

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК
С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА DIALUX**

**Методические указания
по выполнению лабораторных работ**

Казань 2017

УДК 628.9:621.32

ББК 31.29

П79

П79 Проектирование осветительных установок с применением автоматизированного программного продукта DIALux: методические указания по выполнению лабораторных работ / Сост.: Н.В. Денисова, Р.Р. Гибадуллин, А.М. Копылов. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 64 с.

Содержат описание автоматизированного программного продукта DIALux и методические указания по его применению для проектирования искусственного освещения промышленных помещений.

Предназначены для студентов очной формы обучения по образовательным программам «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения» и «Проектирование развивающихся систем электроснабжения» направления подготовки магистров 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, изучающих дисциплину «Проектирование осветительных установок». Могут быть рекомендованы студентам, изучающим дисциплину «Системы освещения».

Продолжительность одной лабораторной работы – 4 часа.

УДК 628.9:621.32

ББК 31.29

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Проектирование осветительных установок» содержат материалы по четырем работам продолжительностью 4 часа каждая.

Основная цель методических указаний – привить студентам навыки светотехнического проектирования с применением автоматизированного программного продукта DIALux с учетом всех норм и правил создания осветительной установки.

В процессе выполнения лабораторных работ студент формирует следующие компетенции:

- способность выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности;
- способность управлять проектами разработки объектов профессиональной деятельности;
- способность к реализации мероприятий по экологической безопасности предприятий.

По окончании выполнения всех лабораторных работ обучающийся должен **знать**:

- требования нормативных правовых актов и нормативных технических документов к видам и объемам данных, необходимых для проектирования систем электроснабжения объектов капитального строительства, включая особо опасные, технически сложные и уникальные объекты;
- методы автоматизированного проектирования, основные программные комплексы проектирования, проведения технических расчетов, создания чертежей и моделей;
- требования законодательства и нормативных правовых актов, нормативных технических и нормативных методических документов по архитектурно-строительному проектированию, включая технические регламенты, национальные стандарты и своды правил, санитарные нормы и правила, нормы и правила пожарной безопасности;
- требования нормативных технических и нормативных методических документов к составу и правилам выполнения рабочих чертежей систем электроснабжения объектов капитального строительства;
- методики проведения технико-экономических расчетов проектных решений;

– основное оборудование, материалы и изделия, применяемые при устройстве систем электроснабжения объектов капитального строительства, включая вводно-распределительные устройства, кабели, соединительные изделия, распределительные щиты, устройства электропотребления и коммутационные устройства и т.п., их технические, технологические и эксплуатационные характеристики, стоимостные показатели и особенности монтажа;

– основные технологии, используемые при устройстве систем электроснабжения объектов капитального строительства;

уметь:

– определять объемы и сроки выполнения работ по разработке рабочих чертежей элементов и узлов систем электроснабжения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства; осуществлять разработку рабочих чертежей по сложным проектным решениям систем электроснабжения объектов капитального строительства, включая схемы и таблицы подключения, планы расположения электрооборудования, прокладки электрических сетей и сетей заземления и т.п.;

– определять содержание, объемы и сроки выполнения работ по проектированию систем электроснабжения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства;

– использовать средства автоматизации архитектурно-строительного проектирования, моделирования и технических расчетов;

– формулировать обоснования схем электроснабжения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства, включая технические, технологические и технико-экономические обоснования;

– осуществлять анализ содержания проектных задач, выбирать методы и средства их решения;

– разрабатывать меры по обеспечению надежности и безопасности систем электроснабжения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства, осуществлять и обосновывать выбор защитно-коммутационного оборудования;

владеть навыками:

– осуществления и обоснования выбора схемы внутренних сетей электроснабжения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства;

– проведения сводного анализа исходных данных, технических условий на подключение (технологическое присоединение) объектов капитального строительства к электрическим сетям централизованного электроснабжения,

данных заданий на проектирование, собранных данных и данных, полученных в результате расчетов, дополнительных исследований и инженерных изысканий;

– внесения изменений в подраздел проектной документации «Система электроснабжения» в соответствии с требованиями и рекомендациями заказчика, органов экспертизы, других уполномоченных органов и организаций;

– разработки схем электроснабжения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства;

– разработки и проведения технических расчетов принципиальных и сложных решений систем электроснабжения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства;

– разработки проектов подключения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства к питающим линиям централизованного электроснабжения;

– консультирования заказчика и генерального подрядчика при выборе материально-технических ресурсов, включая строительные материалы, изделия, конструкции, оборудование, машины и механизмы.

Лабораторные работы проводятся с использованием актуальной версии программы DIALux на персональных компьютерах XComiO на базе процессора IntelCorei3-3240.

Лабораторная работа № 1

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС DIALUX EVO

Цель работы – ознакомление с автоматизированным программным комплексом DIALux evo, изучение интерфейса пользователя и основных инструментов.

Задачи:

- 1) изучить особенности и назначение программного комплекса DIALux evo;
- 2) ознакомиться с интерфейсом пользователя, основными инструментами;
- 3) познакомиться с принципами создания освещения в DIALux evo.

Теоретические сведения

Особенности, назначение программного комплекса DIALux evo

DIALux – программа для планирования и дизайна освещения, разрабатываемая с 1994 года институтом DIAL (Deutsche Institut für Angewandte Lichttechnik) – Немецким институтом прикладной светотехники.

DIALux поддерживает международные и национальные стандарты европейских стран.

DIALux запускается на всех текущих платформах Windows и непрерывно улучшается квалифицированной группой разработчиков.

