



## АННОТАЦИЯ

В нижеизложенной выпускной квалификационной работе описан процесс разработки проекта реконструкции системы электроснабжения в рамках капитального ремонта главного корпуса ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет».

В работе рассматривается процесс формирования разделов, касающихся выбора силового оборудования, проводников, а также принятия решений относительно принципов компоновки и монтажа элементов электрической сети.

Кроме того, производится анализ перспектив развития проекта и принимаются меры по упрощению дальнейшей реализации различных решений.

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы формируется перечень основных проектных процедур, который предполагается использовать при разработке рабочего проекта реконструкции системы электроснабжения здания.

Выпускная квалификационная работа выполнена в объеме 60 страниц, содержит 7 таблиц, 10 рисунков, список использованных источников из 20 наименований, графическую часть на 6 листах формата А1.

## ABSTRACT

This graduation work is about reconstruction of power supply system within the framework of total building renovation of the main building of Togliatti State University. The information resulting from the carrying out a pre-project survey is the basic data for the reconstruction of power supply system.

The subject of the graduation work is the main building of Togliatti State University and, in particular, its power supply system. The theoretical basis of the graduation work includes legislative acts of the Russian Federation and articles of both Russian and foreign scientist. The methods of groupings, comparisons, indexes, factor analysis are used for calculations.

We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions. Firstly, we analyze the amount and the type of the electrical load for the following analysis currents in electric power system and choose electrical conductors and electrical appliances. Then we form a list of technical solutions for the adoption of the main aspects of the project and the further coordination with the customer.

Next, the protection equipment and electrical conductors were chosen, which should conform to the existing norms and regulations and develop chapter with the information about lighting system TSU. Two variants of lighting systems were compared and then chosen the most suitable. Finally, we outline equipment for the systems of the ventilation and conditioning.

In conclusion we would like to stress that we develop the project documentation in graduation work for the reconstruction of the main building of TSU. It can help to make project easier and realize the project as soon as possible.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |
|--|--|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 5                                      |
| 1 Описание объекта проектирования.....   | 7                                      |
| 2 План реконструкции.....  | 16                                     |
| 3 Анализ нагрузки потребителя.....   | 18                                     |
| 4 Карточка технических решений.....  | 22                                     |
| 5 Реконструкция внешних электрических сетей.....   | 25                                     |
| 6 Реконструкция силовой распределительной сети.....  | 28                                     |
| 6.1 Реконструкция оборудования электрощитовой.....   | 28                                     |
| 6.2 Разработка проектных решений в области реконструкции силовой распределительной сети..... | 29                                     |
| 7 Реконструкция системы освещения.....   | 35                                     |
| 7.1 Техничко-экономический расчет для первого варианта осветительной установки.....          | 41                                     |
| 7.2 Техничко-экономический расчет для второго варианта осветительной установки.....          | 43                                     |
| 7.3 Расчет и выбор защитных аппаратов и линий электроснабжения.....                          | 45                                     |
| 8 Прокладка слаботочных сетей.....   | 50                                     |
| 9 Оборудование систем вентиляции.....  | 51                                     |
| 10 Оборудование лифтового хозяйства.....   | 54                                     |
| 11 Проверка выбранного оборудования на соответствие токовым нагрузкам .                      | 56                                     |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 57                                     |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....  | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в связи с напряженной внешнеполитической обстановкой и нарастающим экономическим давлением со стороны западных партнеров, правительство Российской Федерации придает все большее значение политике импортозамещения, которая направлена на повышение независимости внутреннего рынка нашего государства от иностранных товаров.

Одним из основных способов реализации данной политики является повышение конкурентоспособности предприятий РФ по отношению к зарубежным. Повышение же рейтинга товаров отечественного производителя на рынке невозможно без внедрения в производство новых технологий, основанных на применении автоматизированных систем управления и входящей в их состав микропроцессорной и иной техники последнего поколения.

По мере же реализации данных технологий на практике, возникает острая нехватка специалистов, способных не только грамотно эксплуатировать усложняющиеся производственные комплексы, но и самостоятельно проектировать отдельные узлы и даже системы, входящие в их состав.

Именно поэтому в наши дни в Российской Федерации все большее значение придается качеству образования в целом и высшего образования, как главного института, занимающегося подготовкой инженерного состава, в особенности.

В свою очередь, наиболее значимым высшим учебным заведением в городском округе Тольятти является Тольяттинский Опорный Государственный университет. Данное высшее учебное заведение было образовано в 2001 году, как результат объединения филиала Самарского Государственного Педагогического университета и Тольяттинского Политехнического института. В 1961 году был заложен первое здание современного комплекса институтов - главный корпус. Всего строительство учебных корпусов заняло период с 1961 по 25 августа 2006 года – в этот день состоялось торжественное открытие учебно-лабораторного корпуса ТГУ. Главный корпус, который в настоящее время яв-

ляется «сердцем» Тольяттинского государственного университета и куда сходятся все нити управления учебным процессом был заложен в 1961 году. С тех пор, как в декабре 1964 года он был официально сдан в эксплуатацию, его техническое обслуживание ограничивалось аварийным ремонтом отдельных узлов и выборочной модернизацией некоторых помещений. Капитальный ремонт корпуса не проводился ни разу. Это привело, к тому, что более половины электрических цепей системы электроснабжения здания не соответствует современным требованиям по энергоэффективности и электробезопасности электрических установок. Кроме того, в связи с отсутствием единого плана электроснабжения снизилась ремонтпригодность и, соответственно, надежность СЭС, что отрицательно сказывается на ходе учебного процесса и снижает эффективность работы сотрудников администрации ТГУ.

Несмотря на то, что для освещения большей части помещений применяются современные светильники, наряду с ними ряд административных помещений освещается морально устаревшими светильниками, не способными обеспечить достаточную освещенность. Кроме того, большое разнообразие типов светильников создает проблемы при их ремонте и замене ламп.

В контексте данной проблемы поставлена цель реконструкции систем электроснабжения и освещения в рамках капитального ремонта главного корпуса ТГУ, что позволит обеспечить наилучшие условия для работы административного персонала и руководства ВУЗа, а также повысит презентабельность ТГУ в глазах абитуриентов и гостей университета.

## 1 Описание объекта проектирования

Объект проектирования находится по адресу ул. Белорусская д.14 города Тольятти и является главным корпусом Тольяттинского государственного университета. Фотография фасада корпуса представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Фасад главного корпуса

Корпус является учебно-административным зданием в котором предусмотрены учебные аудитории, помещения для работников администрации. Здание проектировалось как полноценный учебный комплекс, предусматривающий наличие спортивного и актового залов, научной библиотеки, а также собственного заведения общественного питания (буфета) и ряда хозяйственно-бытовых помещений.

Корпус имеет четыре полноценных этажа. Пятый – чердачный этаж является техническим – на нем размещены выходы шахт организованной естественной вентиляции и предусмотрены другие вспомогательные системы. Система принудительной вентиляции, предусмотренная проектом здания, в настоящий момент не функционирует в связи с переоборудованием вентиляционного узла под нужды подсобных служб и демонтажем приточных и вытяжных кондицио-

неров. Роль подвала в здании выполняет подпол высотой 1,2 метра. Здание корпуса выполнено из силикатного кирпича. Крыша собрана из железобетонных плит, с небольшим наклоном для предотвращения скапливания дождевой воды. Крыша покрыта рубероидом, который затем залит слоем гудрона.

Корпус, имея симметричную компоновку, разделяется на два крыла. В северном располагаются: спортивный зал, лаборатории цикла материаловедение, а также буфет, музей ТГУ, кафедра общей и теоретической физики, преподавательские и лаборатории данной кафедры. В южном – актовъй зал, библиотека, помещения бухгалтерии, ректората, конференц-зал, лаборатории кафедры Общя физика, две большие лекционные аудитории, в которых учебные места расположены амфитеатром, кафедры начертательной геометрии и высшей математики, а также преподавательские этих кафедр. На каждом этаже предусмотрены мужской и женский сан. узлы.

Таким образом, главный корпус ТГУ представляет собой здание, имеющее высокий запас конструктивной прочности и широкие перспективы для улучшения его внешнего вида и эргономичности пространства внутренних помещений, что было выявлено на этапе сбора исходных данных.

Кроме того, в процессе поиска информации по объекту выпускной квалификационной работы, состоялась беседа со специалистами из отдела главного инженера Тольяттинского Государственного Университета, которыми, в качестве исходных данных, в оцифрованном виде был предоставлен рабочий проект главного корпуса, датированный 1961-м годом. Данный проект отражает реальную компоновку помещений и схемы инженерных коммуникаций корпуса по состоянию на декабрь 1964 года, когда корпус был официально сдан в эксплуатацию. Многие из этих помещений с тех пор изменили свое функциональное назначение, а само здание неоднократно подвергалось незначительным перепланировкам: проделывались новые дверные проемы, сносились, либо, наоборот, возводились перекрытия, подвергались частичной, либо полной замене системы, обеспечивающие нормальное функционирование здания. При этом, обновленная инфраструктура не наносилась на планы здания, равно как и



обновленная планировка помещений. Более того, не производился перевод чертежей в современные форматы обработки информации – первая оцифровка была произведена после поступления запроса по сбору информации для ВКР.

Таким образом, данный документ можно принять за основу только после его актуализации в соответствии с реальной планировкой здания на сегодняшний день.

В свою очередь, менее подробным, но более актуальным источником информации являются планы пожарной эвакуации, размещенные на всех этажах главного корпуса ТГУ согласно инструкции по пожарной безопасности, тщательно исполняемой работниками университета. В связи с выдвигаемыми руководством университета высокими требованиями к безопасности персонала и учащихся планы эвакуации являются актуальными и отражают реальную планировку здания, а также, частично, функциональное назначение помещений.

Данный источник информации, при его использовании совместно с проектом 1961-го года позволит составить более полную картину о действительном положении вещей.

Этот вопрос приобретает все большую актуальность в связи с тем, что в 2016-м году была развернута активная подготовка к капитальному ремонту главного корпуса ТГУ. В рамках подготовительных мероприятий сотрудниками службы главного инженера Тольяттинского Государственного Университета совместно с инициативной группой, состоящей из преподавателей архитектурно-строительного института и института изобразительного и декоративно-прикладного искусства был разработан эскизный проект ремонта внутренних и внешних пространств здания и схема презентационного маршрута. Этот документ так же был предоставлен сотрудниками службы главного инженера в целях наиболее полного представления о масштабах предстоящих работ и их направленности.

Капитальный ремонт, подразумевает рестайлинг внешнего вида здания и его интерьера, а также проведение комплекса организационных и строительных

мероприятий по устранению функционального износа структур здания, не изменяя основные архитектурно-технические показатели.

В соответствии с пояснительной запиской эскизного проекта, капитального ремонта главного корпуса ТГУ, основной проблематикой рассматриваемого объекта является:

- неактуальный внешний вид здания;
- низкая энергоэффективность и несоответствие другим современным нормам, принятым в строительстве;
- ветхость некоторых деталей фасада;
- неудовлетворительное состояние кровель и кровельных систем;
- большое количество случайных, ранее реализованных без проекта фрагментов сетей разного назначения.

Для решения данных проблем, проект предлагает новые и актуальные решения композиционной организации фасадов, позволяющие подчеркнуть явно существующие архитектурные достоинства здания. Реализация этих решений выгодно выделит главный корпус университета как в рамках кампуса, так и в сложившейся городской среде города Тольятти. Благодаря этому, появляется возможность применения новых технологических решений по самым разным техническим направлениям (кровля, водосток, система вентиляции, пожарно-охранной сигнализации и т. д.). Также, проект предусматривает замену ветхих систем остекления (окон, витражей). Основная технология отделки наружных стен - облицовка керамогранитом на металлической подсистеме с дополнительным монтажом теплоизоляционного материала. Некоторые части фасада облицовываются природным камнем. В отделке входных групп применяются металлокомпозитные панели и изделия из стекла.

