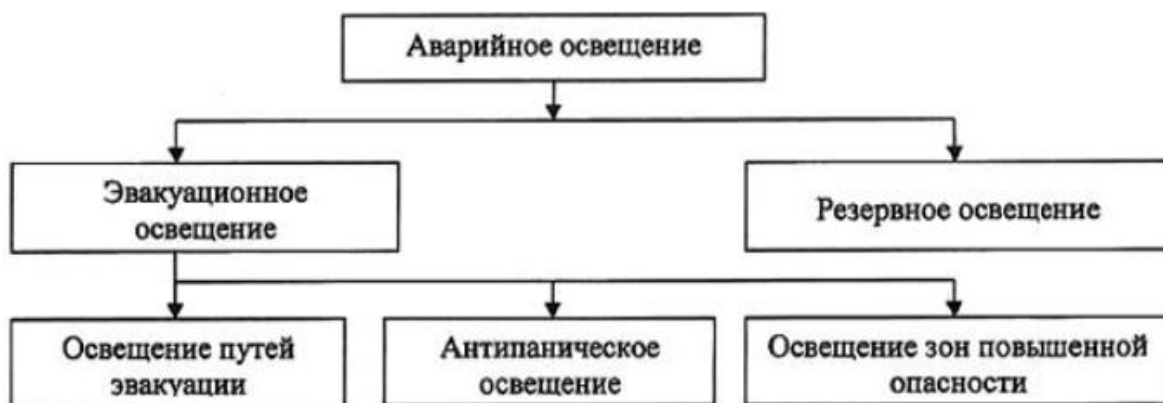


Рисунок 27 – Классификация аварийного освещения

Резервное освещение предусматривается лишь в тех случаях, когда необходимо продолжать работу на объекте даже в условиях аварийной ситуации. К главному корпусу ТГУ данное утверждение не относится, поэтому в рамках данной ВКР остановимся на монтаже эвакуационного освещения, которое также будет выполнять и роль дежурного.

Так как рассматриваемый объект имеет вторую категорию надежности электроснабжения, а питание аварийного освещения должно осуществляться в соответствии с I-й категорией надежности в соответствии с [7], необходимо предусмотреть резервный источник питания групп, обеспечивающих функционирование аварийного освещения.

Компания L-industry совместно с группой компаний «Русэлт» предлагает комплексное решение по обеспечению надежности аварийного освещения в различных условиях. Применение источников бесперебойного питания марки ИДП-1-1/1-1-220-Д с разъемом диспетчеризации RS-232. Данный разъем позволяет осуществлять удаленный контроль состояния ИБП.

Блок питания оборудован аккумуляторным модулем АМ-2-100. В модуль устанавливаются два аккумулятора HRL 12-65 суммарной емкостью 130 А/ч. Источник бесперебойного питания позволяет обеспечить работу системы аварийного освещения в случае отключения питания в течение 1,5 часов.

Подключение модуля бесперебойного питания к пульту пожарного управления через разъем диспетчеризации позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние батарейного модуля, уровень заряда батарей и готовность системы в целом.

Подключение светильников аварийного освещения к пульту пожарного управления осуществляется негорючим кабелем марки ВВГнг-FRLS повышенной огнестойкости. Его характеристики позволяют выдерживать прямое воздействие пламени в течение 180 минут в соответствии с [3]. Применение отдельной группы обеспечивает предельную автономию питания светильников аварийного освещения от рабочего.

В ходе проектирования аварийного освещения учитывается, что освещенность при активизации режима «Пожар» и отключении светильников рабочего освещения должна составить не менее 5 Лк с индексом цветопередачи не менее 40. В связи с тем, что ослепляющее действие светильников, применяемых для аварийного освещения, ограничено предельными значениями силы света, параметр ослепления при проектировании такого освещения не учитывается.

2.3 Система автоматизации освещения

В наше время одним из самых многочисленных потребителей электрической энергии является общественный сектор. В сравнении с промышленным цехом, энергопотребление общественного здания незначительно. Однако, это компенсируется объемом недвижимости сектора.

Дальнейшая информация принимается в соответствии с [22]

Основные пути снижения расхода электрической энергии общественного здания таковы:

Во-первых, реконструкция системы освещения. Кроме замены устаревших светильников на светодиодные модели, есть другие способы экономии. Внимания заслуживает система точечного освещения, оборудованная датчиками присутствия, один из вариантов которых представлен на рисунке 28. Такая система описана также в [12]



Рисунок 28– Инфракрасный датчик присутствия PD4-M-TRIO-DALI

В качестве примера рассмотрим трехканальный датчик присутствия PD4-M-TRIO-DALI, внешний вид которого представлен на рисунке. Он оснащен двумя независимыми каналами управления освещением и одним нерегулируемым каналом. Управление освещением работает по следующему сценарию: оконная сторона помещения получает меньше искусственного освещения, чем сторона, где окон нет.

Через нерегулируемый канал можно подключить подсветку элементов интерьера или, например, интегрировать систему отопления, кондиционирования и вентиляции. Степень освещенности регулируется только если датчик присутствия распознает движение в помещении. Иначе

оборудование отключится по истечении заранее запрограммированного времени задержки.

Не менее перспективна технология точечного освещения. Она особенно актуальна для офисов.

Офисные помещения отличаются большими площадями и потребностью в точечном освещении. На каждом отдельном рабочем месте должно быть достаточно света. Интенсивность естественного освещения обычно отличается на разных рабочих местах, отличается и потребность в дополнительном искусственном освещении. Кроме того, если рабочее место не используется, то оно не нуждается в индивидуальном освещении.

Для оптимального освещения с учетом конкретных условий каждому рабочему месту требуется собственная система распознавания перемещений. Таким образом, каждое занятое рабочее место получает достаточно света без активации всей системы освещения офиса. Проходная зона контролируется датчиком Master над входной дверью и четырьмя датчиками Slave. Датчики типа Slave реагируют только на движение, игнорируя уровень освещенности.