Улучшенная версия программы DIALux – DIALux evo – отличается гибкими настройками и детальным интерфейсом. Преимущество новой версии DIALux evo – это возможность осуществлять дизайн-проекты уличного освещения и производить необходимые расчеты. В DIALux evo пользователям дается возможность отслеживать запас электроэнергии как на отдельном мини-проекте, так и на общем проекте в целом, приведенной в кВт/ч, кВт/м², в сочетании с обзором общих затрат.

Для того чтобы быстрее производить расчеты по сложным проектам, была усовершенствована 64-битная версия программы. Для более эффективного режима работы в DIALux evo скорость обработки запросов пользователей была увеличена. Также улучшилось визуальное отображение свойств материалов, и теперь пластиковые и металлические поверхности различаются визуально.

Актуальная версия программы и обновления DIALux evo распространяются свободно и могут быть загружены с официального сайта разработчика DIAL.

В DIALux светильники представлены в виде файлов с расширением .ies. Имеется собственная база DIALux. Большинство производителей светильников выкладывают файлы .ies в свободном доступе.

Основные возможности компьютерного проектирования в программном комплексе DIALux evo:

- освещение внутри помещений и дизайн интерьера;
- наружное освещение;
- уличное освещение;
- аварийное освещение;
- дневной свет;
- сцены освещения;
- энергетическая оценка.

Программа позволяет рассчитывать внутреннее и наружное освещение, при этом расчет осуществляется при заданном типе и количестве светильников и их расположении.

При расчете учитывается геометрия помещений, цвет и текстура поверхностей, а также расставленная в помещении мебель.

Самыми востребованными результатами расчета являются графическое изображение распределения освещенности по рабочей поверхности и общий трехмерный вид освещенного помещения. Кроме того, можно получить изолинии постоянной освещенности, таблицу и график освещенности, ведомость светильников и их паспортные данные.

Интерфейс пользователя. Основные инструменты

Работа в программе начинается с диалогового окна (рис. 1).

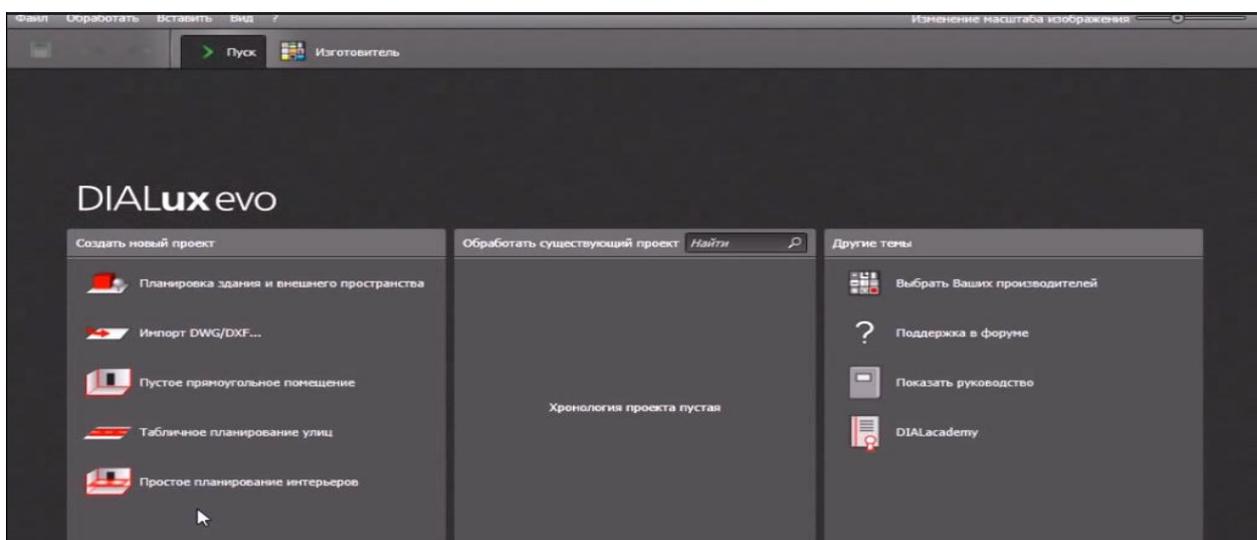


Рис. 1. Диалоговое окно программы DIALux evo

Работа над помещением (построение, наполнение, планирование и расчет освещения) через диалоговое окно может быть начата любым из предложенных ниже вариантов.

1. Создать новый проект.

1.1. Планировка здания и внешнего пространства. Создает пустое внешнее пространство, где можно расставить различные объекты. Здесь же можно создать внутреннюю планировку помещения и окружение к нему.

1.2. Импорт DWG/DXF. Импорт чертежных файлов.

1.3. Пустое прямоугольное помещение. Создает прямоугольное помещение, где можно менять различные параметры.

1.4. Табличное планирование улиц. Создание шоссе и размещение светильников, чтобы посмотреть, какая там освещенность.

1.5. Простое планирование интерьеров. Упрощенный вариант простого прямоугольного помещения.

2. Обработать существующий проект. Здесь отображены последние проекты. Можно загрузить проект с компьютера.

Интерфейс пользователя DIALux отличается простыми и доступными диалогами, включает в себя динамические параметры настройки инструментальной панели и всесторонний проводник, в котором отражаются основные разделы проектирования.

В DIALux evo имеется 4 важные рабочие области: выбор режима, выбор инструмента, CAD – выбор вида, отображение параметров.

