

УДК 628.931

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

С. А. ЖЕРАНОВ

*Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт
проблем ресурсосбережения с Опытным производством»,
Республика Беларусь*

Ключевые слова: проектирование, автоматизация расчета, сеть освещения, осветительная установка, алгоритм, компьютерная программа, calculation of lighting network.

Введение

Введению в эксплуатацию любой осветительной установки в Республике Беларусь, как правило, предшествует разработка строительного проекта электрического освещения. Именно от решений, принятых на стадии проектных работ, зависит качество освещения на рабочих местах. Правильно выполненный проект должен способствовать рациональному расходованию электроэнергии, а также отвечать всем критериям по безопасной эксплуатации при условии минимальных затратах на его реализацию.

Наличие большого числа вариантов исполнения электрической осветительной сети затрудняет выбор оптимального варианта и ведет к принятию случайных, далеко не целесообразных решений. Пересчет электрических параметров сети существенно повышает время проектирования, а вычисления являются трудоемкими, и, как правило, требуют внимательности и точности. Очевидно, что автоматизация проектирования будет являться действенным способом, позволяющим не только повысить производительность труда инженера-проектировщика, но и исключить возможные ошибки и неточности.

Недостатки существующих программ для расчета электрической осветительной сети, связанные как с ограниченными функциональными возможностями, так и с соответствием результатов расчета нормативно-техническим документам, позволяют сделать вывод о том, что данное программное обеспечение является наиболее слабым звеном в цепочке автоматизации проектирования осветительных установок в Республике Беларусь [1].

Целью работы является разработка компьютерной программы для расчета электрической осветительной сети сложной конфигурации общественных и промышленных зданий.

Основная часть

Расчет электрической осветительной сети является важнейшим этапом проектирования осветительных установок. Его суть заключается в определении требуемых сечений проводников, которые бы могли обеспечить допустимое значение напряжения у источников света. Допустимая величина падения напряжения обеспечивает нормированную освещенность рабочих мест и заявленные заводом-изготовителем

сроки службы источников света. Сечения проводов и кабелей должны быть также выбраны с учетом их допустимого нагрева. Одновременно с этим решается вопрос по выбору типов коммутационных и защитных аппаратов на отходящих линиях [2].

Программа для расчета электрической осветительной сети «Calculation of lighting network» представляет собой линейный алгоритм, который состоит из семи основных блоков.

Блок 1 содержит алгоритм по запоминанию типа здания в зависимости от функционального назначения (общественное или промышленное). Наличие данного блока связано с тем, что для проектирования осветительных установок данных типов зданий разработаны отдельные нормативные документы, что, в свою очередь, сказывается на конечных результатах расчетов.

Блок 2 реализуется посредством автоматической прорисовки схемы сети. Шаг 1 – выбор шаблона конфигурации осветительной сети. Шаг 2 – задание требуемого количества элементов схемы (распределительных щитков, групповых щитков и т. д.).

Исходные данные для расчета осветительной сети (блок 3) фиксируются посредством заполнения пустых полей ввода и выбора значений из выпадающего списка активного диалогового окна элемента осветительной сети.

Расчет электрических параметров участков сети (блок 4) включает в себя совокупность алгоритмов, выполняемых в строгой последовательности: определение электрических нагрузок; вычисление коэффициентов мощности; определение расчетных токов; вычисление собственных моментов; расчет приведенных моментов.

Блок 5 представляет собой комбинацию разветвляющегося и циклического алгоритмов. В данном блоке выполняется расчет номинальных токов уставок защитных аппаратов.

Блок 6 содержит сложный алгоритм, который реализован в соответствии с методикой расчета осветительной сети по потере напряжения с учетом индуктивного сопротивления проводников. В блоке 6 также должны присутствовать исключения, препятствующие появлению некорректных результатов вычислений.

Результаты расчета выводятся в удобной для восприятия форме в блоке 7.