Схема освещения стандартного офисного помещения представлена на рисунке 29.

В таблице 11 представлены ориентировочные результаты внедрения такой системы. Расчет произведен укрупненным способом.

Вышеописанная технология вполне может найти применение в главном корпусе Тольяттинского государственного университета, позволив значительно снизить и так упавшие в результате выполнения реконструкции системы освещения расходы электрической энергии.

Однако, реализация системы автоматизации освещения может быть сопряжена с несколькими основными проблемами. Во-первых, существенным недостатком является высокая сложность системы контроля, которая приводит к ее низкой надежности и к необходимости длительной, кропотливой наладки системы для обеспечения ее нормального функционирования.

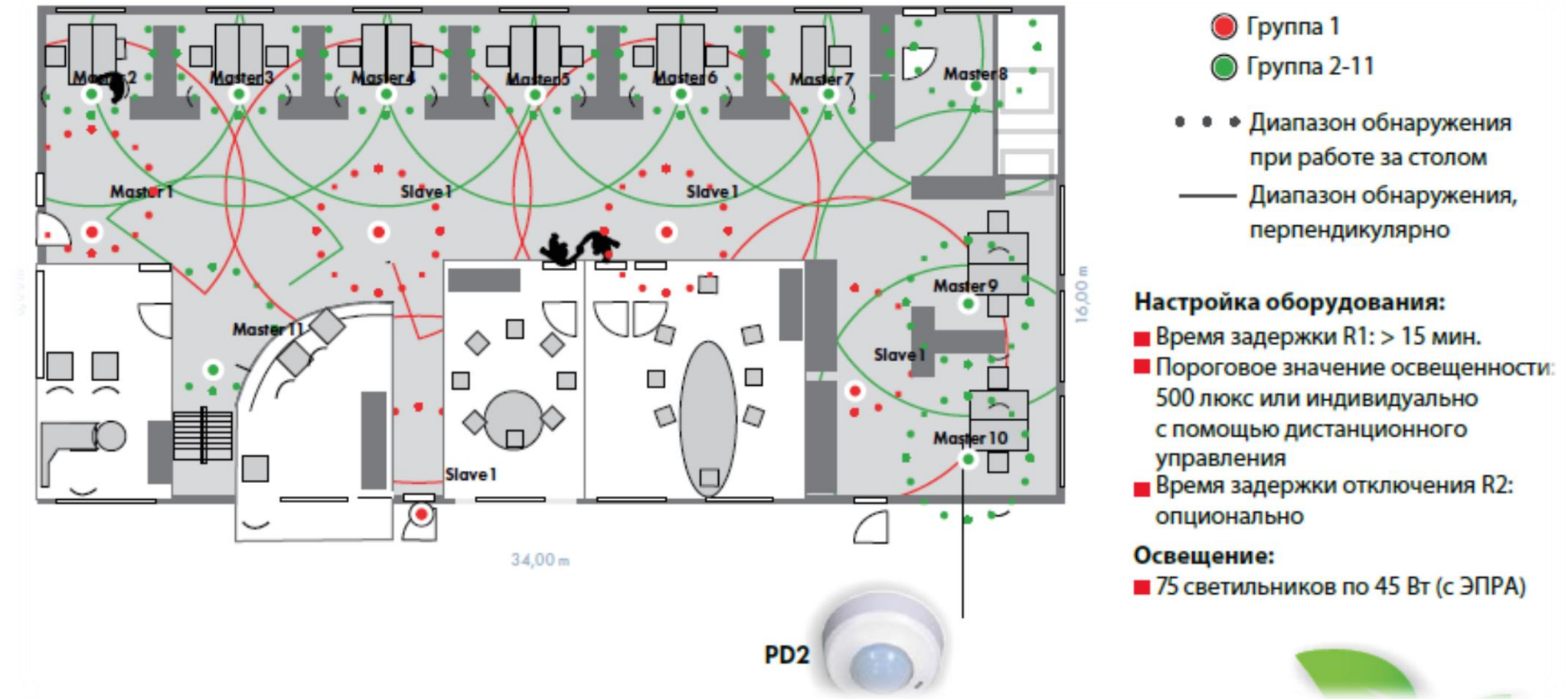


Рисунок 29—Освещение офисного помещения с применением системы DALI

Таблица 11 – Результаты внедрения системы освещения, оборудованной датчиками присутствия

Для учебной аудитории, или конференц-зала		
	Без регулировки освещенности	С регулировкой освещенности
Потребляемая мощность	0,6 кВт·ч	0,6 кВт·ч
Средняя ежедневная продолжительность освещения	8 ч	4 ч
Продолжительность освещения за год	250 дней, 2000 ч	250 дней, 1000 ч
Расход электроэнергии за год	1200 кВт·ч	600 кВт·ч
Стоимость 1 кВт·ч	4,5 руб.	4,5 руб.
Затраты на электроэнергию в год	5400 руб.	2700 руб.
Для офисного помещения		
Потребляемая мощность	3,38 кВт·ч	3,38 кВт·ч
Средняя ежедневная продолжительность освещения	10 ч	4 ч
Продолжительность освещения за год	250 дней, 2500 ч	250 дней, 1500 ч
Расход электроэнергии за год	8450 кВт·ч	3380 кВт·ч
Стоимость 1 кВт·ч	4,5 руб.	4,5 руб.
Затраты на электроэнергию в год	38025 руб.	15210 руб.

Во-вторых, значительной проблемой является высокая стоимость компонентов системы, что может привести к удлинению срока окупаемости до избыточных значений.

Монтаж и адекватное использование системы DALI требует наличия большого количества второстепенного оборудования, закупка которого в свою очередь влечет значительные расходы.