В работе с DIALux evo для интерактивного планирования освещения и построения возможно использовать основные виды изображения объекта: трехмерный вид, вид горизонтальной проекции, вид сбоку справа, вид сбоку слева, вид спереди, вид снизу, которые снабжены дополнительными операциями перемещения, масштабирования, вращения или выбора объекта(ов) внутри или снаружи помещения.

Методические указания по созданию освещения в DIALux evo

Вставка dwg-чертежа

Для автоматизации ввода нового проекта в DIALux evo реализована возможность вставки dwg-чертежа.

1. Запустите DIALux evo и кликните по пункту «Импорт DWG/DXF» (рис. 2).

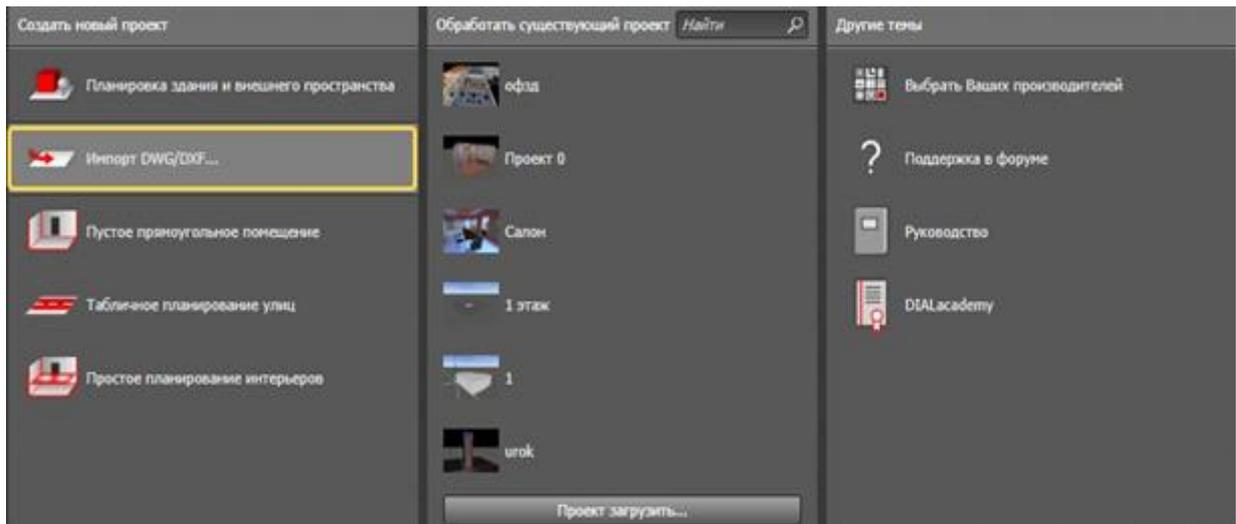


Рис. 2. Диалоговое окно «Создать новый проект»

2. Выберите файл чертежа (рис. 3).

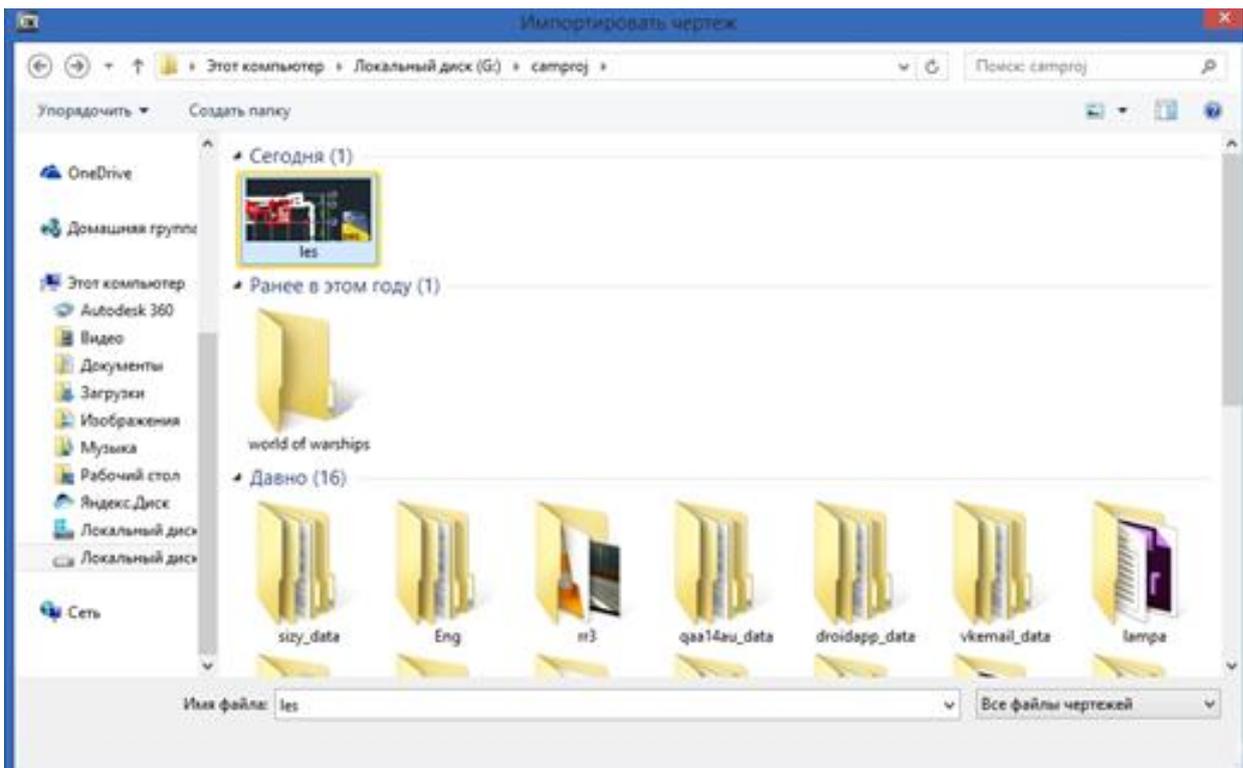


Рис. 3. Выбор файла чертежа для DIALux evo

3. Импортируйте чертеж. В открывшемся окне программы, слева, во вкладке «Шкалирование», в выпадающем списке «единицы» выберите единицу измерения, в которой создан чертеж. Обычно это «мил», т.е. миллиметры (рис. 4).