Фасад корпуса планируется выполнить в едином стиле с фасадом соседнего здания – института химии и инженерной экологии, внешняя отделка которого была проведена ранее. Облицовку фасада предполагается осуществить плиткой из керамогранита светло-бежевого цвета. Предполагаемый внешний вид здания после капитального ремонта представлен на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Вид фасада главного корпуса согласно эскиз-проекту

Холл первого этажа главного корпуса является главными воротами университета. Через него в университет первый раз входят будущие студенты, тут принимаются гости и почетные посетители университета. По предлагаемой эскизным проектом концепции холл главного корпуса существенно увеличивает свои функциональные площади за счет гардероба, который предложено вынести в дополнительное помещение. Новый гардероб предполагается оборудовать на части площади выходящей во внутренний двор университета. В этом же блоке есть возможность устройства панорамного лифта. Общий стиль интерьерных решений продолжает линию, выработанную при реконструкции актового зала ТГУ - соединение «классики и современности». С одной стороны, применяются самые современные материалы и технологии - потолки Грильято, светодиодное освещение, большой блок медиа. С другой стороны - натуральный камень (травертин и гранит) в отделке стен и колонн и классическое решение кессонных потолков. Предполагаемый внешний вид холла после капитального ремонта представлен на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 - Вид холла первого этажа главного корпуса согласно эскиз-проекту

Холл второго этажа главного корпуса является самым коммуникационно - напряженным. Он связывает между собой самые презентационно-значимые помещения университета - актовый зал, музей, медиахолдинг, зал заседаний ученого совета и т.д. Стилистически он решен так же как холл первого этажа. Особую роль в этом пространстве играют навигация и информационные блоки - например стенд «Попечительский совет», на котором представлены наши соотечественники, внесшие наиболее значимый вклад в формирование сегодняшнего облика Тольяттинского государственного университета. Его планируемый облик представлен на рисунке 1.4.

Облегченная система внутреннего ориентирования в пространстве презентационного фонда обеспечена тщательно проработанной и выверенной в целях повышения эргономичности и эстетичности пространства указателей и поясняющих табличек. Образцы оформления навигационных табличек и световых коробов линейной навигации представлены на рисунке 1.5. Пример дверной таблички представлен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.4 – Вид холла второго этажа главного корпуса согласно эскиз-проекту



Рисунок 1.5 – Навигационные таблички

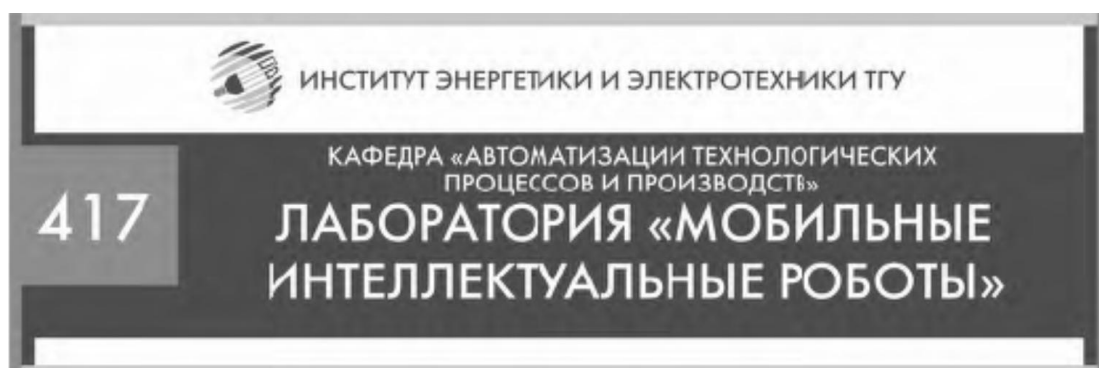


Рисунок 1.6 – Пример дверной таблички

Реализация дизайн проекта предполагает производство большого объема отделочных и декоративно оформительских работ. В рамках их выполнения целесообразной является так же замена основных коммуникаций здания, в особенности, в аспекте электроснабжения, что позволит не только повысить комфорт и улучшить вид интерьера здания, но и привести систему электроснабжения здания в соответствие с существующими нормами и правилами. Важность этого тем больше, что проводившиеся до настоящего времени ремонтные работы не способствовали приведению сетей к изменившимся требованиям, а лишь определялись требованиями текущей целесообразности.

В ходе выполнения процедур, предшествующих началу выполнения выпускной квалификационной работы, произведено обследование объекта проектирования, которое выявило ряд его особенностей, учитываемых при формировании будущего проекта.

Согласно материалам предпроектного обследования в рамках проекта необходимо предусмотреть следующие основные пункты:

- Замена кабелей, входящих в состав внешних электрических сетей.
- Замена ВРУ-1, а также пересмотр конфигурации оборудования электрощитовой в целях установления соответствия требованиям пожарной безопасности и ремонтпригодности.
- Реконструкция системы освещения объекта с приведением реальных значений освещенности помещений к существующим нормам и правилам, в особенности для помещений с недостаточной или крайне избыточной освещенностью.

– Реконструкция силовой розеточной сети: замена выработавшей ресурс алюминиевой проводки, а также, силовых кабелей в кабельных стояках.

– Обеспечение соответствия условий прокладки слаботочных сетей здания существующим нормам и правилам. В особенности, это касается электрических цепей, отвечающих за обеспечение срабатывания противопожарной автоматики.

– Восстановление нормального функционирования системы принудительной вентиляции в соответствии с существующими нормативно-техническими актами.

На настоящий момент работы по созданию проекта реконструкции здания только начаты, поэтому отсутствует четко сформулированное техническое задание на разработку ряда указанных в рекомендациях аспектов. Еще одной проблемой, ограничивающей проектирование на момент написания ВКР, является отсутствие проектной документации по смежным разделам, таким, как: ОВ (отопление и вентиляция), ПБ (пожарная безопасность), ТХ (расположение и назначение оборудования, принадлежность помещений), водоснабжение и водоотведение и т.д.

На основании вышеизложенного и рекомендаций, сформированных при выполнении предпроектного обследования, составлен план реконструкции, который изложен в следующем разделе выпускной квалификационной работы.

## 2 План реконструкции

Поскольку на настоящий момент имеется ряд ограничений, связанных с выполнением проектных процедур, считается целесообразным определить объем проектной работы, выполняемой в рамках ВКР. Это позволит наметить стратегию формирования проектной документации и наиболее эффективно использовать собранную в процессе проведения предварительного обследования информацию, а также объективно оценить объем предстоящей работы.

В рамках ВКР предполагается произвести следующие основные проектные процедуры:

- Произвести оценку нагрузки потребителя для дальнейшего расчета токов, протекающих в электрической сети и выбора проводников и оборудования.

- Сформировать карточку технических решений для утверждения основных аспектов формируемого проекта и их согласования с заказчиком – главным энергетиком Тольяттинского Государственного университета.

- Произвести выбор проводников внешних электрических сетей, соединяющих трансформаторную подстанцию с электрощитовой.

- Сформировать проект реконструкции силовой распределительной сети здания, в рамках которого предусмотреть замену устаревшего оборудования электрощитовой и проводников, соединяющих электрощитовую с групповыми щитками на этажах. Выполнение проектирования отходящих линий групповых щитков на настоящий момент является затруднительным в связи с отсутствием информации о расстановке электрооборудования в помещениях, поэтому в рамках ВКР не производится.

- Разработать раздел, содержащий данные по освещению объекта ВКР. В связи с наличием четко сформулированных требований заказчика, имеется возможность подробной разработки данного раздела с формированием однолинейных схем освещения и плана расположения светильников.

- Предусмотреть установку лотков для прокладки слаботочных сетей для повышения эргономичности и презентабельности интерьеров здания.



– Предусмотреть наличие свободной группы для подключения систем вытяжной и приточной вентиляции.

– Предусмотреть в электрощитовой наличие свободной группы для будущего подключения лифтового хозяйства, которое устанавливается в рамках программы «Доступная среда» по облегчению доступа людей с ограниченными возможностями на верхние этажи здания корпуса.

Поскольку на настоящий момент система принудительной циркуляции воздуха, предусматривавшаяся проектом 1961-го года демонтирована, в целях повышения комфорта людей, находящихся в здании, существует необходимость разработки раздела ОВ, в котором будет предусмотрена установка систем приточной и вытяжной вентиляции. Поскольку на настоящий момент данный раздел еще не разработан, мощность устройств системы вентиляции, а следовательно – значения номинальных характеристик используемого для питания оборудования рассчитывается укрупненным способом.

Таким образом, в результате выполнения выпускной квалификационной работы предполагается разработка документации, которая в дальнейшем ляжет в основу формируемого в настоящий момент специалистами проектного управления Тольяттинского государственного университета проекта реконструкции и позволит ускорить и упростить дальнейшие проектные разработки.

### 3 Анализ нагрузки потребителя

В рамках предпроектного обследования главного корпуса Тольяттинского Государственного университета было произведено измерение параметров системы электроснабжения, в числе которых была измерена мощность, потребляемая первым вводно-распределительным устройством в течение наиболее загруженных суток. Интервал осреднения составляет 30 минут.

На основании данных, полученных с анализатора, построены графики нагрузки потребителя для первого и второго вводно-распределительных устройств (представлены на рисунках 3.1 и 3.2, а также результат их суммирования (Рисунок 3.3).

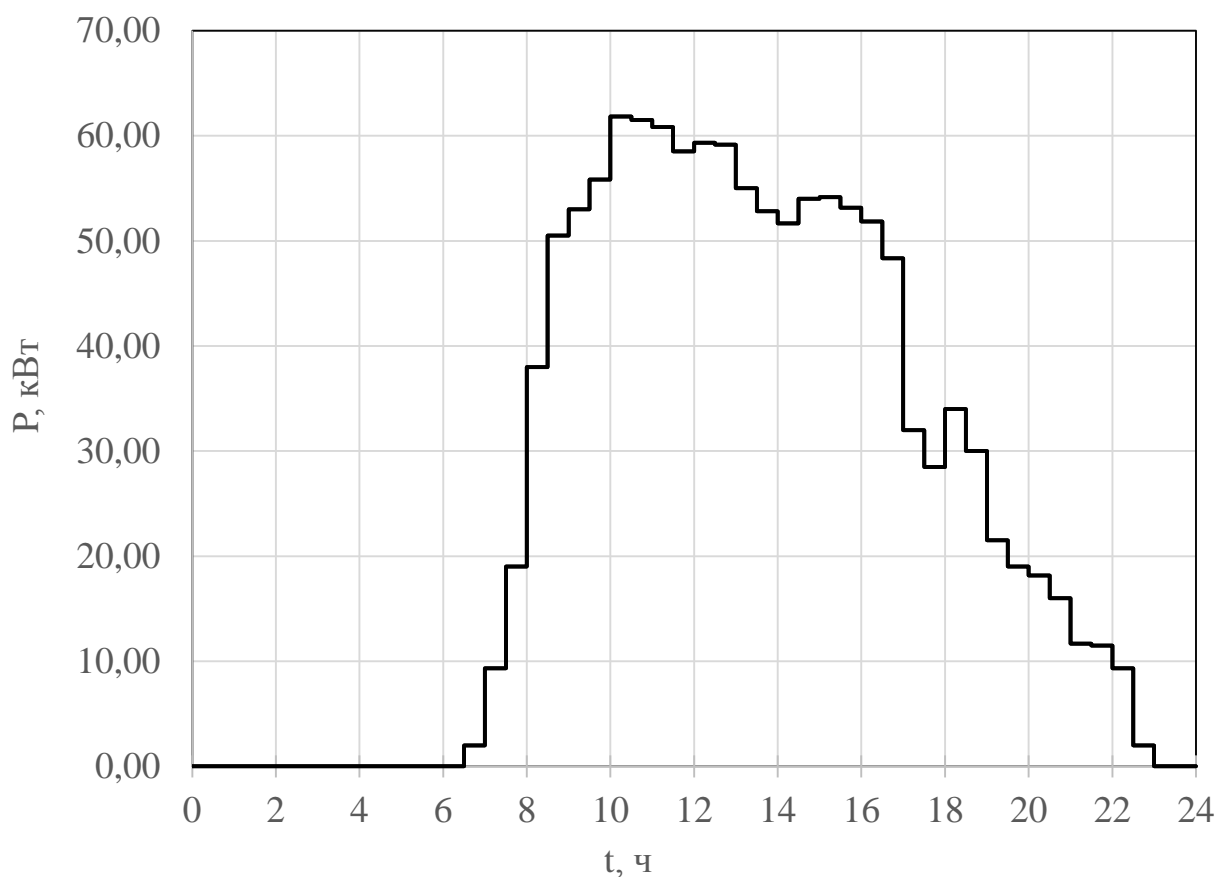


Рисунок 3.1 – Суточный график нагрузки для первого ввода ВРУ-1

Как видно из графика на рисунке 3.1, максимальная суточная нагрузка на первый ввод ВРУ-1 наблюдалась с 10:00 до 10:30 и составила 61,83 Вт.