Так, или иначе, решение вопроса о том, является ли целесообразным монтаж системы автоматизации освещения, будет прерогативой третьего раздела выпускной квалификационной работы– технико-экономического обоснования целесообразности реализации проекта, в рамках которого помимо прочего будут рассчитаны сроки окупаемости. В связи с этим, на

данном этапе считается целесообразным перейти к технико-экономическому обоснованию производимых действий.

В рамках данного раздела существует необходимость наметить основную концепцию системы автоматизации освещения и определить укрупненным способом количество необходимого для монтажа и наладки системы основного оборудования.

Поскольку в рамках выпускной квалификационной работы произведено разделение помещений корпуса на категории по площади и функциональному назначению, считается целесообразным определить количество датчиков и сопряженных с ними устройств для каждой из таких категорий. Необходимо сразу оговориться, что использовать систему автоматизации освещения в помещениях хозяйственно-бытового назначения, таких, как кладовые и иные вспомогательные считается нецелесообразным.

Сведем данные об используемых в рамках системы автоматизации датчиках присутствия в таблицу 12. Определим состав оборудования. В качестве исходных данных примем следующее:

Известно, что один датчик марки ME6 EBDMR-DNET1 имеет зону обнаружения 15 метров. Конфигурация зоны обнаружения изображена на рисунке 30.

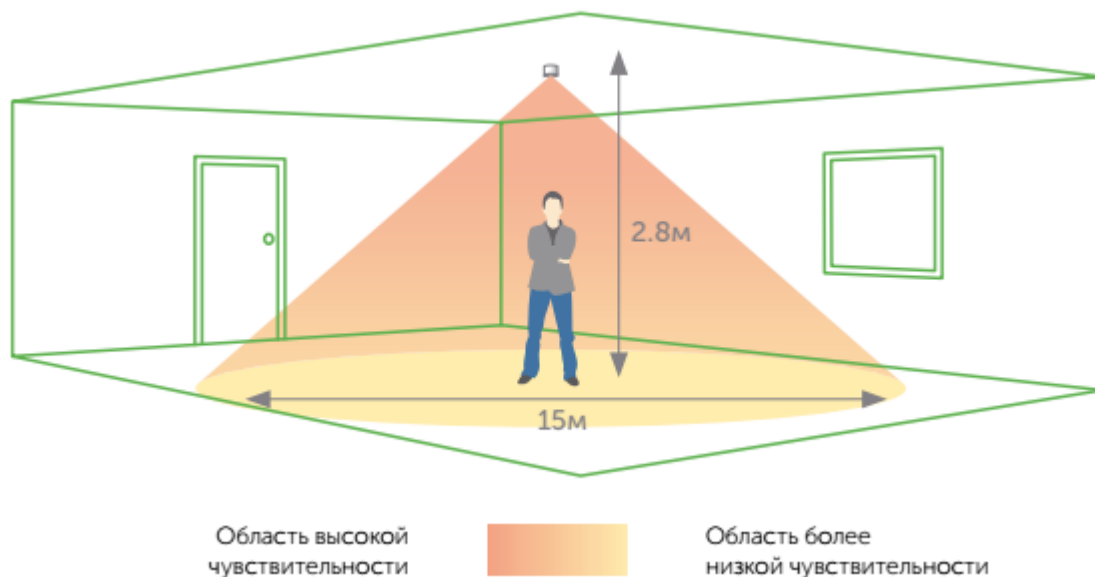


Рисунок 30 – Конфигурация зоны обнаружения датчика EBDMR-DNET1

В соответствии с рисунком 30, радиус эффективного обнаружения объекта на уровне пола составляет 7,5 метров. Рассчитаем площадь зоны обнаружения такого датчика:

$$S = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 7,5^2 = 176,63 \text{ м}^2 \quad (1)$$

Однако, необходимо сразу оговориться, что это – зона предельной дальности датчика. Для обеспечения уверенного реагирования на появление человека в поле действия инфракрасного датчика, производитель рекомендует использовать не менее, чем 1 датчик на 40 м²

Опираясь на данный расчет, можно сделать вывод, что типового датчика присутствия вполне достаточно для обеспечения обнаружения присутствия людей в большей части типовых помещений. Исключение составляют коридоры, имеющие большую длину и высокая учебная аудитория на третьем этаже корпуса.

Таблица 12 – Сводная ведомость датчиков движения системы автоматизации

S кат.	Площадь, м ²		Примечание	Кол-во датчиков	Высота потолка, м	Площадь, м ²
	от	до				
1	2	3	4	5	6	7
1	4,5	5,8	Проходные (тамбур)	1	3,25	5,8
1	2	3	4	5	6	7
2	6,3	7,7	Проходные (тамбур)	1	3,25	7,7
4а	10,3	11,9	Административные	1	3,25	11,9
5	12,3	14	Административные	1	3,25	13,2
6	14,7	15,4	Административные	1	3,25	15
7а	16	16,9	Административные	1	3,25	16,8
7б	16	16,9	Туалеты	1	3,25	16,9
8а	17	17,9	Административные	1	3,25	17,9
9а	18,4	19,5	Административные	1	3,25	19,1
10	19,6	20,5	Административные	1	3,25	20,5
11	20,7	21,5	Административные	1	3,25	21,5
12	21,6	22,5	Административные	1	3,25	22,5
13	22,7	23,2	Административные	1	3,25	23,2