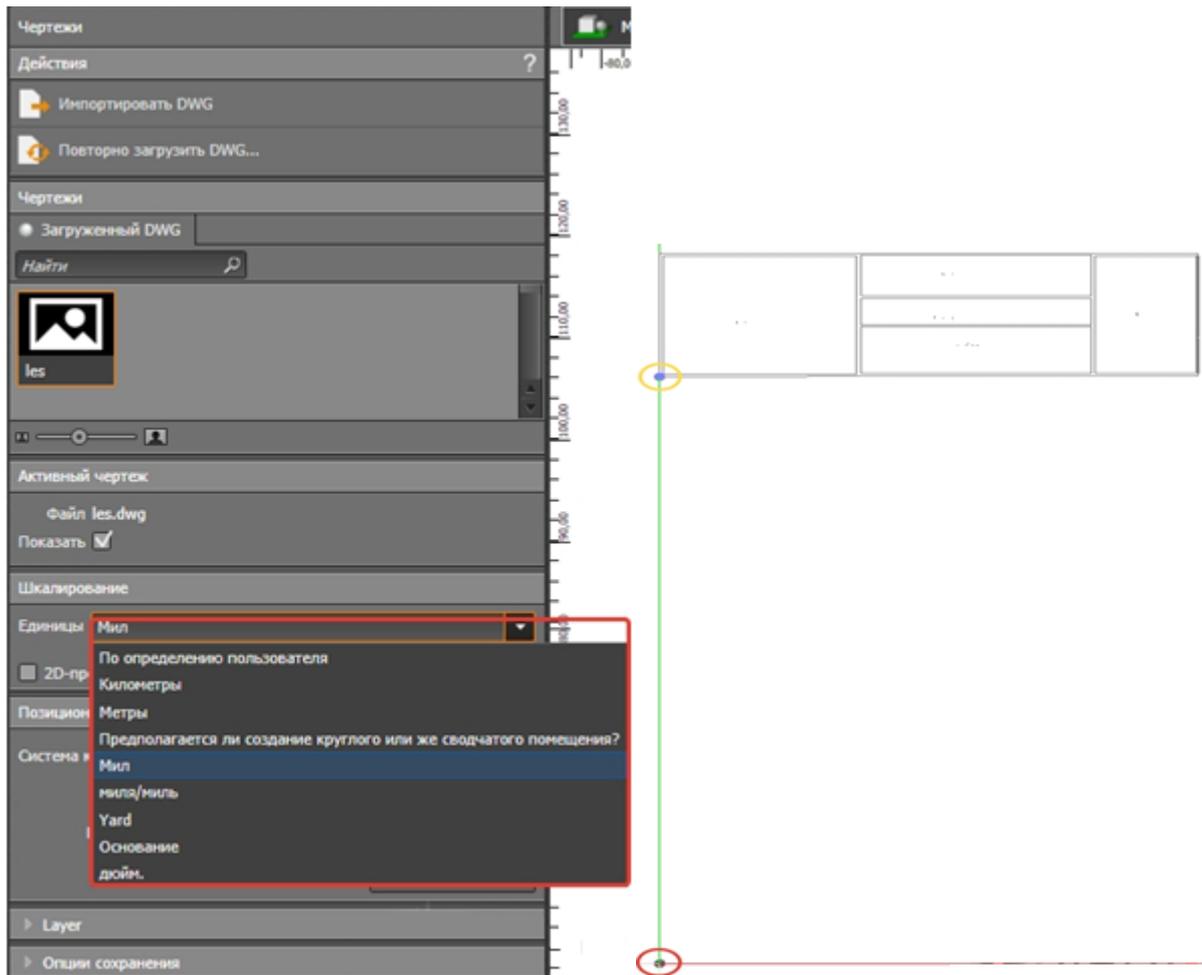


Рис. 4. Выбор единицы измерения в DIALux evo

Создание здания и помещений

1. Во вкладке «Местность» выберите пункт «Отобразить новое здание» (рис. 5).

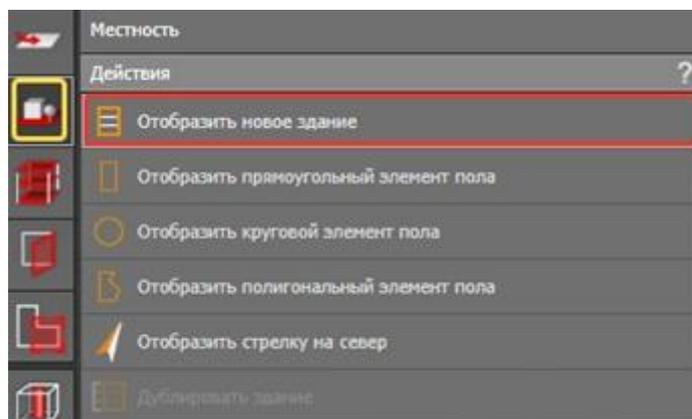


Рис. 5. Меню вкладки «Местность»

2. В открывшейся вкладке «Новое строение» задайте общую высоту и количество этажей в здании (рис. 6).