Программа для расчета электрической осветительной сети «Calculation of lighting network» написана на языке программирования Delphi и имеет структуру, представляющую собой 18 взаимосвязанных модулей. Целесообразность кодирования информации в среде программирования Delphi объясняется тем, что подавляющее большинство специалистов в области проектирования электрического освещения работают в операционной среде Windows.

Диалог пользователя с программой построен на использовании модальных форм. Перед обращением к любой другой форме данного приложения текущая форма закрывается. Таким образом, структура интерфейса программы представляет собой четко упорядоченную последовательность действий [3].

Структуру программы и последовательность ее работы предлагается рассмотреть на конкретном примере. По заданию на проектирование Солигорским Институтом проблем ресурсосбережения с Опытным производством разрабатывался проект внутреннего рабочего электрического освещения здания промышленного назначения.

Непосредственно расчету электрической осветительной сети предшествовал светотехнический расчет, по результатам которого были выбраны типы источников света, а также выполнена окончательная расстановка осветительного оборудования. С учетом плана здания предварительно была составлена схема питания осветительной установки с распределением нагрузки на два рабочих щитка освещения, запитанных от вводно-распределительного устройства (ВРУ) по радиальной схеме. Вы-

полнены замеры длин участков осветительной сети, нагрузка предварительно распределена по группам.

Для запуска программы следует войти в операционную систему Windows и запустить приложение Calculation_of_lighting_network.exe. Программа является исполняемым exe-файлом и не требует предварительной установки на компьютер.

На первом этапе в программе создается схема электрической осветительной сети. Сформированная в программе схема отображается в главном окне программы (рис. 1). Следует отметить, что конфигурацию осветительной сети можно задать произвольной, используя при этом элементы как радиальной, так и магистральной схем.