Продолжение таблицы 12

14	23,8	24,8	Административные	1	3,25	24,8
15	25,2	26,1	Административные	1	3,25	25,5
16	27,5	28,6	Административные	1	3,25	28,6
17	30,8	33,6	Административные	1	3,25	30,8
18	41	42,1	Административные	2	3,25	42
19	42,9	44,5	Лаборатория	2	3,25	44,5
20	44,7	46,1	Лаборатория	2	3,25	46,1
21	47,3	48,8	Административное	2	3,25	48,8
22	-	52,7	Лекционная аудитория	2	3,25	52,7
23	-	58	Гостиная дома ученых	2	3,25	58
24	64,3	66	Административное	2	3,25	66
25	66,3	67,9	Административное	2	3,25	67,9
26	68,4	68,5	Административное	2	3,25	68,5
27	69,3	72,6	Учебное	2	3,25	70,4
28	-	76,4	Лаборатория	2	3,25	76,4
29	83,2	85,9	Компьютерный класс	3	3,25	84,8
30	87,3	89,6	Учебное	3	3,25	89,3
31	89,9	94,6	Зал заседаний ученого совета	3	3,25	89,9
32В	99,1	101,3	Учебная высокая	3	5,35	101,3
33	110,3	114,9	Административное	3	3,25	114,9
34В	-	204,3	Учебная высокая	6	5,35	204,3
ПК1	-	581,9	Коридор 1-го этажа	10	3,25	581,9
ПК2	-	688,2	Коридор 2-го этажа	8	3,25	688,2
ПК3	-	520,3	Коридор 3-го этажа	9	3,25	520,3
ПК4	-	522,1	Коридор 4-го этажа	9	3,25	522,1

Наличие датчиков в коридоре позволит свету загораться ступенчато, по мере приближения человека к датчику присутствия. В свою очередь сегмент системы освещения, от которой человек удаляется – медленно затемняется, пока совсем не сойдет на «нет».

Суммарное количество датчиков присутствия составило, с учетом количество помещений каждой из категорий, 432 штуки. Центральным узлом, сердцем схемы автоматизации является щит управления системой, в составе которого содержится также сервер, отвечающий за коммутацию сигналов от датчиков.

2.4 Выводы по второму разделу

Таким образом, в результате разработки основных технических решений по повышению энергетической эффективности системы электроснабжения главного корпуса ТГУ, решено, во-первых, произвести реконструкцию системы освещения с заменой устаревших, выработавших свой ресурс люминесцентных светильников на новые светодиодные модели производства компании ООО «СветТехСервис».

Общее количество светильников, применяемых для освещения здания, составило 1075 штук при их суммарной мощности 58,79 кВт. При условии высокой долговечности функционирования светодиодной продукции, это обеспечит значительную экономию денежных средств и позволит вывести уровень энергетической эффективности здания и удобство обслуживания его системы освещения на принципиально новый уровень.

Рассмотрена система аварийного освещения. Решено использовать для него светильники, подключаемые к щиту пожарной автоматики негорючим кабелем, который, в свою очередь, подключается к источнику бесперебойного питания, служащему для снабжения светильников электрической энергией в течение не менее, чем одного часа в случае потери основного питания.

Кроме того, рассмотрена система автоматизации освещения. Укрупненным способом определено, что для обеспечения нормальной работы данной системы необходимо применить не менее, чем 432 датчика типа DALI, а также закупить сервер и шкаф управления освещением.

Еще одним важным звеном системы автоматизации является кнопочная панель управления DALI, которая позволяет не только осуществлять включение и отключение света, но и обеспечивает регулировку яркости группы. Подключение кнопочной панели к светильнику осуществляется через реле. Как кнопочные посты, так и реле должны содержаться в каждом

помещении, оборудованном системой автоматизации, однако, лишь в единственном экземпляре, поэтому их количество составило 287 штук.

3 Технико-экономическое обоснование

Технико-экономическое обоснование служит для обоснования целесообразности внедрения в область реального строительства тех, или иных технических решений. В рамках данного пункта необходимо ответить на два основных вопроса, которые грамотный заказчик всегда задает подрядчику. Во-первых, какова ориентировочная стоимость проекта, во-вторых, каков срок его окупаемости? На каком этапе проект перестанет отбивать вложенные в него деньги и начнет приносить реальный доход?

Именно на такие вопросы предстоит ответить в рамках данного раздела. Конкретизируя вышесказанное, нужно выделить два основных направления, которые нужно, как рекомендовано в [21], рассмотреть в рамках данного технико-экономического обоснования:

Во-первых, необходимо оценить срок окупаемости проекта реконструкции системы освещения здания для определения срока окупаемости затраченных на проведение реконструкции средств. Сразу нужно оговориться, что в связи с тем, что подробного проекта, ведомости объемов работ и, как следствие, сметы, нет, оценку придется производить на основе укрупненных показателей. В данном случае речи об отказе от реконструкции системы освещения не идет по причине ее крайнего физического износа. Использование такой системы освещения в отремонтированном корпусе станет неприемлемым

Во-вторых, следует рассмотреть целесообразность применения системы автоматизации освещения на базе компонентной базы DALI. В данном случае необходимо оценить приблизительную стоимость реализации проекта и решить, насколько срок окупаемости, пусть и определенный укрупненным способом, соответствует условиям оптимальности, выдвигаемым заказчиком, в лице которого выступает служба главного инженера Тольяттинского государственного университета.

3.1 Система рабочего освещения

Как сама по себе реконструкция системы рабочего освещения не является простой задачей, так и технико-экономический расчет данной технической операции вызывает большое количество противоречивых вопросов.

Во-первых, в силу отсутствия четких требований к составу и назначению помещений корпуса со стороны заказчика, до сих пор остаются до конца не ясными вопросы профильной принадлежности некоторых помещений, нормы освещенности которых были приняты в соответствии с их современным назначением. Однако, после капитального ремонта все может кардинально измениться.

Во-вторых, отсутствует информация о затратах на монтаж системы освещения, объемах работ по установке и подключению осветительного оборудования. Нет информации по расходу кабеля и вспомогательной монтажной продукции.