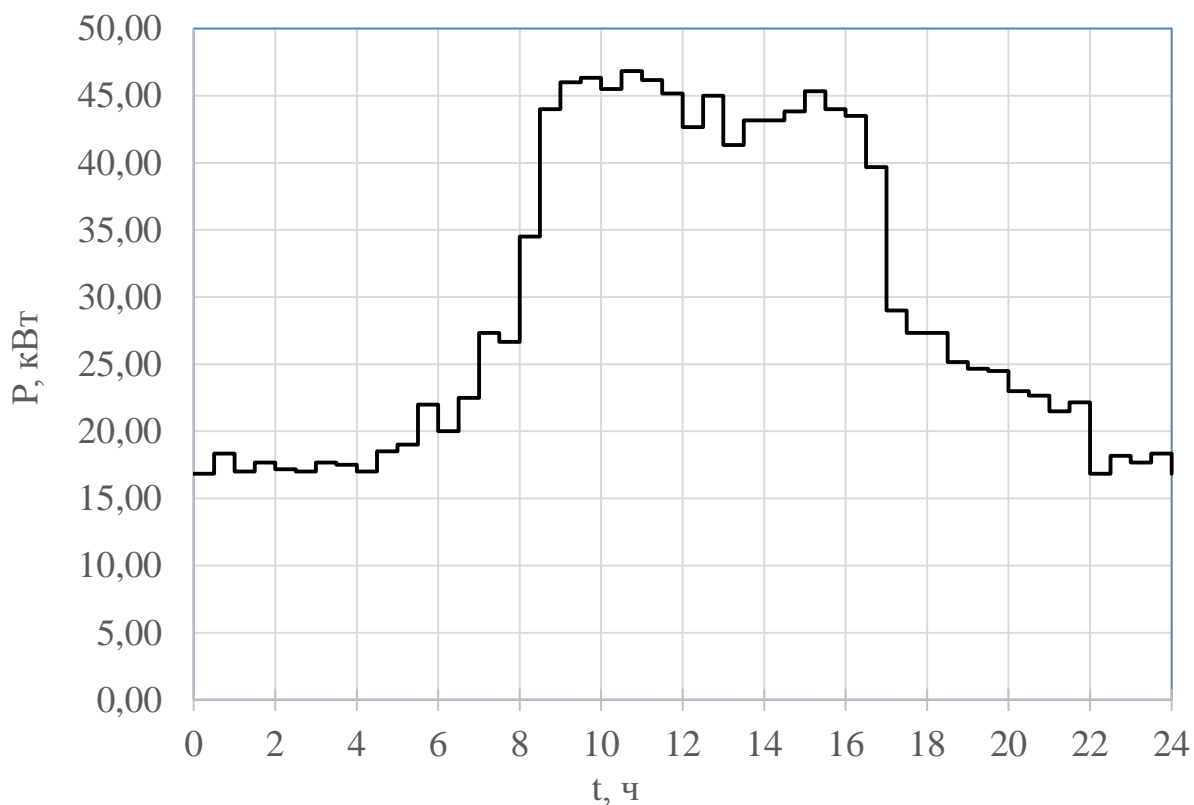


Рисунок 3.2 - Суточный график нагрузки для второго ввода ВРУ-1

На основании анализа графика на рисунке 3.2 можно сказать, что пиковая мощность нагрузки для второго ввода данного вводно-распределительного устройства наблюдалась в промежутке времени с 10:30 до 11:00 и составила 46,17 кВт.

В результате суммирования графиков на рисунках 3.1 и 3.2 получен суммарный суточный график нагрузки главного корпуса Тольяттинского государственного университета, представленный на рисунке 3.4.

Произведем анализ данного графика нагрузки.

– Максимальная мощность за сутки наблюдалась в период с 10:00 до 11:00 и составила:  $P_{1 \max} = 107,84$  кВт.

– Минимальная нагрузка за сутки составила  $P_{\min} = 16,83$  кВт

– Определим суммарное суточное потребление мощности для ВРУ-1 по формуле:

$$W = \sum_{i=1}^n P_i t \cdot t_i \quad (3.1)$$

Расчет произведем в программной среде Microsoft Excel.

$$W = 1334,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

– Вычислим среднюю мощность за период:

$$P_{\text{ср}} = \frac{W}{n} = \frac{1334,3}{24} = 55,6 \text{ кВт} \quad (3.2)$$

– Определяем время максимума нагрузки здания:

$$T_M = \frac{W}{P_{\text{max}}} = \frac{1334,3}{107,84} = 12,37 \text{ ч} \quad (3.3)$$

– Вычисляем коэффициент заполнения графика:

$$k_3 = \frac{T_M}{24} = \frac{12,37}{24} = 0,52 \quad (3.4)$$

Таким образом, произведен расчет параметров графика нагрузки первого вводно-распределительного устройства, которые будут необходимы при дальнейшем проектировании и реконструкции здания.

В ходе замены оборудования ВРУ-2 службой главного энергетика ТГУ был произведен мониторинг показателей качества электрической энергии. В числе прочих данных была измерена максимальная мощность на вводе данного ВРУ, которая составила:

$$P_{2 \text{ max}} = 61,4 \text{ кВт}$$

В дальнейшем, необходимо сформировать карточку технических решений, которая станет основой будущего проекта и определит основные направления и средства реконструкции системы электроснабжения

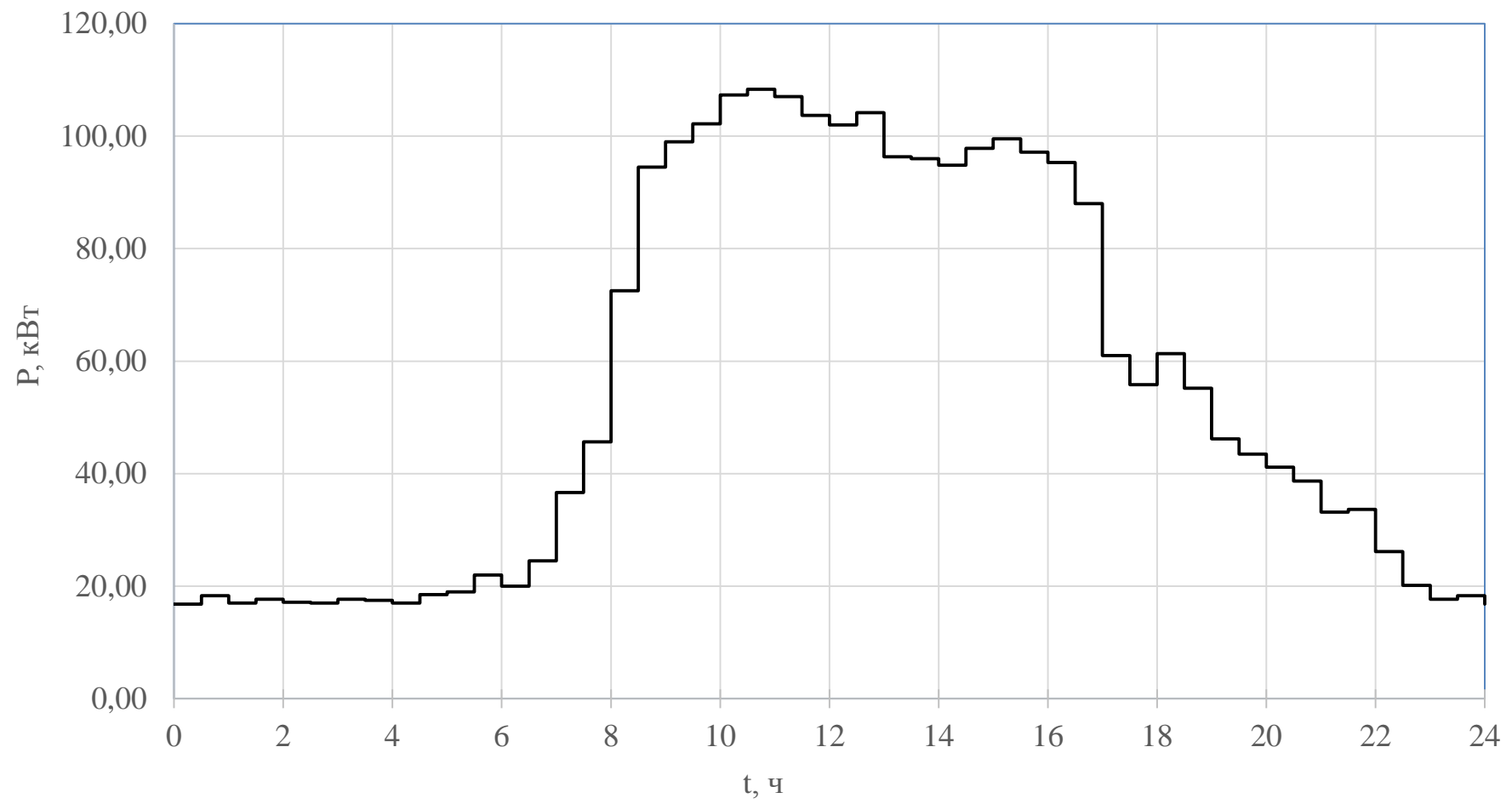


Рисунок 3.3 – Суточный график нагрузки потребителя

#### 4 Карточка технических решений

В данном пункте рассматриваются основные технические решения, положенные в основу проекта реконструкции системы электроснабжения главного корпуса Тольяттинского Государственного университета, включая как вопросы общетехнического плана, так и качественные, касающиеся марок и производителей оборудования. Вышеописанные данные сведены в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Карточка технических решений

| № | Виды и марка материалов, конструкций и оборудования | МКОТ используемые в проекте   | ГОСТ, ТУ, Серия, Каталог и т.д. |
|---|---|---|---------------------------------|
| 1 |   | <b><u>Электротехнические решения по пункту 5</u></b><br><b><u>«Реконструкция внешних электрических сетей»</u></b>   |                                 |
| 2 | Опоры   | Опоры не предусмотрены. Сети выполнены в кабельных траншеях.  |                                 |
| 3 | Питающие электрические сети                         | Для соединения ТП с ВРУ проектом предусмотрены кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АПвБШв, производства Камкабель (г. Пермь).                     | ТУ 16.К71-277-98.               |
| 4 | Прокладка проводки                                  | При пересечении с дорогами, кабели прокладываются в асбестоцементной трубе Ду150. По всей длине прокладки кабеля укладывается сигнальная лента, ширина 150мм. |                                 |

Продолжение таблицы 4.1

|    |   |  |   |
|----|---|--|---|
| 5  |   | <b><u>Электротехнические решения по пункту 6</u></b><br><b><u>«Реконструкция силовой распределительной сети»</u></b>   |   |
| 6  | Система измерения и учета электрической энергии             | Установка счетчиков электрической энергии производится на трансформаторной подстанции. К установке принимаются счетчики технического учета марки «Меркурий 230 ART».   |   |
| 7  | Оборудование для распределения и подключения электроэнергии | В качестве защитной аппаратуры применяются предохранители марки ППНИ-33 для распределительных сетей и автоматические выключатели ВА 47-29 для групповых щитков.  | Производитель<br>ООО «ИЭК»                        |
| 8  | Распределительные электрические сети                        | Выполнены кабелями марки ВВГнг(А)-LS и ВВГнг(А)-FRLS.  | Камкабель (г. Пермь), ГОСТ Р 53769-2010           |
| 9  |   | <b><u>Электротехнические решения по пункту 7</u></b><br><b><u>«Реконструкция системы освещения»</u></b>  |   |
| 10 | Осветительное оборудование                                  | В установке общего внутреннего освещения используется светильник светодиодный с защитным микропризматическим рассеивателем из поликарбоната производства компании ООО «СветТехСервис»                              | ООО «Свет-ТехСервис»<br>ТУ 3461-001-59647694-2016 |
| 11 | Групповые сети освещения                                    | Сети аварийного освещения выполняются кабелем ВВГнг-FRLS - кабель силовой с медными жилами и изоляцией из ПВХ-пластиката с пониженным дымогазовыделением, огнестойкий. Сети рабочего освещения – кабелем ВВГнг-LS. | Камкабель (г. Пермь), ГОСТ Р 53769-2010           |
| 12 | Коммутационно-защитное оборудование                         | В качестве коммутационно – защитной аппаратуры групповых сетей применяются автоматические выключатели ВА 47-29   | Производитель<br>ООО «ИЭК»                        |

Таким образом, произведен выбор типов оборудования, применяемого при формировании проекта реконструкции главного корпуса тольяттинского государственного университета. Необходимо отметить, что в процессе определения основных поставщиков оборудования, упор делался на отечественных производителей электротехнических приборов и аппаратов, что обусловлено, с одной стороны, политикой импортозамещения, реализуемой в Российской Федерации, а с другой – низкой стоимостью, высоким качеством и техническими показателями данной продукции.

Так завод компании ООО «СветТехСервис» находится в городе Тольятти, компании ООО «Камкабель» - в Перми, а основные производственные мощности компании ИЭК сосредоточены в Подмосковье. Это позволит сэкономить на доставке оборудования и обеспечить его оперативный подвоз.

Далее необходимо произвести выбор питающих сетей, соединяющих трансформаторную подстанцию с ВРУ здания. Дальнейший расчет предполагается выполнять на основании данных полученных в ходе предпроектного обследования.