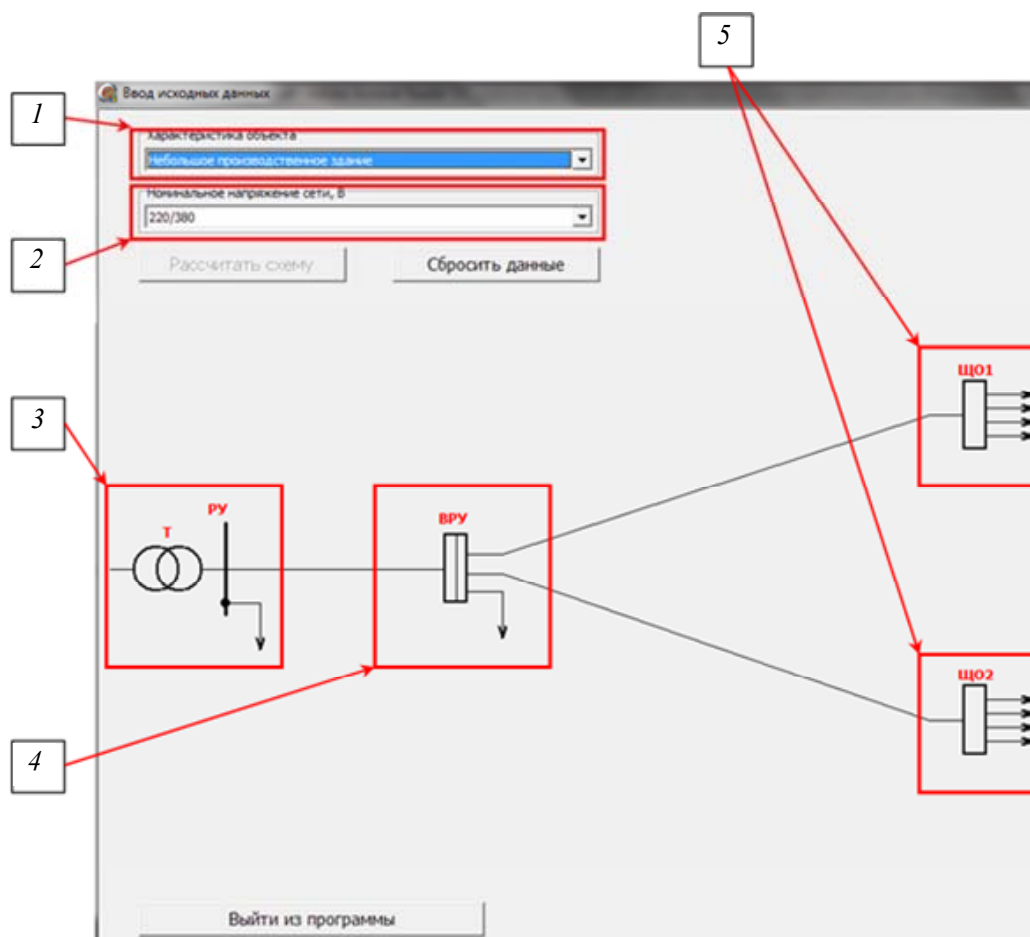


Рис. 1. Схема осветительной сети в главном окне программы «Calculation of lighting network»: 1 – выпадающий список для выбора характеристики объекта; 2 – выпадающий список для выбора номинального напряжения сети; 3 – графическая кнопка для вызова окна ввода исходных данных источника питания; 4 – графическая кнопка для вызова окна ввода исходных данных ВРУ; 5 – графическая кнопка для вызова окна ввода исходных данных щитка освещения

После формирования схемы выполняется ввод исходных данных для каждого звена электрической осветительной сети. В появившемся окне «Ввод исходных данных» вводятся как общие данные для всей сети (характеристика объекта (поз. 1), номинальное напряжение сети (поз. 2)), так и для каждого участка и элемента сети в отдельности путем перехода кликом мыши по соответствующему графическому изображению элемента осветительной сети. Переход в окно ввода исходных данных источника питания происходит путем нажатия на поз. 3, в окно ввода исходных данных для ВРУ – поз. 4, в окно ввода исходных данных группового щитка освещения – поз. 5.

Результатом ввода исходных данных является информационная база данных, которая используется при выполнении расчета с учетом требований нормативных документов.

На рис. 2 представлено диалоговое окно источника питания (трансформатора) с введенными исходными данными. Нажатие на кнопку «Сохранить» выполняет сохранение введенных данных.