В-третьих, проект капитального ремонта, первые наброски которого появились еще в 2015-м году, на настоящий момент все еще пребывает в первобытном состоянии. Явной тенденции к движению ситуации в направлении развития концепции проведения капитального ремонта главного корпуса не наблюдается. В связи с этим считается целесообразным произвести расчет, основываясь на методе, однажды уже успешно использованном в здании педагогического института ТГУ, расположенном по адресу Фрунзе 2Г.

Суть метода заключается в установке светильников на старые места и подключении их к существующим коммуникациям с сокращением количества единиц осветительных приборов относительно настоящего состояния в соответствии со светотехническим проектом, формирование которого описано в пункте 2.1 данной ВКР. Такая концепция снимет массу

вопросов и обеспечит достоверный взгляд на срок окупаемости рассматриваемого проекта реконструкции.

Первоначально необходимо оценить рыночную стоимость тех светильников, которые были предложены для освещения корпуса при формировании проекта реконструкции системы освещения. А именно:

- 1 СВПО СТС 03-7-007- 850 руб.
- 2 СДПО СТС 02-18-105 – 1550 руб.
- 3 СВПО СТС 01-35-107 – 2050 руб.
- 4 СДП СТС 01-70-107 – 3450 руб.

Будем использовать для обозначения количества светильников букву N с индексом, отвечающим за определение того, количество каких светильников указано в соответствии с вышеприведенным списком. Например, N_1 – количество светильников СВПО СТС 03-7-007. Стоимость данных светильников будем обозначать схожим образом, однако используя вместо буквы N – букву K.

В соответствии с данными таблицы 10:

- $N_1 = 102$ шт
- $N_2 = 19$ шт
- $N_3 = 258$ шт
- $N_4 = 696$ шт.

На основании вышеизложенного можно определить стоимость закупки светильников для установки на старые места в соответствии с разработанным проектом освещения. Необходимо отметить, что уже установленные светодиодные светильники не совпадают по модели с предлагаемыми к установке, в связи с чем, для обеспечения единообразия они будут демонтированы и перераспределены в другие учебные корпуса.

$$K^{\text{сумм}} = N \cdot K \quad (2)$$

Тогда:

– Для светильников СВПО СТС 03-7-007 суммарная стоимость закупки составит:

$$K_1^{\text{сумм}} = N_1 \cdot K_1 = 102 \cdot 850 = 86700 \text{ руб.} \quad (3)$$

– Для светильников СДПО СТС 02-18-105 суммарная стоимость закупки составит:

$$K_2^{\text{сумм}} = N_2 \cdot K_2 = 19 \cdot 1550 = 29450 \text{ руб.} \quad (4)$$

– Для светильников СВПО СТС 01-35-107 суммарная стоимость закупки составит:

$$K_3^{\text{сумм}} = N_3 \cdot K_3 = 258 \cdot 2050 = 528900 \text{ руб.} \quad (5)$$

– Для светильников СДП СТС 01-70-107 суммарная стоимость закупки составит:

$$K_4^{\text{сумм}} = N_4 \cdot K_4 = 696 \cdot 3450 = 2401200 \text{ руб.} \quad (6)$$

Определим суммарные расходы на закупку светильников:

$$K^{\text{сумм}} = K_1^{\text{сумм}} + K_2^{\text{сумм}} + K_3^{\text{сумм}} + K_4^{\text{сумм}} \quad (7)$$

В соответствии с данной формулой:

$$K^{\text{сумм}} = 86700 + 29450 + 528900 + 2401200 = 3046250 \text{ руб.}$$

В соответствии с данными сайта [28], средняя стоимость работ по монтажу светодиодного светильника в городе составляет 500 рублей за штуку с учетом стоимости расходных материалов и иных издержек. Определим сумму, затрачиваемую на переоборудование осветительной установки Главного корпуса в сложившихся обстоятельствах. В данном случае буквой R обозначается стоимость производимых работ:

$$R^{\text{сумм}} = R \cdot (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \quad (8)$$

Произведем вычисление по данной формуле:

$$R^{\text{сумм}} = 500 \cdot (102 + 19 + 258 + 696) = 537500 \text{ руб.}$$

Определим суммарную стоимость закупки и монтажа элементов осветительной установки здания:

$$S = K^{\text{сумм}} + R^{\text{сумм}} = 3046250 + 537500 = 3583750 \text{ руб.} \quad (9)$$

В соответствие данными, полученными в результате суммирования и анализа данных, полученных в результате предпроектного обследования, приблизительное мощность P_0 , потребляемая осветительной установки главного корпуса ТГУ составляет на настоящий момент 125,80 кВт. В соответствии с данными раздела 2.1 данной ВКР, суммарная мощность P_1 светильников осветительной установки корпуса после реконструкции составит: 58,79 кВт

Определим разницу мощностей электроустановок до и после капитального ремонта:

$$P_{\text{разн}} = P_0 - P_1 = 125,80 - 58,79 = 67,01 \quad (10)$$

Таблица 13 – Продолжительность светового дня в городе Тольятти

Месяц	Продолжительность светового дня	Число дней в 2019 году	Общая продолжительность темного времени суток
Январь	7,44	31	513,36
Февраль	9,40	28	408,80
Март	11,44	31	389,36
Апрель	14,03	30	299,10
Май	16,06	31	246,14
Июнь	18,20	30	174,00
Июль	16,51	31	232,19
Август	15,04	31	277,76
Сентябрь	12,49	30	345,30
Октябрь	11,36	31	391,84

Ноябрь	8,28	30	471,60
Декабрь	7,14	31	522,66

Определим продолжительность работы системы освещения в течение года. Будем отталкиваться от информации о продолжительности светового дня в городе Тольятти, данные о которой приведены в таблице 13

Таким образом, суммарная продолжительность работы (t) системы освещения в году составит приблизительно 4272,11 часов (на самом деле это во многом будет зависеть также, с одной стороны, от того, на солнечной ли стороне находится помещение, а с другой – от особенностей поведения пользователей, однако в рамках укрупненного расчета примем указанную цифру.