Единицы измерения электрических величин, которые применяются в ходе выполнения расчетов по проекту принимаются на основании [1]



## 5 Реконструкция внешних электрических сетей

Полная замена кабелей, питающих вводно-распределительные устройства здания главного корпуса не производилась с момента постройки, что привело к ряду аварий, в ходе которых параллельно поврежденным кабелям прокладывались новые линии.

Коммерческий учет электрической энергии предполагается осуществлять путем использования счетчиков, устанавливаемых на трансформаторной подстанции. Анализ результатов учета электроэнергии предполагается организовать на основании методики, описанной в [2].

При реконструкции электрощитовой, производившейся ранее, была произведена замена вводно-распределительного устройства №2, однако линия, питающая его изменений также не претерпела.

В качестве линии, соединяющей трансформаторную подстанцию с вводно-распределительными устройствами, расположенными в электрощитовой, в соответствии с данными таблицы 4.1 решено использовать кабель АПвБШв – с алюминиевыми жилами, изоляцией жил из сшитого полиэтилена, броней из двух стальных лент, оболочкой из ПВХ пластиката.

В соответствии с техническим заданием, каждое ВРУ имеет одну секционированную систему шин, каждая из которых питается от отдельного кабеля.

На основании вышеизложенного произведем выбор сечений питающего кабеля по допустимой токовой нагрузке.

– Определим мощность, приходящуюся на один кабель.

В соответствии с условиями технического задания, необходимо обеспечить надежное электроснабжение корпуса в случае повреждения любого из вводно-распределительных устройств, а также линий, питающих ВРУ.

На основании данных пункта 3 максимальное значение мощности составляет: 107,84 кВт для ВРУ-1 и 61,4 кВт для ВРУ-2.

На основании данных предпроектного обследования выяснено, что в рабочее время коэффициент мощности  $\cos \varphi \approx 1$ . Данный режим является неблагоприятным.

гоприятным для сети электроснабжения, так как приводит к возникновению резонанса. Путем перераспределения нагрузки после реконструкции предполагается привести значение коэффициента мощности к значению 0,95. На основании этого произведем определение полной мощности, передаваемой по питающим кабелям:

$$S_{1к} = \frac{P_{1max}}{0,95} = \frac{107,84}{0,95} = 113,5 \text{ кВАр} \quad (5.1)$$

$$S_{2к} = \frac{P_{2max}}{0,95} = \frac{61,4}{0,95} = 64,63 \text{ кВАр} \quad (5.2)$$

Рассчитаем ток в питающих линиях:

$$I_{1п} = \frac{S_{1к}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{113,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 172,6 \text{ А} \quad (5.3)$$

$$I_{2п} = \frac{S_{2к}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{64,63}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 98,3 \text{ А} \quad (5.4)$$

По длительно допустимой токовой нагрузке для питания здания выбираем:

– Для ВРУ-1 два кабеля АПвБШв-4х70. В соответствии с [3] при прокладке в грунте допустимая токовая нагрузка такого кабеля составит:

$$I_{доп} = 201 \text{ А} > I_p = 172,6 \text{ А}$$

Подключение кабеля для ВРУ-1 осуществляется к фидерам 2 и 8.

– Для ВРУ-2 два кабеля АПвБШв-4х35. В соответствии с [3] при прокладке в грунте допустимая токовая нагрузка такого кабеля составит:

$$I_{доп} = 137 \text{ А} > I_p = 98,3 \text{ А}$$

Подключение кабеля для ВРУ-2 осуществляется к фидерам 5 и 13.

Использование кабелей из сшитого полиэтилена позволит повысить надежность электроснабжения и увеличить долговечность функционирования питающих сетей.

Кроме того, использование данного материала изоляции кабелей продиктовано мировыми тенденциями. Так, в соответствии с описанием, которое дает автор [4], все без исключения страны, которые можно отнести к развитым, на настоящий момент отказались от кабелей с бумажной изоляцией, применяя для питания объектов кабели с изоляцией из различных марок полиэтилена, либо, в некоторых случаях, поливинилхлорида.

Это обусловлено более высокой надежностью таких материалов и, в особенности, простотой монтажа и эксплуатации кабелей.

Далее необходимо произвести выбор оборудования электрощитовой, а также сечений проводников силовой распределительной сети.

Моделирование кабелей с применением методики, описанной в [5] дает, помимо прочего, добиться выдающихся показателей долговечности линии, что не может не радовать, учитывая стоимость кабельной продукции на современном рынке товаров.

## **6 Реконструкция силовой распределительной сети**

В рамках реконструкции системы электроснабжения главного корпуса Тольяттинского Государственного университета предполагается произвести замену устаревшего ВРУ-1, установку автоматических выключателей на место рубильников типа ЯБПВ, а также выполнить замену проводников силовой распределительной сети.

Поскольку на настоящий момент происходит уточнение назначения и расположения помещений здания, формирование проекта групповой розеточной сети невозможно. Однако, поскольку расположение групповых щитков остается неизменным, имеется возможность выбора проводников силовой распределительной сети.

### **6.1 Реконструкция оборудования электрощитовой**

При частичном ремонте здания, производившемся ранее, была произведена замена вводно-распределительного устройства №2, от которого осуществляется питание таких помещений, как: актовый зал, библиотека, кабинет ректора.

Была произведена установка шкафов производства компании ООО «ЭТС»:

- ВРУ-1-13-20 – вводной шкаф с переключателем на 400 А.
- ВРУ-1-47-00 – распределительный шкаф с предохранителями для защиты отходящих линий.
- ВРУ-1-17-70 – шкаф секционирования с выключателем на 100 А, предохранителями и АВР.

Поскольку данное оборудование на настоящий момент не является устаревшим, его замена не производится.

В рамках реконструкции электрощитовой планируется произвести:

- Демонтаж установленного на настоящий момент ВРУ-1

– Установка вводного устройства ВРУ-1-13-20 УХЛ-4 – шкаф вводной с переключателем на 400 А.

– Установка двух распределительных шкафов (ГРЩ) ВРУ-1-47-00 – устройство распределительное с предохранителями для защиты отходящих линий. Один из них осуществляет секционирование в рамках ВРУ-1, второй – в рамках электрощитовой. Далее произведем выбор проводников силовой распределительной сети и аппаратов защиты.

## **6.2 Разработка проектных решений в области реконструкции силовой распределительной сети**

Проводники распределительной сети, подключенные к ВРУ-1 нуждаются в замене. Это обусловлено, как и в случае с внешними электрическими сетями, превышением номинального срока эксплуатации.

Кроме того, в ходе предпроектного обследования выяснилось несоответствие показателя равномерности распределения нагрузки по фазам нормам пункта 4.2.5 [6]. Это ведет к возникновению повышенной опасности износа проводников.

Поскольку на настоящий момент невозможно досконально проанализировать карту распределения нагрузок между групповыми щитками после проведения реконструкции, мощность приемников, подключаемых к групповым щиткам определяется укрупненным способом, на основании методики, изложенной в источнике [7]. Кроме того, при разработке раздела будем руководствоваться источником [8], который устанавливает общие положения проектирования административных зданий.

В соответствии с положениями данного документа (в частности, с пунктом 7.2) предельная нагрузка на кабели силовой распределительной сети для главного корпуса, как для «здания или помещения учреждений управления, проектной или конструкторской организации» составляет:

$$P_{\Sigma} = S_{\Sigma} \cdot P_{\text{укр}} = 10286,1 \cdot 0,054 = 555,45 \text{ кВт} \quad (6.1)$$

где:

$P_{\text{укр}}$  – укрупненная удельная нагрузка, кВт/м<sup>2</sup>

$S_{\Sigma}$  – суммарная площадь реконструируемых помещений главного корпуса.

При этом, необходимо учитывать, что данная нагрузка рассчитывается исходя из максимальных потребляемых мощностей. Однако, значительная часть помещений корпуса, оснащенных розетками используется в качестве хозяйственных и вспомогательных помещений, где розетки предусмотрены, но применяются исключительно в случае технического обслуживания помещений, а нагрузка переносных приемников пренебрежительно мала. В свою очередь, монтаж розеток в соответствии с методикой, описанной в [9] позволит максимально избежать последствий некорректной работы точек присоединения.

Другая часть помещений – учебные аудитории, штепсельные точки присоединения в которых используются эпизодически. На основании данных о количественном составе помещений различных типов и используемости розеток в них составлена таблица 6.1, в которой отражены коэффициенты спроса для силовой розеточной сети в помещениях различного типа и процентный состав их площади по отношению к общим реконструируемым площадям.

Таблица 6.1 – Комплексные данные нагрузки потребителя

| Тип помещения                      | S, м <sup>2</sup> | S, % | K <sub>c</sub> | P <sub>Σ</sub> , кВт |
|------------------------------------|-------------------|------|----------------|----------------------|
| Кладовая, коридор                  | 4170,7            | 38,5 | 0,05           | 10,7                 |
| Подсобное, хозяйственное помещение | 441,5             | 4,0  | 0,24           | 5,3                  |
| Учебная аудитория                  | 2157,1            | 20,0 | 0,46           | 51,1                 |
| Административное помещение         | 4157,5            | 37,5 | 0,65           | 135,2                |

Далее определим нагрузку каждой из категорий помещений и занесем результат расчета в таблицу 6.1. Ниже приведен пример расчета для кладовых и коридоров, нагрузки прочих помещений рассчитываются аналогично:

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma} \cdot K_c \cdot \frac{S, \%}{100} = 555,45 \cdot 0,05 \cdot \frac{38,5}{100} = 10,7 \text{ кВт.} \quad (6.2)$$

Распределение помещений по этажам приблизительно равномерно, поэтому для расчета укрупненным методом примем одинаковость нагрузки силовых щитов. На основании вышеизложенного расчетная нагрузка составляет:

$$P_p = 202,39 \text{ кВт}$$

Тогда нагрузка на один силовой щит, при условии, что в соответствии с однолинейной схемой корпуса всего щитов:

$$n_{\text{щ}} = 9$$

Тогда:

$$P_{\text{щс}} = \frac{P_p}{n_{\text{щс}}} = \frac{202,39}{9} = 22,49 \text{ кВт} \quad (6.3)$$

Для кабеля, с помощью которого (шлейфом) осуществляется присоединение двух щитков, расчетная нагрузка составит:

$$P_{2\text{щс}} = P_{\text{щс}} \cdot 2 = 22,49 \cdot 2 = 44,98 \text{ кВт} \quad (6.4)$$

Далее произведем определение токов, протекающих в кабелях силовой распределительной сети (при условии, что коэффициент мощности после реконструкции будет составлять 0,95).

– Для присоединения одного щитка:

$$I_{\text{щс}} = \frac{P_{\text{щс}}}{\cos\varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{22,49}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 36,01 \text{ А} \quad (6.5)$$

– Для присоединения двух щитков:

$$I_{2\text{ЩС}} = I_{\text{ЩС}} \cdot 2 = 36,01 \cdot 2 = 72,02 \text{ А} \quad (6.6)$$

Для защиты отходящих линий используются устанавливаемые в шкафах ВРУ-1-47-00 предохранители марки ППНИ-33 (предохранитель плавкий наполненный с изолирующим слоем из армированного терморезистивного пластика), производимые российской компанией ИЕК. Число 33 в маркировке означает, что номинальный ток основания предохранителя составляет 160 А.

– Для подключения одного щитка выберем предохранитель ППНИ-33-51-00 УХЛЗ с плавкой вставкой на 40 А с номинальной отключающей способностью 100 кА.

– Для подключения одного щитка выберем предохранитель ППНИ-33-51-00 УХЛЗ с плавкой вставкой на 80 А с номинальной отключающей способностью 100 кА.

Далее произведем выбор проводников силовой распределительной сети.

В качестве проводников, на основании таблицы 4.1 применим кабели марки ВВГнг(А)-LS.

По условию обеспечения соответствия аппаратов защиты используемому проводнику:

$$I_{\text{доп}} > K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{вс}} > I_{\text{ЩС}}, \quad (6.7)$$

где:

$I_{\text{доп}}$  – длительно допустимый ток кабеля

$I_{\text{вс}}$  – номинальный ток плавкой вставки

$K_{\text{зщ}}$  - снижающий коэффициент (коэффициент защиты)

При прокладке в кабельном лотке  $K_{\text{зщ}} = 1$ .

– Для присоединения одного силового щита выберем кабель ВВГнг(А)-LS-5x10:



$$I_{\text{доп}} = 50 \text{ A} > K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{вс}} = 1 \cdot 40 \text{ A} \quad (6.8)$$

– Для присоединения двух силовых щитов (шлейфом) выберем кабель ВВГнг(А)-LS-5х25:

$$I_{\text{доп}} = 85 \text{ A} > K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{вс}} = 1 \cdot 80 \text{ A} \quad (6.9)$$

На основании формы 6 [7, с. 10] сформируем кабельнотрубный журнал (таблица 6.2) для определения способа прокладки кабельных трасс, а также потребности в кабелях и трубах.