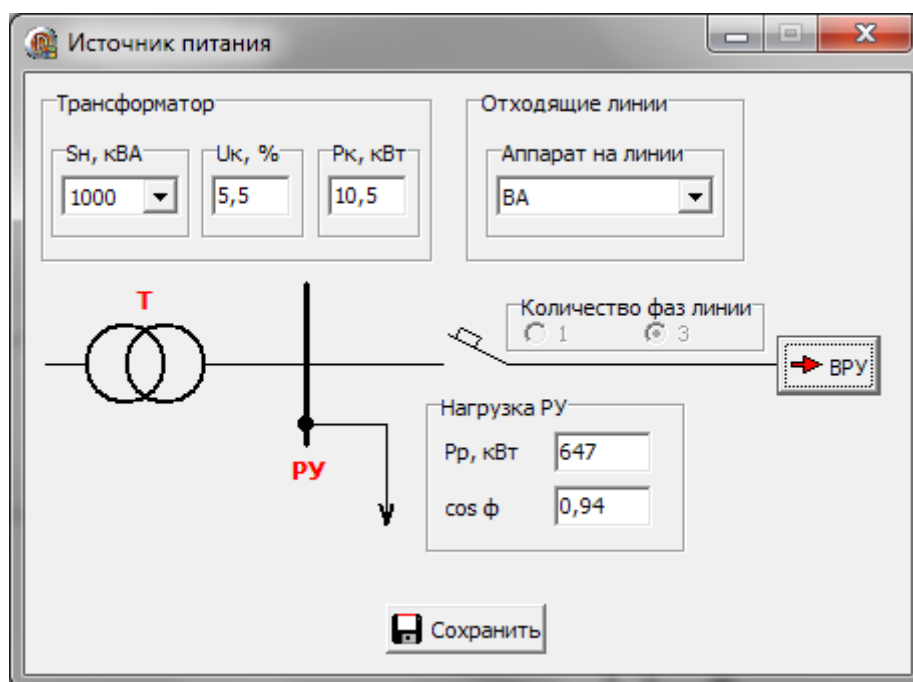


Рис. 2. Окно ввода исходных данных источника питания

Переход в окно ввода исходных данных для участка сети Трансформатор-ВРУ выполняется путем нажатия на кнопку «→ВРУ». Форма для ввода исходных данных участка сети Трансформатор-ВРУ изображена на рис. 3.

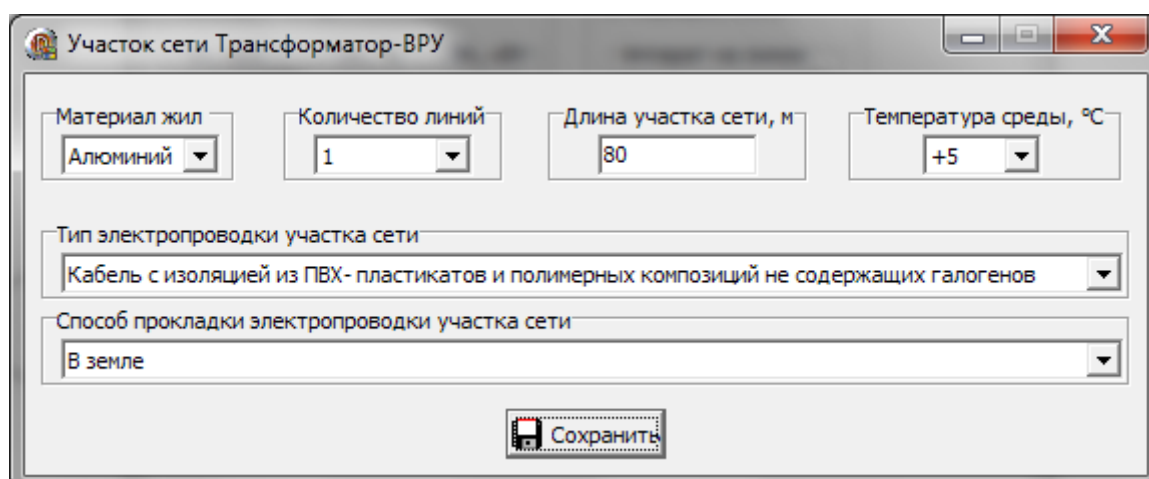


Рис. 3. Окно ввода исходных данных участка сети Трансформатор-ВРУ

Диалоговое окно ВРУ с введенными исходными данными представлено на рис. 4. Возможности программы позволяют одновременно задать тип электрического аппарата (выключатель нагрузки, предохранитель, автоматический выключатель с ком-

бинированным расцепителем либо отсутствие такового) на вводе и на отходящих линиях. Для каждой отходящей линии посредством переключателя устанавливается соответствующее количество фаз.

Ввод данных для участков сети ВРУ-ЩО реализован в форме аналогичной, как и в случае с источником питания.