Тариф (b) на электрическую энергию для главного корпуса ТГУ в соответствии с данными, полученными от главного инженера университета составляет: 6,16 руб/кВт·ч.

Определим годовую экономию, получаемую в результате реконструкции системы освещения здания:

$$E = P_{\text{разн}} \cdot b \cdot t = 67,01 \cdot 6,16 \cdot 4272,11 = 1763448,40 \text{ руб} \quad (11)$$

Определим срок окупаемости новой системы освещения корпуса:

$$T = \frac{S}{E} = \frac{3583750}{1763448,40} = 2,0 \text{ года} \quad (12)$$

Таким образом, проект реконструкции системы освещения, выполненный в соответствии заданными параметрами, окупится в течение двух лет, что обуславливает целесообразность его внедрения даже при условии, если капитальный ремонт в ближайшее время проводиться не будет.

Помимо снижения энергопотребления, существенным плюсом проекта обновления светильников корпуса является приведение освещенности помещений к актуальным на настоящий момент нормам и правилам, что положительно сказывается на эргономичности внутреннего пространства корпуса и ведет к повышению привлекательности ВУЗа среди абитуриентов

и просто людей, в чьих глазах престиж ТГУ значительно поднимется. Затраты на демонтаж старых светильников окупаются их последующей продажей.

3.2 Система автоматизации освещения

Система автоматизации освещения, в отличие от системы рабочего освещения вызывает гораздо больше вопросов относительно целесообразности ее интеграции в рабочую среду корпуса. Высокая стоимость оборудования требует технико-экономического обоснования перед принятием однозначного решения о применении столь радикальных мер по снижению энергетической эффективности.

Существенным аспектом в данном случае является вопрос закупки элементов системы, их монтажа, а также – наладки. В соответствии с информацией, полученной от менеджера ООО «Световые технологии, расценки на оборудование и монтаж следующие:

1 Сервер системы – $K_1 = 144647$ руб.

2 Щит управления системой освещения – $K_2 = 127013$ руб.

К счастью, данное оборудование потребуется в единичном экземпляре ($N_1 = N_2 = 1$).

Кроме того. В каждом помещении, где выполняется автоматизация освещения, устанавливается панель управления, совмещенная с переключателем, выполненном в виде реле. В соответствии с данными пункта 2.3 таких комплектов потребуется 287 штук. ($N_3 = N_4 = 287$)
Стоимость данного оборудования:

3 Переключатель ME6 DALI RL-1CH-5A – $K_3 = 5119,20$ руб.

4 Панель управления ME6 DALI 2K-DIM-1G – $K_4 = 6171,30$ руб.

Кроме того, потребуется 432 датчика типа DALI ($N_4 = 432$):

5 Датчик ME6 EBDMR-DNET1 – $K_5 = 10872,90$ руб.

Определим суммарную стоимость элементов системы автоматизации освещения:

$$K^{сумм} = K_1 \cdot N_1 + K_2 \cdot N_2 + K_3 \cdot N_3 + K_4 \cdot N_4 + K_5 \cdot N_5 \quad (13)$$

Выполним расчет:

$$K^{сумм} = 144647 + 127013 + 287 \cdot (5119,20 + 6171,30) + 10872,90 \cdot 432$$

$$K^{сумм} = 8209126,30 \text{ руб.}$$

В соответствии с опытом проектирования здания, изложенным в [26] в пересчете на российский реалии и количественные параметры стоимость монтажа и наладки системы автоматизации ($R_{сумм}$) составит не менее 1500000,00 руб.

Определим суммарную стоимость закупки, монтажа и наладки элементов системы автоматизации осветительной установки здания:

$$S = K^{сумм} + R^{сумм} = 8209126,30 + 1500000,00 = 9709126,3 \text{ руб.} \quad (14)$$

В соответствии с данными, изложенными в [29], при интеграции системы управления освещением, время работы светильников общественного здания сокращается на 60 – 80%, что достигается, с одной стороны, постепенным повышением уровня освещенности помещения, с другой – отключением света там, где никого нет. Примем для расчета значение 70% и определим время работы системы освещения здания при условии интеграции системы управления освещением:

$$t_2 = t \cdot 0,3 = 4272,11 \cdot 0,3 = 1281,63 \text{ ч} \quad (15)$$

В таком случае энергопотребление системы освещения в год составит:

$$N_2 = P_1 \cdot t_2 = 58,79 \cdot 1281,63 = 75347,03 \text{ кВт} \quad (16)$$

Годов экономия, получаемая в результате интеграции системы управления освещением составит:

$$E_2 = P_1 \cdot b \cdot t - P_1 \cdot b \cdot t_2 = P_1 \cdot b \cdot (t_1 - t_2) \quad (17)$$

Выполним расчет в соответствии с данной формулой:

$$E_2 = 58,79 \cdot 6,16 \cdot (4272,11 - 1281,63) = 1082991,57$$

Определим срок окупаемости новой системы освещения корпуса:

$$T = \frac{S}{E_2} = \frac{9709126,3}{1082991,57} = 8,96 \text{ года} \quad (18)$$

Таким образом, срок окупаемости проекта интеграции системы управления освещением составил почти 9 лет. Это слишком большой срок окупаемости для того, чтобы обосновать целесообразность интеграции такой системы. Дело в том, что по истечении 5 лет исчезнут гарантийные обязательства и наладка датчиков, также их ремонт и замена в случае возникновения неисправностей лягут на плечи службы главного инженера ТГУ, что приведет к дополнительным расходам и отодвинет момент, когда объект окупится на еще более неопределенный срок. В сложившейся ситуации приходится сделать вывод о нецелесообразности интеграции системы управления освещением в электротехническую среду главного корпуса.