Таблица 6.2 – Кабельный журнал для силовой распределительной сети

| Обозначение<br>кабеля, провода | Трасса |        | Кабель      |   |             |
|--------------------------------|--------|--------|-------------|---|-------------|
|                                | Начало | Конец  | По проекту  |   |             |
|                                |        |        | Марка       | Количество<br>кабелей<br>и сечение<br>жил | Длина,<br>м |
| М1-ф.6                         | ГРЩ-1  | ЩС-1.1 | ВВГнг(А)-LS | 1(5х25)                                   | 63,2        |
| М1-ф.6                         | ЩС-1.1 | ЩС-1.2 | ВВГнг(А)-LS | 1(5х25)                                   | 3,5         |
| М1-ф.5                         | ГРЩ-1  | ЩС-1.3 | ВВГнг(А)-LS | 1(5х25)                                   | 70,2        |
| М1-ф.5                         | ЩС-1.3 | ЩС-1.4 | ВВГнг(А)-LS | 1(5х25)                                   | 3,5         |
| М2-ф.4                         | ГРЩ-2  | ЩС-2.1 | ВВГнг(А)-LS | 1(5х25)                                   | 38,1        |
| М2-ф.4                         | ЩС-2.1 | ЩС-2.2 | ВВГнг(А)-LS | 1(5х25)                                   | 3,5         |
| М2-ф.3                         | ГРЩ-2  | ЩС-2.3 | ВВГнг(А)-LS | 1(5х25)                                   | 45,1        |
| М2-ф.3                         | ЩС-2.3 | ЩС-2.4 | ВВГнг(А)-LS | 1(5х25)                                   | 3,5         |
| М2-ф.2                         | ГРЩ-1  | ЩС-3.1 | ВВГнг(А)-LS | 1(5х10)                                   | 107,4       |

Далее необходимо произвести расчет системы освещения здания, которая на настоящий момент представлена большим разнообразием различных светильников, что затрудняет их ремонт, замену ламп, а также приводит к тому, что в большом количестве помещений освещенность не соответствует существующим нормам и правилам. Предполагается произвести расчет для двух вариантов осветительной установки с использованием различных светильников,

производимых тольяттинским заводом компании ООО «СветТехСервис» и выбор наиболее выгодного варианта по совокупности технико-экономических показателей.

## 7 Реконструкция системы освещения

Расчет освещенности помещений производится в программной среде DiaLUX. Элементы интерьера при вычислении освещенности не учитываются. Нормы освещенности принимаются в соответствии с [10].

Так как в здании имеется большое количество схожих по площади и назначению помещений, расчет производится не для каждого из них, а для одного или двух наиболее характерных (наибольших по площади) для каждой категории. Результаты распределения помещений по категориям представлены в таблице 1. Разбивка на категории осуществляется по площади помещений. Если в группе одновременно присутствуют помещения различного назначения, то расчет производится для двух помещений из одной и той же группы (например, для административного (а) и складского или бытового (б)).

Расположение рассчитываемых помещений описывается ситуационными планами, представленными в графической части.

Светотехнический расчет для коридоров производится отдельно - их элементы объединены в отдельную категорию ПК. При этом, коридоры этажей с первого по четвертый причислены к подкатегориям ПК1 - ПК4, соответственно.

Для помещений с буквенной маркировкой:

- МСЗ - малый спортивный зал
- ХР - хранилище библиотеки
- АЗ - актовый зал
- БФ - буфет

расчет не производится, так как план их освещения будет прорабатываться отдельно.

К расчету принимается два варианта исполнения искусственного освещения. В соответствии с информацией, представленной в [11], наиболее экономически целесообразным вариантом для оборудования корпуса являются светодиодные светильники. К рассмотрению принимаются следующие варианты осветительной установки:

– Со светильниками марки СВПО СТС 01-40-007 в коридорах и помещениях

– Со светильниками марки СВПО СТС 01-40-007 в коридорах и светильниками СДП СТС 60-107 в прочих помещениях.

Длина подвеса для светильника СВПО СТС 01-40-007 принята равной 0,1 м для учета монтажа в составе потолков типа "армстронг".

В таблице 7.1 представлена ведомость распределения помещений по категориям.

Таблица 7.1 – Ведомость распределения помещений по категориям

| Кат.     | Площадь, м <sup>2</sup> |      | Кол-во помещений | Высота, м | ИН         | № эксп. | Эт.  |
|----------|-------------------------|------|------------------|-----------|------------|---------|------|
|          | От                      | До   |                  |           |            |         |      |
| 1        | 2                       | 3    | 4                | 5         | 6          | 7       | 8    |
| 0        | 1,1                     | 3,9  | 19               | 3250      | 1002       | 2       | 1    |
| 1        | 4,5                     | 5,8  | 7                | 3250      | 3012       | 12      | 3    |
| 2        | 6,3                     | 7,7  | 9                | 3250      | 1092       | 90      | 1    |
| 3        | 8                       | 9,8  | 9                | 3250      | 1044       | 42      | 1    |
| 4 (а, б) | 10,3                    | 11,9 | 0                | 3250      | 1076, 3044 | 74, 44  | 1, 3 |
| 5        | 12,3                    | 14   | 8                | 3250      | 1078       | 76      | 1    |
| 6        | 14,7                    | 15,4 | 6                | 3250      | 4026       | 26      | 4    |
| 7 (а, б) | 16                      | 16,9 | 0                | 3250      | 2035, 2079 | 34, 78  | 2    |
| 8 (а, б) | 17                      | 17,9 | 0                | 3250      | 1021, 1034 | 19, 32  | 1    |
| 9 (а, б) | 18,4                    | 19,5 | 0                | 3250      | 1070, 1050 | 68, 48  | 1    |
| 10       | 19,6                    | 20,5 | 15               | 3250      | 2086       | 85      | 2    |
| 11       | 20,7                    | 21,5 | 22               | 3250      | 1040       | 38      | 1    |
| 12       | 21,6                    | 22,5 | 38               | 3250      | 2031       | 30      | 2    |
| 13       | 22,7                    | 23,2 | 6                | 3250      | 1056       | 54      | 1    |
| 14       | 23,8                    | 24,8 | 3                | 3250      | 1064       | 62      | 1    |
| 15       | 25,2                    | 26,1 | 3                | 3250      | 4023       | 23      | 4    |
| 16       | 27,5                    | 28,6 | 6                | 3250      | 2020       | 19      | 2    |
| 17       | 30,8                    | 33,6 | 8                | 3250      | 1015       | 14а     | 1    |
| 18       | 41                      | 42,1 | 5                | 3250      | 4020       | 20      | 4    |
| 19       | 42,9                    | 44,5 | 16               | 3250      | 3035       | 35      | 3    |
| 20       | 44,7                    | 46,1 | 5                | 3250      | 1008       | 8       | 1    |
| 21       | 47,3                    | 48,8 | 6                | 3250      | 4063       | 63      | 4    |
| 22       | -                       | 52,7 | 1                | 3250      | 1014       | 14      | 1    |
| 23       | -                       | 58   | 1                | 3250      | 1057       | 55      | 1    |
| 24       | 64,3                    | 66   | 4                | 3250      | 4054       | 54      | 4    |
| 25       | 66,3                    | 67,9 | 8                | 3250      | 3068       | 68      | 3    |

Продолжение таблицы 7.1

| 1   | 2     | 3     | 4  | 5    | 6    | 7  | 8 |
|-----|-------|-------|----|------|------|----|---|
| 26  | 68,4  | 68,5  | 2  | 3250 | 2085 | 84 | 2 |
| 27  | 69,3  | 72,6  | 3  | 3250 | 3020 | 20 | 3 |
| 28  | -     | 76,4  | 1  | 3250 | 1016 | 15 | 1 |
| 29  | 83,2  | 85,9  | 2  | 3250 | 4048 | 48 | 4 |
| 30  | 87,3  | 89,6  | 5  | 3250 | 3024 | 24 | 3 |
| 31  | 89,9  | 94,6  | 2  | 3250 | 2062 | 61 | 2 |
| 31  | 89,9  | 94,6  | 2  | 3250 | 2062 | 61 | 2 |
| 32В | 99,1  | 101,3 | 3  | 5350 | 3047 | 47 | 3 |
| 33  | 110,3 | 114,9 | 2  | 3250 | 2066 | 65 | 2 |
| 34В | -     | 204,3 | 0  | 5350 | 3034 | 34 | 3 |
| ПК  | -     | -     | 25 | 3250 | -    |    | - |
| МСЗ | -     | 426,2 | 1  | 5350 | 1024 | 22 | 1 |
| ХР  | -     | 466,6 | 1  | 3250 | 1082 | 80 | 1 |
| АЗ  | -     | 506,2 | 1  | 5350 | 2045 | 44 | 2 |
| БФ  | -     | 65,9  | 1  | 3250 | 1047 | 45 | 1 |

В результате проведения расчетов в программной среде DiaLUX для каждой из оговоренных выше категорий помещений получены значения расчетной освещенности, определенные для каждого из двух вариантов.

Подробные результаты определения необходимого количества светильников для помещений каждой категории сведены в таблицу 7.1, представленную ниже.

Итоги светотехнического расчета приведены в таблице 7.2 (см. на следующей странице пояснительной записки).

На основании данных результатов целесообразно произвести оценку технико-экономических показателей с целью выявления наиболее экономичного варианта реконструкции.

Таблица 7.2 – Результаты светотехнического расчета

| S кат. | ИН   | S,<br>м <sup>2</sup> | h,<br>м | E <sub>норм.</sub> ,<br>Лк | n <sub>св</sub> №1 | E <sub>ср</sub> №1,<br>Лк | n <sub>св</sub> №2 | E <sub>ср</sub> №2,<br>Лк |
|--------|------|----------------------|---------|----------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|
| 1      | 2    | 3                    | 4       | 5                          | 6                  | 7                         | 8                  | 9                         |
| 0      | 1002 | 3,9                  | 3,9     | 100                        | 1                  | 208                       | 1                  | 379                       |
| 1      | 3012 | 5,8                  | 5,8     | 100                        | 1                  | 157                       | 1                  | 286                       |
| 2      | 1092 | 7,7                  | 7,7     | 100                        | 1                  | 135                       | 1                  | 246                       |
| 3      | 1044 | 9,8                  | 9,8     | 100                        | 1                  | 145                       | 1                  | 266                       |
| 4а     | 1076 | 11,9                 | 11,9    | 400                        | 4                  | 527                       | 2                  | 507                       |
| 4б     | 3044 | 11,6                 | 11,6    | 100                        | 1                  | 132                       | 1                  | 243                       |
| 5      | 1078 | 13,2                 | 13,2    | 400                        | 4                  | 485                       | 2                  | 470                       |
| 6      | 4026 | 15                   | 15      | 400                        | 4                  | 443                       | 2                  | 426                       |
| 7а     | 2035 | 16,8                 | 16,8    | 400                        | 6                  | 637                       | 2                  | 413                       |
| 7б     | 2079 | 16,9                 | 16,9    | 100                        | 2                  | 183                       | 1                  | 175                       |
| 8а     | 1021 | 17,9                 | 17,9    | 400                        | 6                  | 614                       | 3                  | 597                       |
| 8б     | 1034 | 16,1                 | 16,1    | 100                        | 2                  | 192                       | 1                  | 181                       |
| 9а     | 1070 | 19,1                 | 19,1    | 400                        | 6                  | 547                       | 3                  | 536                       |
| 9б     | 1050 | 19,5                 | 19,5    | 100                        | 2                  | 178                       | 1                  | 169                       |
| 10     | 2086 | 20,5                 | 20,5    | 400                        | 6                  | 575                       | 3                  | 557                       |
| 11     | 1040 | 21,5                 | 21,5    | 400                        | 6                  | 533                       | 3                  | 517                       |
| 12     | 2031 | 22,5                 | 22,5    | 400                        | 6                  | 501                       | 3                  | 493                       |
| 13     | 1056 | 23,2                 | 23,2    | 400                        | 6                  | 510                       | 3                  | 502                       |
| 14     | 1064 | 24,8                 | 24,8    | 400                        | 6                  | 494                       | 3                  | 487                       |
| 15     | 4023 | 25,5                 | 25,5    | 400                        | 6                  | 468                       | 3                  | 463                       |
| 16     | 2020 | 28,6                 | 28,6    | 400                        | 6                  | 413                       | 3                  | 410                       |
| 17     | 1015 | 30,8                 | 30,8    | 400                        | 6                  | 516                       | 3                  | 508                       |
| 18     | 4020 | 42                   | 42      | 400                        | 9                  | 452                       | 6                  | 583                       |
| 19     | 3035 | 44,5                 | 44,5    | 400                        | 9                  | 449                       | 6                  | 580                       |
| 20     | 1008 | 46,1                 | 46,1    | 400                        | 9                  | 456                       | 6                  | 589                       |
| 21     | 4063 | 48,8                 | 48,8    | 400                        | 9                  | 453                       | 6                  | 584                       |
| 22     | 1014 | 52,7                 | 52,7    | 400                        | 12                 | 475                       | 6                  | 463                       |
| 23     | 1057 | 58                   | 58      | 400                        | 12                 | 475                       | 6                  | 463                       |
| 24     | 4054 | 66                   | 66      | 400                        | 15                 | 461                       | 8                  | 474                       |
| 25     | 3068 | 67,9                 | 67,9    | 400                        | 15                 | 507                       | 6                  | 400                       |
| 26     | 2085 | 68,5                 | 68,5    | 400                        | 15                 | 519                       | 6                  | 409                       |
| 27     | 3020 | 70,4                 | 70,4    | 400                        | 15                 | 505                       | 8                  | 524                       |
| 28     | 1016 | 76,4                 | 76,4    | 400                        | 16                 | 468                       | 8                  | 463                       |