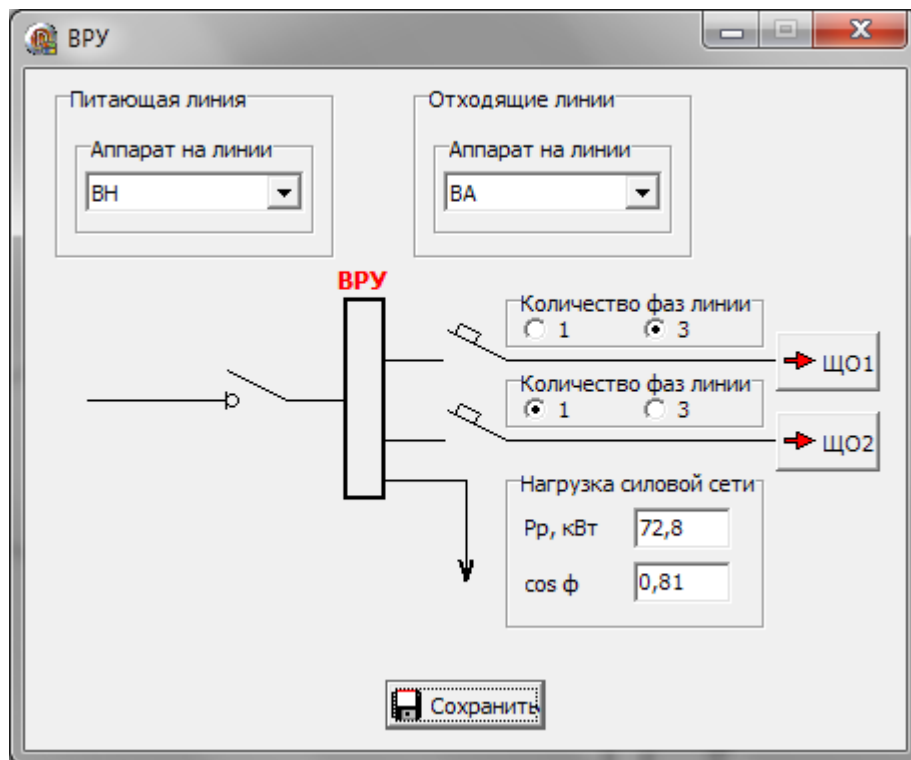


Рис. 4. Окно ввода исходных данных ВРУ

Следующим шагом является заполнение исходных данных для групповых щитков освещения. Всю осветительную нагрузку распределяют по группам. В нашем случае щиток освещения ЩО1 будет содержать 13 групповых линий, а щиток ЩО2 – 3 групповые линии. Ввод питания в щиток освещения ЩО1 выполнен трехфазной линией, а в ЩО2 – однофазной.

На рис. 5 в качестве примера представлено заполненное окно ввода исходных данных для групповой линии № 12 щитка освещения ЩО1.

Для групповой линии предусмотрена возможность задания количества ответвлений до 9. Реализована возможность выбора температуры окружающей среды (шаг изменения температуры 5 °С). Кнопка «Копировать» предназначена для копирования числовых значений из таблицы ввода исходных данных данной групповой линии в буфер обмена. Кнопка «Вставить» предназначена для вставки числовых значений в таблицу ввода исходных данных другой групповой линии из буфера обмена. Из выпадающего списка можно выбрать преобладающий тип источника света для данной групповой линии: газоразрядные лампы низкого давления, газоразрядные лампы высокого давления, лампы накаливания, светодиодные лампы, индукционные лампы. Кнопка «Очистить» используется для очистки ячеек в таблице ввода исходных данных. В зависимости от типа электропроводки групповой линии в программе реализована возможность выбора одного из следующих способов прокладки: непосредственно по поверхности несущих конструкций; непосредственно в строительных конструкциях; на роликах, изоляторах, клицах; на тросах, струнах; в трубах, ко-

робах, на лотках, однослойно или пучками. Помимо этого для групповой линии задается тип электропроводки (кабель с изоляцией из ПВХ-пластиков и полимерных композиций, не содержащих галогенов; кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена; провод с резиновой и ПВХ-изоляцией), а также материал токопроводящих жил (медь или алюминий).

При наведении курсора на некоторые элементы формы появляются всплывающие подсказки, которые во многом облегчают работу пользователя с программой.

Групповая линия 12

Количество ответвлений групповой линии: 4

Температура среды, °C: +20

ЩО

Схематическое изображение линии с ответвлениями 1, 2, 3, 4. Под каждым ответвлением указаны ток I_i и мощность P_i .