3.3 Выводы по третьему разделу

Произведен технико-экономический расчет системы освещения главного корпуса ТГУ. В ходе технико-экономического расчета выявлено, что проект реконструкции системы освещения главного корпуса ТГУ, направленный на повышения ее эффективности позволяет сэкономить, в среднем, 1,76 миллиона рублей в год. При этом стоимость осветительной установки корпуса составила 3,58 миллиона рублей. Расчет срока окупаемости показал, что при постоянном уровне эксплуатации новая система освещения полностью окупится и начнет приносить доход по

прошествии двух лет с момента ввода в эксплуатацию. В совокупности с фактом оптимизации освещенности помещений и повышения презентабельности интерьеров это обуславливает однозначную целесообразность внедрения проекта.

Кроме того, выполнен расчет стоимости интеграции в среду корпуса системы управления освещением. В результате расчета выявлено, что закупка и монтаж оборудования системы автоматизации освещения DALI обойдется в 9,70 миллионов рублей. При этом применение такой системы после ее длительной и кропотливой наладки позволит экономить не более 1,08 миллиона рублей в год. При таких суммах срок окупаемости производимых работ будет составлять 8,96 лет, что почти на 4 года превышает гарантийный срок эксплуатации большей части элементов системы автоматизации освещения. При таких условиях применение системы управления освещением на элементной базе DALI для оборудования главного корпуса Тольяттинского государственного университета считается нецелесообразным.

В контексте повышения энергетической эффективности объекта выпускной квалификационной работы наиболее целесообразным является углубленная проработка проекта реконструкции системы освещения здания как наиболее перспективное направление снижения расходов на его электроснабжение.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы магистра разработана совокупность решений, применение которых в ходе капитального ремонта Главного корпуса ТГУ позволит повысить энергетическую эффективность системы электроснабжения здания в рамках его капитального ремонта.

В ходе проведения предпроектного обследования главного корпуса ТГУ установлен, что источник питания корпуса находится вне юрисдикции службы главного инженера ТГУ и обслуживается сторонней организацией, вследствие чего интеграция энергоэффективных решений в его состав в рамках данной выпускной квалификационной работы невозможно.

Кабели, которым осуществляется присоединение вводно-распределительного устройства корпуса к шинам низкого напряжения трансформаторной подстанции выработали установленный государственным нормами и правилами ресурс и находятся в неудовлетворительном техническом состоянии. Система учета частично реализована на новом оборудовании, расположенном в помещении электрощитовой, частично – в здании трансформаторной подстанции, что соответствует требованиям обслуживающей организации.

Вводно-распределительное устройство частично реконструировано. Второй ввод подвергнут замене на новое комплектное распределительное устройство, тогда как первый ввод находится в неудовлетворительном техническом состоянии.

Силовая распределительная сеть в течение всего срока существования подвергалась бессистемной эксплуатации, в результате чего ее надежность и, в особенности, эргономичность, в значительной степени снизились.

Система освещения здания представлена большим количеством моделей светильников, значительная часть которых морально и физически

устарела. Нормы освещенности в части помещений завышены в два-три раза, в другой – освещенность недостаточная.

Информационные сети здания пересекаются с силовыми. Отдельные участки прокладываются по одним и тем же кабельным каналам, что приводит к наведению помех и снижению пропускной способности и качества связи информационных сетей здания.

Принято решение в рамках выпускной квалификационной работы сосредоточиться на реконструкции системы освещения здания с применением новых энергетически эффективных светильников, оптимизацией их размещения. Кроме того, принято решение рассмотреть целесообразность внедрения системы управляемого освещения.

В результате разработки основных технических решений по повышению энергетической эффективности системы электроснабжения главного корпуса ТГУ, решено, во-первых, произвести реконструкцию системы освещения с заменой устаревших, выработавших свой ресурс люминесцентных светильников на новые светодиодные модели производства компании ООО «СветТехСервис», которые показали себя с лучшей стороны в ходе технико-экономического сравнения.

Общее количество светильников, применяемых для освещения здания, составило 1075 штук при их суммарной мощности 58,79 кВт.

Рассмотрена система аварийного освещения. Решено использовать для него светильники, подключаемые к щиту пожарной автоматики негорючим кабелем, который, в свою очередь, подключается к источнику бесперебойного питания, служащему для снабжения светильников электрической энергией в течение не менее, чем одного часа в случае потери основного питания.

Кроме того, рассмотрена система автоматизации освещения. Укрупненным способом определено, что для обеспечения нормальной работы данной системы необходимо применить не менее, чем 432 датчика

типа DALI, а также закупить сервер и шкаф управления освещением, осуществляющий коммуникацию между элементами системы.

Еще одним важным звеном системы автоматизации является панель управления DALI, которая позволяет не только осуществлять включение и отключение света, но и обеспечивает регулировку яркости группы, что весьма удобно в условиях непостоянства естественного освещения. Подключение кнопочной панели к светильнику осуществляется через реле.

Произведен технико-экономический расчет системы освещения главного корпуса ТГУ. В ходе технико-экономического расчета выявлено, что проект реконструкции системы освещения главного корпуса ТГУ, направленный на повышения ее эффективности позволяет сэкономить, в среднем, 1,76 миллиона рублей в год. При этом стоимость осветительной установки корпуса составила 3,58 миллиона рублей. Расчет срока окупаемости показал, что при постоянном уровне эксплуатации новая система освещения полностью окупится и начнет приносить доход по прошествии двух лет с момента ввода в эксплуатацию. Это обуславливает однозначную целесообразность внедрения проекта.