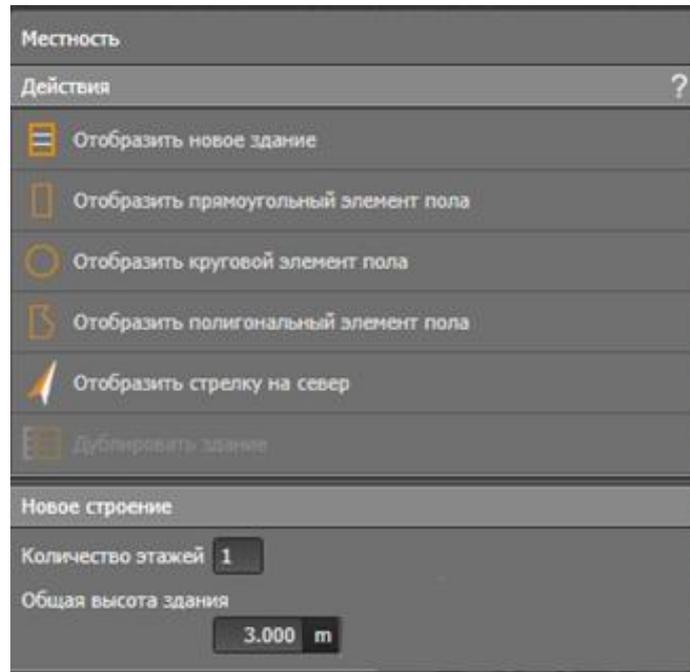


Рис. 6. Меню вкладки «Новое строение»

3. Кликните по углам здания, обводя его контуры. Для того чтобы замкнуть контур, кликните по первой точке либо сделайте клик правой кнопкой мыши и выберите «закорить полигон» (рис. 7).

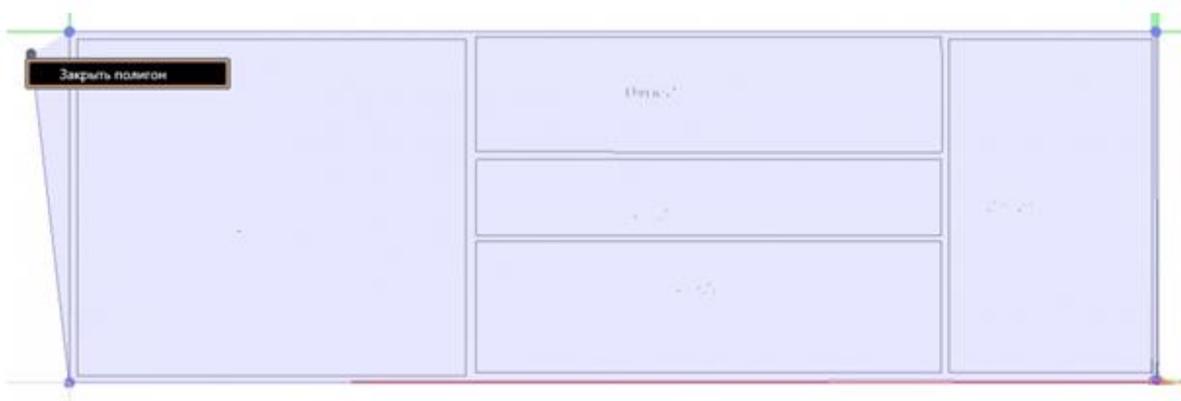


Рис. 7. Создание контура здания

4. После создания контура программа перейдет во вкладку «Конструкция этажей и зданий». Создайте внутренние помещения тем же способом, что и контур, выбрав «Отобразить новые контуры внутреннего помещения» (рис. 8).