Продолжение таблицы 7.2

| 1   | 2    | 3     | 4     | 5   | 6  | 7   | 8  | 9   |
|-----|------|-------|-------|-----|----|-----|----|-----|
| 29  | 4048 | 84,8  | 84,8  | 400 | 15 | 510 | 8  | 532 |
| 30  | 3024 | 89,3  | 89,3  | 400 | 20 | 492 | 9  | 434 |
| 31  | 2062 | 89,9  | 89,9  | 400 | 20 | 520 | 8  | 417 |
| 32В | 3047 | 101,3 | 101,3 | 400 | 24 | 458 | 12 | 439 |
| 33  | 2066 | 114,9 | 114,9 | 400 | 24 | 510 | 12 | 502 |
| 34В | 3034 | 204,3 | 204,3 | 400 | 42 | 469 | 20 | 421 |
| ПК1 | 1000 | 581,9 | 581,9 | 100 | 32 | 102 | 32 | 101 |
| ПК2 | 2000 | 688,2 | 688,2 | 100 | 45 | 129 | 45 | 129 |
| ПК3 | 3000 | 520,3 | 520,3 | 100 | 38 | 138 | 38 | 138 |
| ПК4 | 4000 | 522,1 | 522,1 | 100 | 33 | 127 | 33 | 127 |

Основными аспектами технико-экономического обоснования эффективности применения той, или иной системы освещения являются:

- Стоимость приобретения светильников
- Установленная мощность осветительной установки и связанные с ней затраты электрической энергии.

- Стоимость работ по монтажу питающей светильники проводки – критерий сравнения обусловлен тем, что монтаж светильников типа СВПО СТС 01-40-007 осуществляется на потолки типа «армстронг», причем проводка затягивается в гофрированные трубы, расположенные между облицовочными панелями и потолком, тогда как светильник типа СДП СТС 60-107 монтируются на беленый оштукатуренный потолок, а прокладка выполняется в толще стены с предварительным штроблением.

При этом, сравнению подвергается исключительно строительная длина, так как подъемы и опуски в случае принятия варианта со светильником типа СВПО также будут выполняться в штробе.

Итоговые результаты расчета количества необходимых светильников и их технико-экономические показатели представлены в таблице 7.3

Таблица 7.3 – Результаты расчета количества необходимых светильников

| Вариант проекта | Марка светильника  | Кол-во | Номинальная мощность, Вт | Стоимость |
|-----------------|--------------------|--------|--------------------------|-----------|
| 1               | СВПО СТС 01-40-007 | 1901   | 40                       | 3090      |
| 2               | СВПО СТС 01-40-007 | 148    | 40                       | 3090      |
|                 | СДП СТС 60-107     | 923    | 60                       | 6200      |

В соответствии с данными таблицы 7.3 для реализации первого варианта светотехнического проекта потребуется 1901 светильник марки СВПО СТС 01-40-007

Для реализации второго варианта светотехнического проекта необходимо 148 светильников марки СВПО СТС 01-40-007 (для освещения коридоров) и 923 светильника марки СДП СТС 60-107.

Кроме того, как было изложено выше, способы прокладки для вариантов №1 и №2 отличаются.

На основании этого произведем расчет единовременных затрат на монтаж системы освещения. В состав данных затрат войдут:

- Затраты на закупку светильников
- Затраты на монтаж светильников и электропроводки

В связи с тем, что стоимость монтажа самих светильников практически одинакова, при расчете она не учитывается. Строительную длину проводки определим укрупненным способом – для обоих вариантов она приблизительно одинакова и равна 1600 м. При этом, стоимость монтажа одного погонного метра кабеля в штробе равна 240 рублей (с учетом стоимости штробления), тогда как в ПВХ трубе – 115 рублей (с учетом стоимости трубы).

Мощность одного светильника марки СВПО равна 40 Вт, мощность светильника марки СДП – 60 Вт. На основании этих данных произведем расчет затрат на закупку светильников и электромонтажные работы.



## 7.1 Технико-экономический расчет для первого варианта осветительной установки

Осветительная установка №1 сформирована путем использования светильников марки СВПО СТС 01-40-007 как в коридорах, так и в иных помещениях. Монтаж горизонтальной проводки осуществляется в гофрированной ПВХ трубе диаметром 20 мм.

Расчет единовременных затрат для варианта проекта №1:

Рассчитаем затраты на закупку светильников:

$$З_1 = n_{\text{СВЛ}} \cdot S_I = 1901 \cdot 3090 = 5874090 \text{ руб.} = 5874000 \text{ руб.}, \quad (7.1)$$

где:

$n_{\text{СВЛ}}$  – количество светильников СВПО СТС 01-40-007 в варианте №1.

$S_I$  – Стоимость одного светильника СВПО

Рассчитаем стоимость электромонтажных работ:

$$M_1 = l_1 \cdot C_I = 1600 \cdot 115 = 184000 \text{ руб.}, \quad (7.2)$$

где:

$l_1$  – строительная длина прокладываемых линий для варианта №1

$C_I$  – стоимость прокладки одного погонного метра кабеля в ПВХ трубе.

Рассчитаем итоговое значение единовременных затрат для варианта №1:

$$K_1 = З_1 + M_1 = 5874000 + 184000 = 6058000 \text{ руб.} \quad (7.3)$$

Определим постоянные затраты на функционирование системы освещения:

Рассчитаем суммарную мощность светильников для освещения корпуса

$$P_1 = n_{\text{СВЛ}} \cdot P_{\text{нл}} = 1901 \cdot 40 = 76040 \text{ Вт} = 76,04 \text{ кВт}, \quad (7.4)$$

где:

$P_{нл}$  – номинальная мощность светильника СВПО СТС 01-40-007

На основании данных, полученных при проведении предпроектного обследования, установлено, что внутреннее освещение в среднем, используется 8 часов в день.

Значение суточного расхода электроэнергии принимается укрупненно по причине равной эксплуатации осветительных установок по вариантам №1 и №2.

В году, укрупненно, 247 рабочих дней. Следовательно,

$$t = 8 \cdot 247 = 1976 \text{ ч.}, \quad (7.5)$$

где  $t$  – время использования осветительной установки, определённое укрупненным способом.

Определим годовой расход электрической энергии, определённый укрупненным способом для варианта №1:

$$W_1 = t \cdot P_{1\sigma} = 1976 \cdot 76,04 = 150255,04 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (7.6)$$

Рассчитаем годовые затраты на питание осветительной установки для варианта №1:

$\alpha = 3,84$  руб/кВт·ч – тарифная ставка оплаты электрической энергии (по информации, полученной от главного энергетика ТГУ).

Тогда годовые издержки на оплату электрической энергии для варианта №1 равны:

$$И_1 = \alpha \cdot W_1 = 3,84 \cdot 150255,04 = 576979,35 \text{ руб.} \quad (7.7)$$

Для расчета экономической целесообразности выбора той или иной системы освещения применяется величина  $E_n$  – нормативный коэффициент дисконтирования. На основании опыта эксплуатации и проектирования данная величина для объектов электроэнергетики принимается равной 0,28.

Рассчитаем приведенные затраты для осветительной установки №1:

$$Z_{\text{пр1}} = E_{\text{н}} \cdot K_1 + I_1 = 0,28 \cdot 6058000 + 576979,35 = 2273219,35 \text{ руб.} \quad (7.8)$$

Далее произведем технико-экономический расчет для варианта осветительной установки №2.

## 7.2 Технико-экономический расчет для второго варианта осветительной установки

Осветительная установка №2 сформирована путем использования светильников марки СДП СТС 60-107 в административных, учебных, рекреационных и вспомогательных помещениях, тогда как в коридорах производится монтаж светильников марки СВПО СТС 01-40-007. Монтаж горизонтальной проводки осуществляется в гофрированной ПВХ трубе диаметром 20 мм – для светильников марки СВПО СТС 01-40-007 и в штробе – для светильников марки СДП СТС 60-107.

Расчет единовременных затрат для варианта проекта №2:

Рассчитаем затраты на закупку светильников:

$$Z_2 = n_{\text{свII}} \cdot S_I + n_{\text{свIII}} \cdot S_{II} \quad (7.9)$$

где:

$n_{\text{свII}}$  – количество светильников СВПО СТС 01-40-007 в варианте №2.

$n_{\text{свIII}}$  – количество светильников СДП СТС 60-107 в варианте №2.

$S_I$  – Стоимость одного светильника СВПО СТС 01-40-007

$S_{II}$  – Стоимость одного светильника СДП СТС 60-107

$$Z_2 = 148 \cdot 3090 + 923 \cdot 6200 = 6179920 \text{ руб.}$$

Монтаж проводки для освещения коридоров производится в трубе ПВХ. Длина проводки в коридорах, определенная укрупненным способом составляет 800 м. Рассчитаем стоимость электромонтажных работ.

$$M_2 = l_2 \cdot C_{II} + l_3 \cdot C_{III} = 800 \cdot 115 + 800 \cdot 240 = 284000 \text{ руб.}, \quad (7.10)$$

где:

$l_2$  – строительная длина линий, прокладываемых в ПВХ трубе для варианта №2.

$l_3$  – строительная длина линий, прокладываемых в штробе для варианта №2.

$C_I$  – стоимость прокладки одного погонного метра кабеля в ПВХ трубе.

$C_{II}$  – стоимость прокладки одного погонного метра кабеля в штробе.

Рассчитаем итоговое значение единовременных затрат для варианта №2:

$$K_2 = Z_2 + M_2 = 6179920 + 284000 = 6463920 \text{ руб.} \quad (7.11)$$

Определим постоянные затраты на функционирование системы освещения:

Рассчитаем суммарную мощность светильников для освещения корпуса

$$P_2 = n_{свII} \cdot P_{н1} + n_{свIII} \cdot P_{н2} \quad (7.12)$$

где:

$P_{н1}$  – номинальная мощность светильника СВПО СТС 01-40-007

$P_{н2}$  – номинальная мощность светильника СДП СТС 60-107

$$P_2 = 148 \cdot 40 + 923 \cdot 60 = 61300 \text{ Вт} = 61,3 \text{ кВт}, \quad (7.13)$$

Определим годовой расход электрической энергии, определенный укрупненным способом для варианта №2 (считаем, что время использования осветительной установки аналогично варианту №1):

$$W_2 = t \cdot P_{2\Sigma} = 1976 \cdot 61,3 = 121128,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (7.14)$$

Рассчитаем годовые затраты на питание осветительной установки для варианта №2:

$\alpha = 3,84$  руб/кВт·ч – тарифная ставка оплаты электрической энергии (по информации, полученной от главного энергетика ТГУ).

Тогда годовые издержки на оплату электрической энергии для варианта №2 равны:

$$И_2 = \alpha \cdot W_2 = 3,84 \cdot 121128,8 = 465134,59 \text{ руб.} \quad (7.15)$$

Рассчитаем приведенные затраты для осветительной установки №1:

$$З_{пр2} = E_n \cdot K_2 + И_2 = 0,28 \cdot 6463920 + 465134,59 = 2275032,19 \text{ руб.} \quad (7.16)$$

Произведем сравнение приведенных затрат:

$$З_{пр1} = 2273219,35 < З_{пр2} = 2275032,19 \quad (7.17)$$

На основании данных технико-экономического обоснования для освещения внутренних помещений главного корпуса Тольяттинского Государственного университета применим вариант осветительной установки №1 – с использованием светильников марки СВПО СТС 01-40-007.