Кроме того, выполнен расчет стоимости интеграции в среду корпуса системы управления освещением. В результате расчета выявлено, что закупка и монтаж оборудования системы автоматизации освещения DALI обойдется в 9,70 миллионов рублей. При этом применение такой системы после ее длительной и кропотливой наладки позволит экономить не более 1,08 миллиона рублей в год. При таких суммах срок окупаемости производимых работ будет составлять 8,96 лет, что почти на 4 года превышает гарантийный срок эксплуатации большей части элементов системы автоматизации освещения. При таких условиях применение системы управления освещением на элементной базе DALI для оборудования главного корпуса Тольяттинского государственного университета считается нецелесообразным.

Таким образом цель выпускной квалификационной работы достигнута, решения, направленные на повышение энергоэффективности системы электроснабжения в рамках капитального ремонта главного корпуса Тольяттинского государственного университета выработаны.

Список используемых источников

- 1 АСТЗ // Официальный сайт ОАО «Ардатовский светотехнический завод» URL: <https://www.etm.ru/im/> (дата обращения: 15.05.2020).
- 2 ГОСТ 14254-2015. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP). М. : Стандартинформ, 2015. 68 с.
- 3 ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. М. : Издательство стандартов, 2012. 19 с
- 4 ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М. : Стандартинформ, 2013. 32 с.
- 5 МДС 13-20.2004. Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий : методические указания по строительству / под ред. Ю.Н. Хромца. М. : МГАКХиС, 2004. 81 с.
- 6 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Серия 17. Выпуск 53. М. : Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. 192 с.
- 7 ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок М. : Стандартинформ, 2001. 330 с.
- 8 СП 31.110.2003. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. М. : Стандартинформ, 2015. 78 с.
- 9 СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. М. : Стандартинформ, 2016. 87 с.
- 10 СТО МГАТ 02.01.010 – 2013. Требования к составу, содержанию и правилам оформления результатов предпроектного обследования. М. : ГКУ «МОСГОРТЕЛЕКОМ», 2013. 12 с.
- 11 ТУ 3461-001-59647694-2016. Светильник светодиодный. М. : Стандартинформ, 2018. 26 с.
- 12 Аполлонский С. М. Электрические аппараты управления и автоматики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. М. Аполлонский, Ю.

В. Куклев, В. Я. Фролов. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 256 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2605-8.

13 Гуревич В. И. Защита оборудования подстанций от электромагнитного импульса [Электронный ресурс] : учеб.-практ. пособие / В. И. Гуревич. - Москва : Инфра-Инженерия, 2016. - 128 с. - ISBN 978-5-9729-0104-3.

14 Клевцов А. В. Основы рационального потребления электроэнергии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. В. Клевцов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. - 232 с. : ил. - ISBN 978-5-9729-0190-6.

15 Кобелев А. В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А. В. Кобелев, С. В. Кочергин, Е. А. Печагин ; Тамбовский гос. техн. ун-т. - Тамбов : ТГТУ : ЭБС АСВ, 2015. - 79 с. : ил. - ISBN 978-5-8265-1411-5.

16 Косоухов Ф. Д. Энергосбережение в низковольтных электрических сетях при несимметричной нагрузке : учеб. пособие. М. : Лань, 2016. 561 с.

17 Лебедев В.И. Микропроцессорные счетчики электроэнергии. М. : ДМК Пресс, 2017. 196 с.

18 Ополева Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. Н. Ополева. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2018. - 416 с. - ISBN 978-5-8199-0769-6.

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

20 Проектирование осветительных установок [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. В. Вахнина [и др.] ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2015. - 107 с. : ил. - Библиогр.: с. 78-79. - Прил.: с. 80-107. - ISBN 978-5-8259-0906-6

21 Скворцова Л. М. Методология научных исследований [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л. М. Скворцова. - Москва : МГСУ : ЭБС АСВ, 2017. - 79 с. - ISBN 978-5-7264-0938-2.

22 Неборак А.В. Автоматизация системы освещения общественных зданий // Сборник трудов всероссийской научно-практической междисциплинарной конференции «Молодежь. Наука. Общество» . 2018. С. 697–698.

23 Gercek C., Reinders A. Smart Appliances for Efficient Integration of Solar Energy: A Dutch Case Study of a Residential Smart Grid Pilot // Applied sciences, 2019. Vol. 9. Issue 3 Num. 581.

24 Parejo A., Personal E., Larios D. F., Guerrero J.I., García A., León C. Monitoring and Fault Location Sensor Network for Underground Distribution Lines // Sensors, 2019. Vol. 19. Issue 3 Num. 576.

25 Prado J.C., Qiao W., Qu L., Agüero J. R. The Next-Generation Retail Electricity Market in the Context of Distributed Energy Resources: Vision and Integrating Framework // Energies, 2019. Vol. 12. Issue 3 Num. 491.

26 Pramangioulis D., Atsonios K., Nikolopoulos N., Rakopoulos D., Grammelis P., Kakaras E. A Methodology for Determination and Definition of Key Performance Indicators for Smart Grids Development in Island Energy Systems // Energies, 2019. Vol. 12. Issue 2 Num. 242.

27 Santos G., Pinto T., Praça I., Vale Z. Iberian electricity market ontology to enable smart grid market simulation // Energy Informatics, 2018. Vol. 1. Num. 13.

28 Профи.ру // Сайт для связи со специалистами в Тольятти URL: <https://tolyatti.profi.ru/> (дата обращения: 15.05.2020).

29 Система управления освещением DALI // Школа для электрика URL: <http://electricalschool.info/main/lighting/827-sistema-upravlenija-osveshheniem-dali.html> (дата обращения: 15.05.2020).

30 ЭТМ // Официальный сайт интернет-магазина электротехнической продукции ООО «ЭТМ» URL: <https://www.etm.ru/im/> (дата обращения: 15.05.2020).