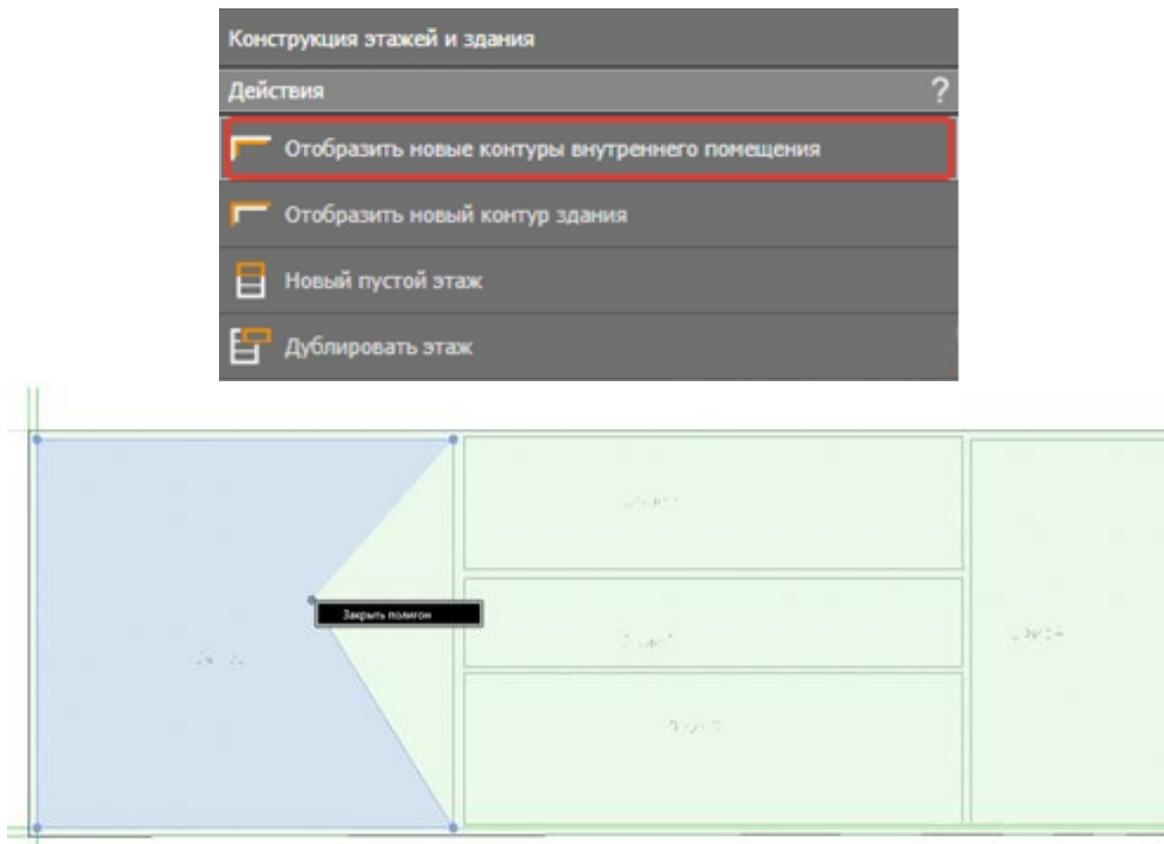


Рис. 8. Создание контуров внутренних помещений

Добавление светильников и расчет

1. Выберите «Свет» (рис. 9).

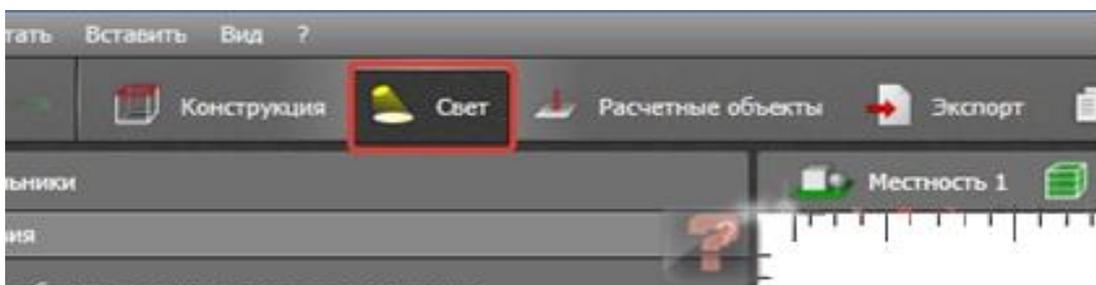


Рис. 9. Добавление в чертеж освещения

2. Нажмите «Выбрать» (рис. 10).

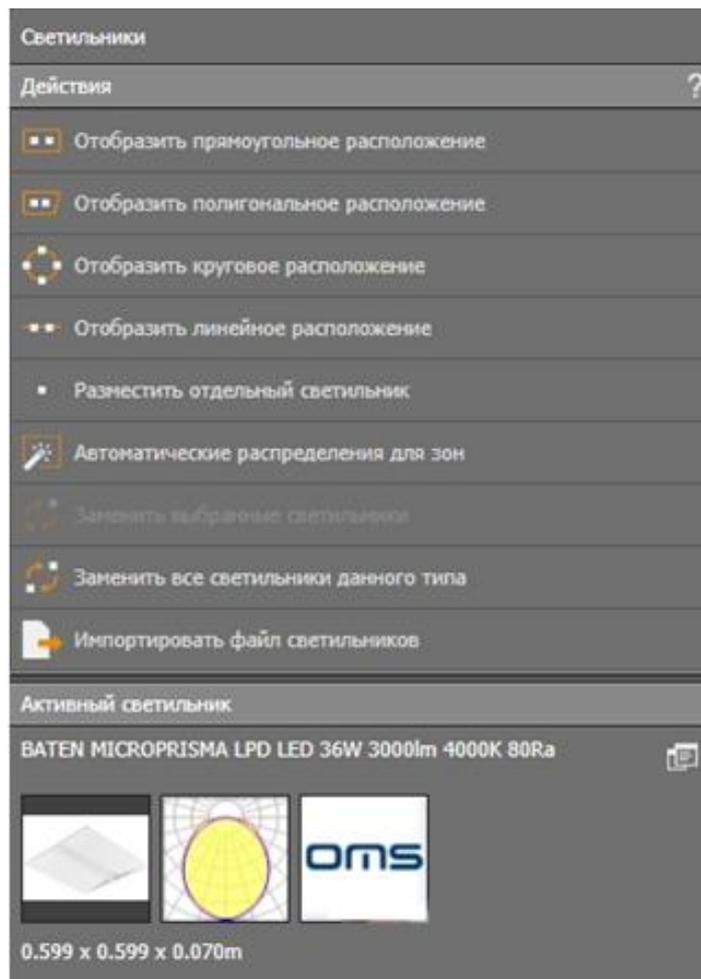


Рис. 10. Меню вкладки «Светильники»

3. Перейдите в папку и кликните по «Выбрать папку» (рис. 11).