### **7.3 Расчет и выбор защитных аппаратов и линий электроснабжения**

Первоначально произведем выбор кабелей распределительной сети освещения. Согласно данным, рассчитанным в пункте 7.1 суммарная мощность осветительной установки по варианту 1 составляет 76,04 кВт.

В соответствии с однолинейной схемой силовой распределительной сети питание основных цепей освещения используется 9 щитов освещения.

Для питания аварийного освещения применяется 4 щита аварийного освещения. При этом к щитам аварийного освещения подключается не более 15-ти светильников. Тогда:

– Для щитов основного освещения:

$$P_{\text{ЩО}} = \frac{P_{\Sigma\text{осв.}}}{n_{\text{ЩО}}} = \frac{76,04}{9} = 8,45 \text{ кВт}, \quad (7.18)$$

Определим ток, протекающий в линии, питающей щит освещения:

$$I_{\text{ЩО}} = \frac{P_{\text{ЩО}}}{\cos\varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{8,45}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 13,53 \text{ А} \quad (7.19)$$

Поскольку щиты в стояках соединяются шлейфами, суммарные токовые нагрузки по стоякам:

$$I_{4\text{ЩО}} = I_{\text{ЩО}} \cdot 4 = 13,53 \cdot 4 = 54,12 \text{ А} \quad (7.20)$$

– Для линий аварийного освещения (шлейфом соединяются по два щита)

$$P_{\text{ЩАО}} = n_{\text{Аосв.}} \cdot P_{\text{нл}} = 15 \cdot 2 \cdot 0,04 = 1,2 \text{ кВт}, \quad (7.21)$$

$$I_{\text{рщАО}} = \frac{P_{\text{ЩО}}}{\cos\varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{1,2}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 1,92 \text{ А} \quad (7.22)$$

Для защиты отходящих линий используются устанавливаемые в шкафах ВРУ-1-47-00 предохранители марки ППНИ-33. Для распределительной сети основного освещения выберем предохранитель ППНИ-33-51-00 УХЛЗ с плавкой вставкой на 63 А с номинальной отключающей способностью 100 кА.

– Для защиты линии, питающей щит освещения выставочного центра выберем предохранитель ППНИ-33-51-00 УХЛЗ с плавкой вставкой на 16 А с номинальной отключающей способностью 100 кА.

– Для распределительной сети аварийного освещения выберем предохранитель ППНИ-33-51-00 УХЛЗ с плавкой вставкой на 6 А с номинальной отключающей способностью 100 кА.

По данным, отраженным в [12], поражение электрическим током при эксплуатации электроустановок обслуживающим персоналом вследствие несоблюдения техники безопасности, либо иных причин являются достаточно частыми случаями, поэтому в электрощитовой необходимо предусмотреть нали-

чие специального устройства для извлечения предохранителей, внешний вид которого представлен на рисунке 7.1.



Рисунок 7.1 – Рукоятка для съема предохранителей

Далее произведем выбор проводников распределительной сети освещения.

В соответствии с таблицей 7.1.1 [13], наименьшее сечение для линий распределительной сети составляет  $4 \text{ мм}^2$ . При этом, в соответствии с таблицей 4.1 для основных линий освещения применяется кабель марки ВВГнг(А)-LS, а для линий аварийного освещения – кабель марки ВВГнг(А)-FRLS.

По условию обеспечения соответствия аппаратов защиты используемому проводнику:

$$I_{\text{доп}} > K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{вс}} > I_{\text{щО}} (I_{\text{ЩАО}}), \quad (7.23)$$

Где:

$I_{\text{доп}}$  – длительно допустимый ток кабеля

$I_{\text{вс}}$  – номинальный ток плавкой вставки

$K_{\text{зщ}}$  - снижающий коэффициент (коэффициент защиты)

При прокладке в кабельном лотке  $K_{\text{зщ}} = 1$ .

– Для выполнения линий распределительной сети освещения выберем кабель ВВГнг(А)-LS-5х16:

$$I_{\text{доп}} = 70 \text{ A} > I_{\text{вс}} = 63 \text{ A} \quad (7.24)$$

– Для выполнения линий, питающей щит освещения выставочного центра выберем кабель ВВГнг(А)-LS-5х4:

$$I_{\text{доп}} = 27 \text{ A} > I_{\text{вс}} = 16 \text{ A} \quad (7.25)$$

– Для выполнения линий распределительной сети аварийного освещения выберем кабель ВВГнг(А)-FRLS-5х4:

$$I_{\text{доп}} = 27 \text{ A} \geq I_{\text{вс}} = 10 \text{ A} \quad (7.26)$$

Сформируем кабельный журнал для распределительной сети, питающей щиты освещения (таблица 7.4)

Таблица 7.4 – Кабельный журнал для распределительной сети освещения

| Обозначение<br>кабеля, прово-<br>да | Трасса         |        | Кабель        |  |             |
|-------------------------------------|----------------|--------|---------------|--|-------------|
|                                     | Начало         | Конец  | По проекту    |  |             |
|                                     |                |        | Марка         | Количество<br>кабелей<br>и сечение жил | Длина,<br>м |
| 1                                   | 2              | 3      | 4             | 5                                      | 6           |
| М1-ф.1                              | ГРЩ-1          | ЩО-3.1 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х16)                                | 107,4       |
| М1-ф.3                              | ГРЩ-1          | ЩО-1.1 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х16)                                | 66,4        |
| М1-ф.3                              | ЩО-1.1         | ЩО-1.2 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х16)                                | 3,5         |
| М1-ф.3                              | ЩО-1.2         | ЩО-1.3 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х16)                                | 73,4        |
| М1-ф.3                              | ЩО-1.3         | ЩО-1.4 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х16)                                | 3,5         |
| М2-ф.1                              | ГРЩ-2          | ЩО-2.1 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х16)                                | 41,3        |
| М2-ф.1                              | ЩО-2.1         | ЩО-2.2 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х16)                                | 3,5         |
| М2-ф.1                              | ЩО-2.2         | ЩО-2.3 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х16)                                | 48,3        |
| М2-ф.1                              | ЩО-2.3         | ЩО-2.4 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х16)                                | 3,5         |
| М1-ф.1                              | ГРЩ-1          | ЩО-3.1 | ВВГнг(А)-LS   | 1(5х4)                                 | 107,0       |
| М3-ф.3                              | ГРЩ-3<br>(ЩГП) | ЩАО-3  | ВВГнг(А)-FRLS | 1(5х4)                                 | 14,9        |



Продолжение таблицы 7.4

| 1      | 2              | 3     | 4             | 5      | 6   |
|--------|----------------|-------|---------------|--------|-----|
| МЗ-ф.3 | ЩАО-3          | ЩАО-4 | ВВГнг(А)-FRLS | 1(5x4) | 3,5 |
| МЗ-ф.4 | ГРЩ-3<br>(ЩГП) | ЩАО-1 | ВВГнг(А)-FRLS | 1(5x4) | 7,9 |
| МЗ-ф.4 | ЩАО-1          | ЩАО-2 | ВВГнг(А)-FRLS | 1(5x4) | 3,5 |

В соответствии с таблицей 7.1.1 [13], наименьшее сечение для линий групповых сетей составляет  $1,5 \text{ мм}^2$ . При этом, в соответствии с таблицей 4.1 для основных линий освещения применяется кабель марки ВВГнг(А)-LS, а для линий аварийного освещения – кабель марки ВВГнг(А)-FRLS.

На основании вышеизложенного для осветительной установки выбирается:

- Для основных цепей освещения – кабель ВВГнг(А)-LS 3x1,5
- Для цепей аварийного освещения – кабель ВВГнг(А)-FRLS 3x1,5

Длительно допустимый ток для данных кабелей в соответствии с [3] составляет 15 А. Для защиты линии принимается автоматический выключатель ВА 47-29 1P 10А 4,5 кА х-ка С ИЭК.

На основании пункта 5.1.2 [14] принято решение в качестве основы для планов расположения электрического оборудования и прокладки электрических сетей использовать планы помещений, которые были выполнены в основных комплектах рабочих чертежей других марок, в частности, актуализированные в ходе предпроектного обследования пожарные планы.

Далее определим способ прокладки слаботочных сетей, отвечающих за информационную среду корпуса.

## 8 Прокладка слаботочных сетей

В соответствии с [10], здание главного корпуса ТГУ должно быть оснащено системами электросвязи, обеспечивающими его качественное функционирование. Так как сигнальные (в том числе, кабели индикации состояния оборудования и провода пожарной сигнализации) и информационные кабели (в том числе кабели STP – проводной сети интернет) прокладывались спустя длительное количество времени после постройки главного корпуса. В связи с этим их прокладка осуществлялась совместно с линиями силовой распределительной сети (в стояках) или поверх элементов облицовки интерьера в кабельных каналах, которые на настоящий момент пришли в плохое состояние. Более подробно данная проблема была рассмотрена при формировании отчета о предпроектном обследовании.

В рамках реконструкции системы электроснабжения считается необходимым предусмотреть средства для прокладки слаботочных сетей, которые обеспечат эстетичность и ремонтпригодность как силовой распределительной сети и групповых линий, так и самих слаботочных сетей.

В качестве такого средства предполагается использовать стальной лоток, причем для помещений, где производится монтаж потолка типа «армстронг» допускается использовать проволочный лоток – секция 200x100x3000 (рисунок 8.1 а), тогда как для участков использования потолка «грильято» применяется лоток неперфорированный, секция 200x100x3000 (Рисунок 8.1 б).

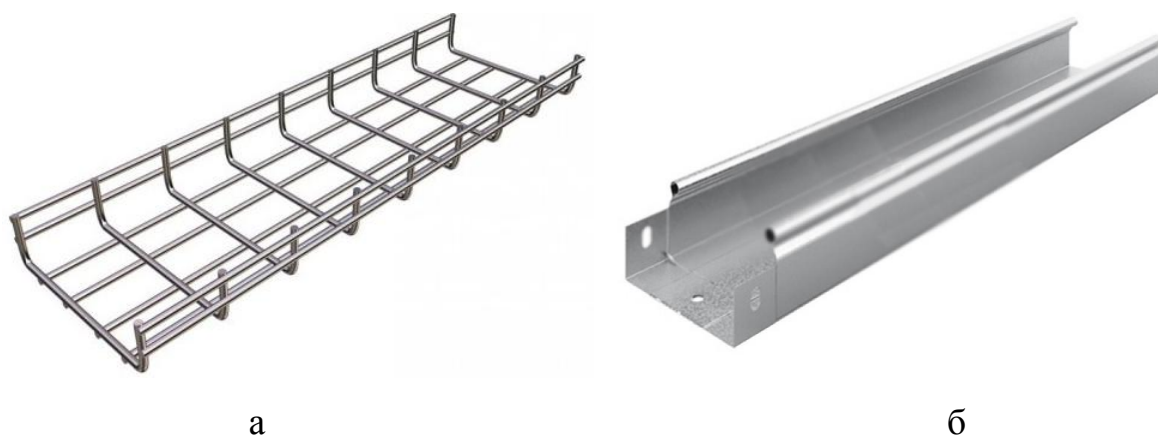


Рисунок 8.1 – Лотки для прокладки слаботочных сетей

## 9 Оборудование систем вентиляции

В рамках капитального ремонта здания предполагается произвести улучшение атмосферы внутри него. Это выражено в установке систем механических приточной и вытяжной вентиляции, которые были демонтированы ранее в целях переоборудования вентиляционной камеры в кабинет одного из сотрудников службы ректора. Такая мера напрямую противоречит положениям [16] и приводит к значительному снижению воздухообмена, а, следовательно, наносит ущерб микроклимату корпуса.

Поскольку в ходе капитального ремонта предполагается перепрофилирование большого количества помещений, считается необходимым предоставить сотруднику службы управления университетом более удобное помещение, тогда как вентиляционную камеру использовать по прямому назначению.

Проверку цепей управления систем вентиляции предлагается выполнять по методике, описанной в статье [17].

Параллельно с выполнением данной выпускной квалификационной работы велась разработка раздела ОВ, описывающего вентиляцию помещений главного корпуса ТГУ. В качестве итогового результата данного расчета сотрудниками отдела главного инженера ТГУ была предоставлена информация о мощности предлагаемого к использованию вентиляционного оборудования для определения параметров подключения: выбора проводника и аппарата защиты.

В соответствии с информацией, предоставленной автором Н. К. Полуяновичем в источнике [18], подключение системы вентиляции осуществляется стандартными проводниками, подходящими для монтажа через стандартный клеммный разъем, характерный для выбранной в пункте 6.1 модели шкафа ВРУ.