Таблица ввода исходных данных

Участок нагрузки	P_i , кВт	cos ϕ_i	Кпраi	Длина участка, м
ЩО - 1	0,216	0,92	1,2	6,3
1 - 2	0,216	0,92	1,2	5,5
2 - 3	0,072	0,92	1,2	5,5
3 - 4	0,144	0,92	1,2	5

Кнопки: Копировать, Вставить, Очистить

Материал токопроводящих жил групповой линии: Алюминий

Преобладающий тип источников света: Газоразрядные лампы низкого давления

Тип электропроводки групповой линии: Кабель с изоляцией из ПВХ-пластиков и полимерных композиций не содержащих галогенов

Способ прокладки электропроводки групповой линии: Непосредственно по поверхности несущих конструкций

Кнопка: Сохранить

Рис. 5. Диалоговое окно с исходными данными для групповой линии 12

После ввода всех исходных данных и перехода в окно главной формы (путем нажатия на кнопку «Сохранить») становится активной кнопка «Расчитать схему». При ее нажатии выполняется расчет электрической осветительной сети.

Алгоритм вычислений программы базируется на методике расчета электрической осветительной сети по допустимой потере напряжения с учетом индуктивного сопротивления проводников.

Результаты расчета электрической осветительной сети выводятся в виде надписей на групповых, питающих и распределительных линиях в следующем формате:

$$\frac{a-b-c-d}{e-f-gh \times p}$$

где a – расчетная мощность участка сети, кВт; b – коэффициент мощности; c – сила тока в линии, А; d – длина линии, м; e – собственный момент на участке сети, кВт·м; f – падение напряжения на линии, %; g – материал токопроводящих жил проводника; h – количество фазных жил проводника; p – сечение жилы, мм².

Для аппаратов на линиях указывается значение номинального тока, А, а также количество полюсов (в случае использования выключателей нагрузки или автоматических выключателей с комбинированным расцепителем).

На рис. 6 в качестве примера представлено окно вывода результатов расчета для группового щитка освещения ЩО1. Для остальных элементов электрической осветительной сети принцип отображения результатов аналогичен.