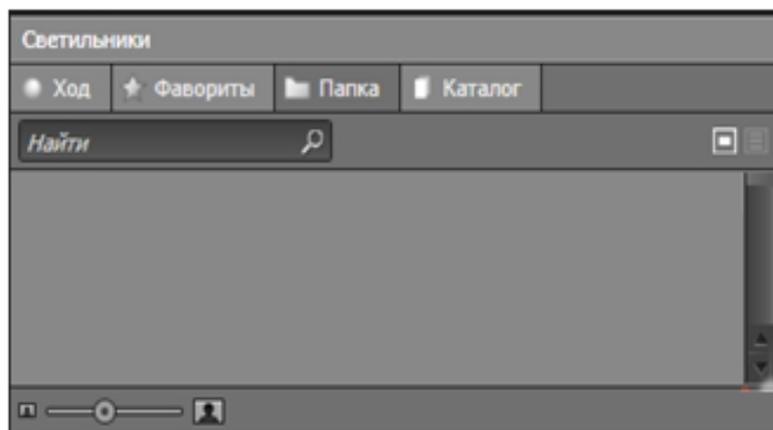


Рис. 11. Поиск папки во вкладке «Светильники»

4. Найдите на компьютере папку с файлами светильников и нажмите «Ок» (рис. 12).

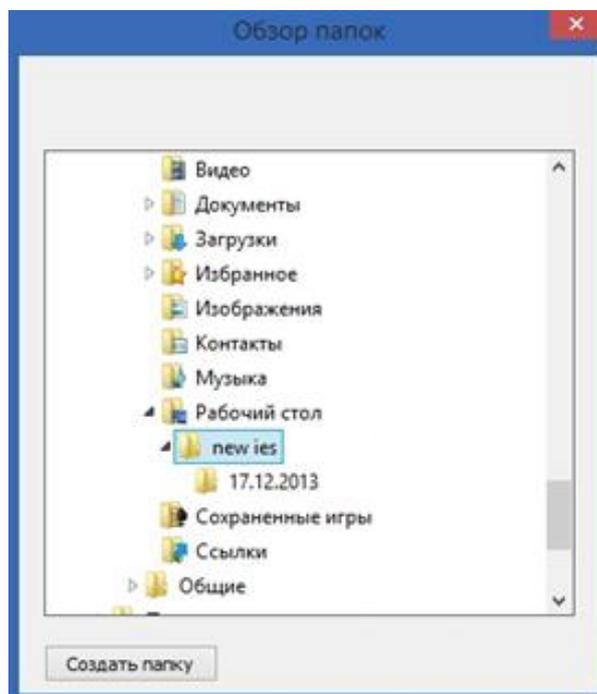


Рис. 12. Выбор папки с файлами светильников

5. В открывшейся папке кликните по интересующему светильнику и нажмите «Перенять» (рис. 13).

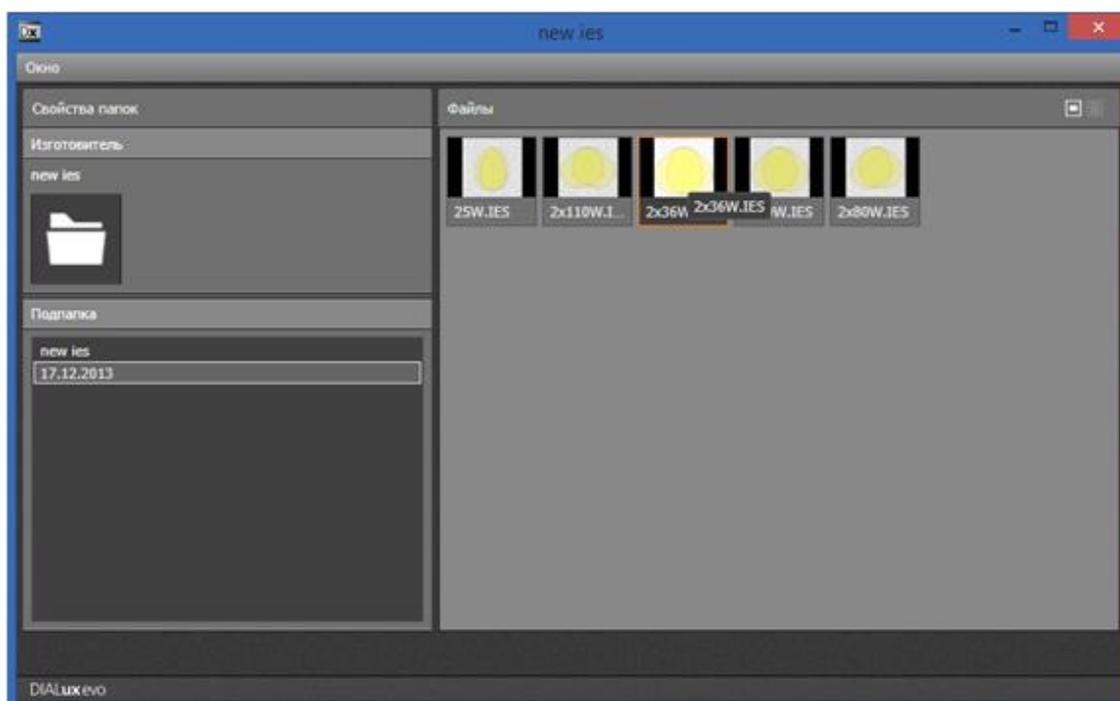


Рис. 13. Выбор светильника

6. Выберите «Автоматические распределения для зон», а затем кликните по помещению (рис. 14).