На основании полученных данных:

– Суммарная мощность оборудования системы приточной вентиляции:

$$P_{ПВ} = 14,5 \text{ кВт.}$$

– Суммарная мощность оборудования системы вытяжной вентиляции:

$$P_{\text{ВВ}} = 2,3 \text{ кВт.}$$

Необходимо предусмотреть в составе ВРУ-1 две отходящие линии силовой распределительной сети, одна из которых будет отвечать за питание шкафа вытяжной вентиляции, а другая – приточной. Питание оборудования обеих систем осуществляется трехфазным током. Напряжение питания – 380 В.

Рассчитаем токи линий. Исходные данные:

– КПД установок приточной и вытяжной вентиляции  $\eta = 85\%$  (данные для КПД электродвигателей по [3]).

– Коэффициент мощности  $\cos \varphi = 0,8$  (по [3]).

Определим ток в линии, питающей шкаф приточной вентиляции:

$$I_{\text{рПВ}} = \frac{P_{\text{ПВ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нПВ}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{14,5}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = 32,43 \text{ А} \quad (9.1)$$

Определим ток в линии, питающей шкаф вытяжной вентиляции:

$$I_{\text{рВВ}} = \frac{P_{\text{ВВ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нВВ}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{2,3}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = 5,15 \text{ А} \quad (9.2)$$

При выборе проводников силовой распределительной сети учет пусковых токов электродвигателей не производится в связи с недопустимостью их одновременного запуска.

Для защиты отходящих линий используются устанавливаемые в шкафах ВРУ-1-47-00 предохранители марки ППНИ-33.

– Для защиты линии, питающей систему приточной вентиляции выберем предохранитель ППНИ-33-51-00 УХЛЗ с плавкой вставкой на 40 А с номинальной отключающей способностью 100 кА.

– Для защиты линии, питающей систему вытяжной вентиляции выберем предохранитель ППНИ-33-51-00 УХЛЗ с плавкой вставкой на 10 А с номинальной отключающей способностью 100 кА.

Далее произведем выбор питающих проводников.

В качестве проводников, на основании таблицы 4.1 применим кабели марки ВВГнг(А)-LS.

По условию обеспечения соответствия аппаратов защиты используемому проводнику:

$$I_{\text{доп}} > K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{вс}} > I_{\text{щс}}, \quad (9.3)$$

Где:

$I_{\text{доп}}$  – длительно допустимый ток кабеля

$I_{\text{вс}}$  – номинальный ток плавкой вставки

$K_{\text{зщ}}$  - снижающий коэффициент (коэффициент защиты)

При прокладке в кабельном лотке  $K_{\text{зщ}} = 1$ .

– Для присоединения щита приточной вентиляции выберем кабель ВВГнг(А)-LS-5x10:

$$I_{\text{доп}} = 50 \text{ A} > K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{вс}} = 40 \text{ A} \quad (9.4)$$

– Для присоединения щита вытяжной вентиляции выберем кабель ВВГнг(А)-LS-5x4:

$$I_{\text{доп}} = 27 \text{ A} > K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{вс}} = 10 \text{ A} \quad (9.5)$$

Далее произведем расчет параметров линии, питающей лифтовое хозяйство, которое планируется оборудовать в главном корпусе ТГУ в рамках реализации постулатов программы «Доступная среда». Поскольку лифтовое хозяйство является энергоемким потребителем, необходимо учесть его влияние на систему электроснабжения здания во избежание недостаточной энергооснащенности.

## 10 Оборудование лифтового хозяйства

В рамках реализации всероссийской программы «Доступная среда» существует необходимость снабжения главного корпуса средствами, которые позволят людям с ограниченными возможностями беспрепятственно перемещаться по зданию. Основным средством обеспечения подобной возможности является лифт, который не был предусмотрен первоначальным проектом здания.

В рамках реконструкции предполагается оборудовать лифтовое хозяйство, однако проекта его устройства на настоящий момент нет, поэтому считается необходимым предусмотреть в рамках ВРУ-1 отходящую линию для подключения лифтового хозяйства, а также выбрать проводник и аппарат защиты для нее.

Мощность лифта определим укрупненным методом по параметру грузоподъемности. Так, двигатель лифта, который способен поднимать одновременно 6 человек, либо человека на инвалидной коляске с сопровождающим (грузоподъемность 630 кг) имеет мощность, равную  $P_{л} = 10$  кВт.

На основании этих данных рассчитаем ток линии, питающей лифтовое хозяйство (при условии, что  $\eta = 85\%$ , а  $\cos \varphi = 0,65$  (в соответствии с [3])):

$$I_{л} = \frac{P_{л}}{\sqrt{3} \cdot U_{нл} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{10}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = 22,4 \text{ А}$$

Поскольку при пуске электродвигателя, приводящего лифт в движение в питающей цепи протекают значительные токи, при выборе аппарата защиты необходимо учесть их значение.

В данном случае, для укрупненного расчета, кратность пускового тока примем равной 5. Тогда:

$$I_{п} = I_{л} \cdot 5 = 22,4 \cdot 5 = 112,0 \text{ А}$$

Для защиты линии, питающей лифтовое хозяйство выберем предохранитель ПНИ-33-51-00 УХЛЗ с плавкой вставкой на 125 А с номинальной отключающей способностью 100 кА.

В качестве проводника для питания лифтового хозяйства выберем кабель ВВГнг(А)-LS-5х4 (так как двигатель лифта работает в повторно-кратковременном режиме, пусковой ток при выборе питающего проводника допускается не учитывать):

$$I_{\text{доп}} = 27 \text{ A} > K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{вс}} = 22,4 \text{ A}$$

Далее произведем комплекс проверок выбранного выше оборудования на соответствие требованиям электробезопасности и энергоэффективности.

## 11 Проверка выбранного оборудования на соответствие токовым нагрузкам

Произведем проверку соответствия предварительно выбранных в разделе 5 линий возросшей (в связи с учетом подключения систем вентиляции и лифтового хозяйства) в ходе выполнения ВКР расчетной токовой нагрузке. Данная проверка тем более необходима, что качество электрической энергии в распределительной сети в соответствии с [19] напрямую зависит от правильности расчета электрической нагрузки. Это подтверждается также рядом положений, выдвинутых в источнике [20]. Рассчитаем результирующий ток ВРУ-1:

$$I_{\Sigma} = I_p + I_{pПВ} + I_{pВВ} + I_{л} = 172,6 + 32,43 + 5,15 + 22,4 = 232,58 \text{ А, где}$$

$I_p$  – расчетный ток, соответствующий максимуму суточной нагрузки потребителя

$I_{pПВ}$  – ток в линии, питающей приточную вентиляцию

$I_{pВВ}$  – ток в линии, питающей вытяжную вентиляцию

$I_{л}$  – ток в линии, питающей лифтовое хозяйство

$$I_{\Sigma} = 232,58 > I_{доп} = 201 \text{ А}$$

Следовательно, существует необходимость замены кабелей АПвБШв-4х70, выбранных в пункте 5 на кабели АПвБШв-4х120

$$I_{\Sigma} = 232,58 < I_{доп} = 272 \text{ А}$$



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была произведена разработка проекта реконструкции системы электроснабжения в рамках капитального ремонта главного корпуса Тольяттинского государственного университета.

В рамках ВКР произведена разработка разделов, касающихся реконструкции системы электроснабжения здания. Первоначально рассматривается реконструкцию внешних питающих линий. Соединение вводно-распределительных устройств с электрощитовой решено произвести кабельными линиями, которые выполнены кабелем АПвБШв-2х(4х120) – для ВРУ-1 и кабелем АПвБШв-2х(4х35) – для ВРУ-2. Производитель - компания Камкабель (г. Пермь). Прокладка кабелей осуществляется в земле.

Далее был определен порядок реконструкции электрощитовой. Решено не подвергать замене оборудование ВРУ-2. ВРУ-1 демонтировать и на его место установить вводный шкаф ВРУ-1-13-20 УХЛ-4 и два распределительных шкафа ВРУ-1-47-00 производства компании ООО «ЭТС» с предохранителями ППНИ-33 для защиты отходящих линий.

Определены проводники, которыми выполняются линии силовой распределительной сети и предохранители для их защиты. Для соединения щитов шлейфом, при токовой нагрузке 72,02 А выбраны кабели ВВГнг(А)-LS-5х25, защищаемый предохранителем с номинальным током плавкой вставки 80 А. Для присоединения одиночного шкафа, располагающегося в планируемом выставочном центре (расчетный ток – 36,01 А) выбран кабель ВВГнг(А)-LS-5х10, защищаемый плавкой вставкой с номинальным током 40 А.

Произведен расчет системы освещения здания в программной среде DIALux. В результате выполненного технико-экономического обоснования выявлено, что система, выполняемая на базе светильников СВПО СТС 01-40-007 производства тольяттинской компании ООО «СветТехСервис», является

наиболее экономически выгодной. Всего для освещения главного корпуса требуется 1901 такой светильник.

Выбраны проводники для питания щитов освещения. Для питания стояков основного освещения выбран кабель ВВГнг(А)-LS-5х16, защищаемый предохранителем на 63 А (расчетный ток линии 54,12 А). Для питания щита освещения выставочного центра применен кабель ВВГнг(А)-LS-5х4 с предохранителем на 16 А (расчетный ток – 13,53 А). Для подключения щитов аварийного освещения использованы кабели ВВГнг(А)-FRLS-5х4 с предохранителем на 6 А.

Осуществлен выбор оборудования групповой сети освещения. В качестве проводников использованы кабели ВВГнг(А)-LS-5х4, в качестве аппаратов защиты – автоматические выключатели ВА-47-29 с номинальным током теплового расцепителя 10 А, производимые компанией ИЕК.

Прокладку проводников слаботочных сетей решено осуществлять в отдельных лотках, расположенных над горизонтом потолочного покрытия. Причем, для помещений с потолком типа «грильято» использовать неперфорированный металлический лоток, а для помещений с покрытием потолков типа «армстронг» - проволочные лотки.

В составе распределительных щитов предусмотрены резервные точки присоединения для подключения систем приточной и вытяжной вентиляции, произведен предварительный выбор проводников и оборудования защиты для данных систем.

Произведена проверка внешних сетей на соответствие возрастающим в связи с подключением вентиляции и лифта нагрузкам. В результате проверки принято решение заменить предварительно выбранный для питания ВРУ-1 кабель АПвБШв-2х(4х70) на кабель АПвБШв-2х(4х120).

Таким образом, произведено формирование проекта реконструкции системы электроснабжения главного корпуса ТГУ, который ляжет в основу будущего проекта капитального ремонта здания.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ 8.417 - 2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. М. : Стандартиформ, 2002. 33 с.
- 2 Baker T. E. Electrical Calculations and Guidelines for Generating Stations and Industrial Plants : tutorial. Boca Raton : CRC Press, 2017. 635 p.
- 3 Электротехнический справочник. Практическое применение современных технологий / под ред. С.Л. Корякина-Черняка. СПб. : Наука и Техника, 2014. 592 с.
- 4 Cassedy E. S., Peter Z. G. Introduction to Energy : tutorial. Cambridge : Cambridge University Press, 2017. 440 p.
- 5 Shin I., Song B., Eom D. Auto-Mapping and Configuration Method of IEC 61850 Information Model Based on OPC UA // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2016. Vol. 22, № 5.
- 6 ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М. : Стандартиформ, 2012. 20 с.
- 7 СП 31.110.2003. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. М. : Стандартиформ, 2015. 78 с.
- 8 СП 44.13330.2011. Административные и бытовые здания. М. : Стандартиформ, 2011. 30 с.
- 9 ГОСТ 30849.1-2002 (МЭК 60309-1:1999). Вилки, штепсельные розетки и соединительные устройства промышленного назначения. М. : Стандартиформ, 2001. 62 с.
- 10 СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. М. : Стандартиформ, 2011. 114 с.
- 11 Косоухов Ф. Д. Энергосбережение в низковольтных электрических сетях при несимметричной нагрузке : учеб. пособие. М. : Лань, 2016. 561 с.
- 12 Привалов Е. Е. Основы электробезопасности : учеб. пособие. Ставрополь : СтГАУ «АГРУС», 2016. 132 с.

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

14 ГОСТ 21.608-2014. Правила выполнения рабочей документации внутреннего освещения. М. : Стандартинформ, 2015. 20 с.

15 СП 134.13330.2012. Системы электросвязи зданий и сооружений. Основные положения проектирования. М. : Стандартинформ, 2011. , 33 с.

16 СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М. : Стандартинформ, 2012. , 67 с.

17 Hermina N.P., Golovanov N.K., Luminita E.L. Propagation of disturbances as voltage fluctuations in transmission networks. // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2016 Vol. 16, №4.

18 Полуянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2018. 396 с.

19 Daza S. A. Electric Power System Fundamentals : tutorial. London : Artech house, 2016. 405 p.

20 Survey about Classical and Innovative Definitions of the Power Quantities Under Nonsinusoidal Conditions / G. Bucci [at al.] // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2017. Vol. 15, № 4.