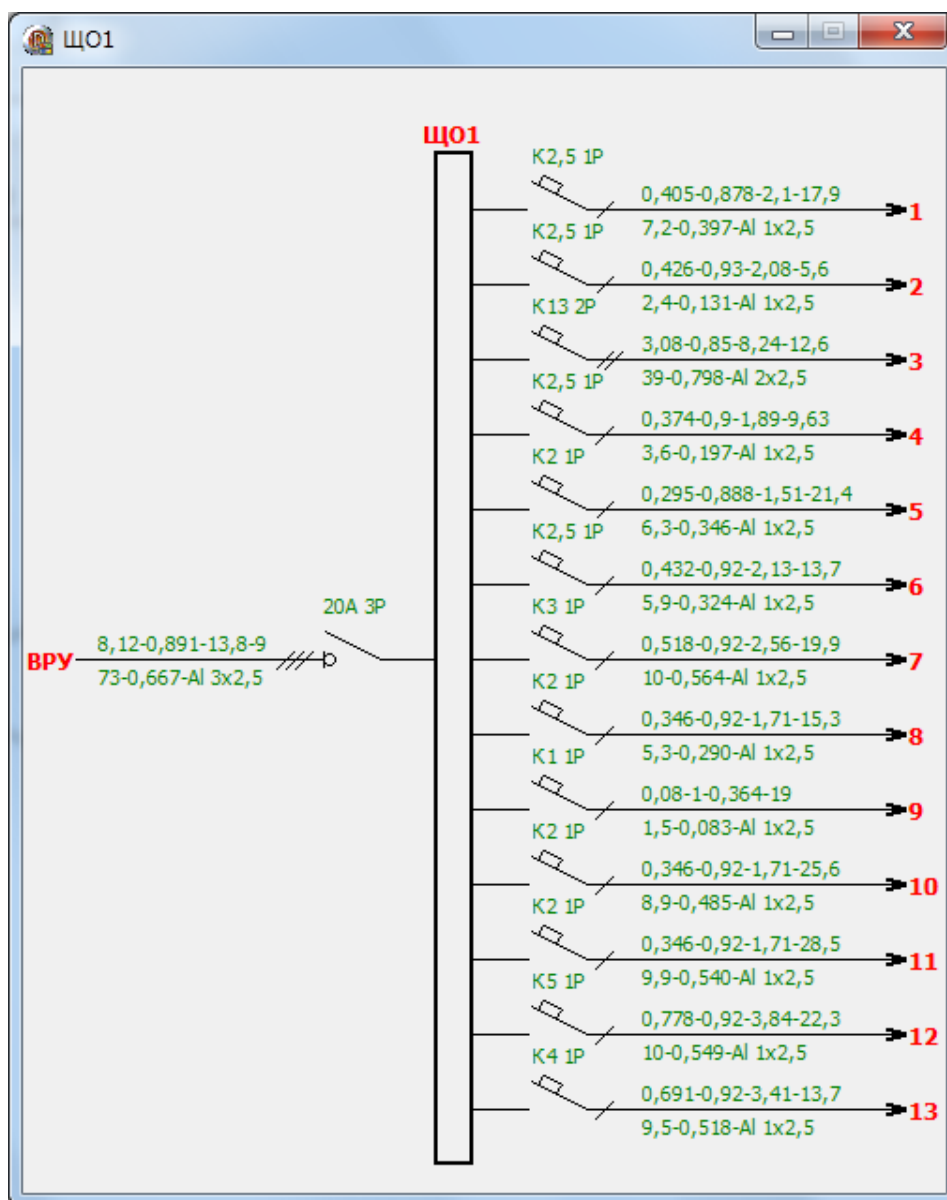


Рис. 6. Окно вывода результатов расчета для группового щитка освещения

После выполнения расчетов в окне главной формы становится видимой таблица с основными показателями проекта (рис. 7). В качестве основных показателей приводятся расчетные мощности рабочего и аварийного освещения (при его наличии), а также максимальная величина потери напряжения в электрической осветительной сети.

Р _р рабочего освещения, кВт	9,554
dU _{max} рабочего освещения, %	3,584
Р _р аварийного освещения, кВт	-
dU _{max} аварийного освещения, %	-

Рис. 7. Основные показатели проекта

Итоговые данные, полученные по результатам расчетов, используются при составлении комплекта чертежей электрического освещения: планов расположения электрического оборудования и прокладки электрических сетей, принципиальных схем питающей и распределительной сети, принципиальных схем магистральных и групповых щитков освещения [4].

Следует отметить, что программа «Calculation of lighting network» имеет большой потенциал по ее совершенствованию, например, в части создания базы данных кабельных изделий, электрического оборудования и последующего автоматического составления спецификации.

Заключение

Программа для расчета электрической осветительной сети «Calculation of lighting network» показала свою эффективность при проектировании внутреннего электрического освещения в Солигорском Институте проблем ресурсосбережения с Опытным производством. Несомненным преимуществом использования программы является автоматизация расчетов, что приводит к исключению ошибок в процессе вычислений, а также к снижению трудоемкости и времени проектирования.

В программе учтены все требования технических нормативных правовых актов Республики Беларусь.

Данная программа может найти свое применение в проектных организациях или отделах.

Литература

1. Жеранов, С. А. Критический анализ существующих систем автоматизации проектирования осветительных установок / С. А. Жеранов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28–29 апр. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – С. 189–192.
2. Справочная книга по светотехнике / Ю. Б. Айзенберг [и др.] ; под ред. Ю. Б. Айзенберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
3. Архангельский, А. Я. Программирование в Delphi для Windows. Версии 2006, 2007, Turbo Delphi / А. Я. Архангельский. – М. : Бином-Пресс, 2007. – 1248 с.
4. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения : ГОСТ 21.608–2014. – Взамен ГОСТ 21.608–84 ; Введ. 01.04.2017. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 17 с.

Получено 27.06.2017 г.