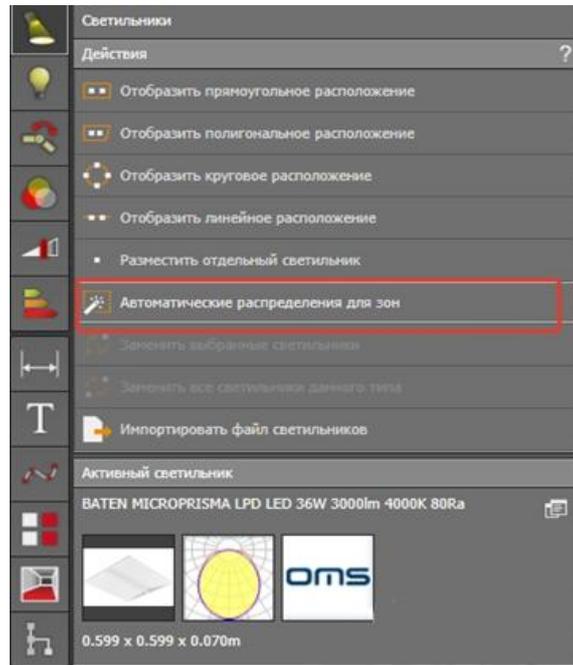


Рис. 14. Задание автоматического распределения для зон в меню вкладки «Светильники»

7. При желании измените количество светильников во вкладке слева (рис. 15).



Рис. 15. Назначение количества светильников

8. Кликните на кнопку «Начать расчет» (рис. 16).

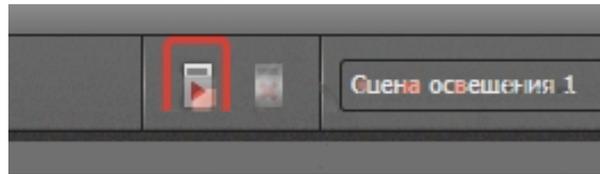


Рис. 16. Запуск расчета освещенности

9. Оцените результаты расчета в открывшемся справа окне «Обзор результатов».

Задание на выполнение лабораторной работы

Перед занятием ознакомьтесь с информацией о создании освещения внутри помещений и дизайна интерьера на официальном сайте [1].

В ходе лабораторной работы каждому студенту необходимо спроектировать осветительную установку в производственном помещении с заданными величинами A , B , H и E :

$$A = 8 \text{ м}; \quad B = 12 + \frac{n \cdot 10}{N} \text{ м};$$

$$E = 100 + \frac{n \cdot 300}{N}; \quad H = 2,5 + \frac{n \cdot 6,5}{N},$$

где N – количество человек в группе; n – номер варианта по списку.

По рассчитанным данным создайте помещение, выберите светильники с тремя различными источниками света (ДРЛ, ЛЛ, СД); проведите расчет и распечатайте результаты: план помещения с координатами светильников, изолинии освещенности, таблицу освещенности для каждого источника света. Сравните результаты и сделайте выводы.

Указания по оформлению отчета

Отчет представляется преподавателю и защищается каждым студентом. Он должен содержать:

- название;
- цель работы;

- задание;
- результаты работы, в том числе приведенные в приложении к отчету в виде распечатки;
- графики результатов измерений освещенности;
- анализ полученных результатов;
- выводы.

Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы с группой изучите «Инструкцию № 1 по технике безопасности для операторов и пользователей электронно-вычислительных машин (ПЭВМ)» и заполните журнал по охране труда.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о видах систем освещения.
2. Перечислите качественные показатели нормирования ОУ.
3. Расскажите о типах рабочего освещения.
4. Перечислите основные требования к производственному помещению.
5. Перечислите способы освещения.
6. Назовите требования, предъявляемые к освещению рабочего места.
7. Объясните, что такое пульсация освещенности.
8. Перечислите способы создания искусственного освещения.
9. Объясните термин «условная рабочая поверхность».

Рекомендуемые источники

1. Уроки по DIALux: [Электронный ресурс] // dialux-help: расчет и проектирование освещения: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.dialux-help.ru/blogs/uroki-po-dialux/sozdaem-pomeschenie-v-dialux-evo.html> (дата обращения 30.06.2016).

2. DIALux EVO по-русски: видеоуроки: [Электронный ресурс] // cadtv.ru: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.cadtv.ru/dialux-evo-po-russki-video-urok-2/> (дата обращения 30.06.2016).

3. Курсы DIALux: [Электронный ресурс] // ARTLIGHT: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.artlight.ru/index.php/actionsvetilniknews/newsidsvetilnik396/> (дата обращения 30.06.2016).

Лабораторная работа № 2

СВЕТОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

Цель работы – изучить два метода светотехнического расчета освещения: метод коэффициента использования светового потока и точечный метод; по заданному варианту произвести расчет освещения.

Задачи:

- 1) изучить нормируемые светотехнические и энергетические параметры внутреннего искусственного освещения, различные виды искусственного освещения административных зданий, маркировку светильников и способы размещения светильников в помещении;
- 2) познакомиться с нормативными документами, регламентирующими нормы освещенности;
- 3) изучить и проанализировать способы светотехнического расчета освещения.

Теоретические сведения

Нормируемые светотехнические и энергетические параметры внутреннего искусственного освещения

Для всех рабочих мест внутри помещений и для рабочих мест вне помещений, на которых выполняется конкретная работа, основными нормируемыми величинами являются освещенность на рабочей поверхности $E_{р.п}$, лк, а также яркость рабочей поверхности $L_{р.п}$, кд/м². Для помещений жилых, общественных и административно-бытовых зданий нормируется также коэффициент отражения стен ρ_c .

Освещенность и яркость на рабочей поверхности характеризуют количественную составляющую освещения. Остальные нормируемые параметры определяют качество освещения.

Для административных зданий нормируется показатель дискомфорта M . Величина M зависит от характера выполняемой работы и может принимать значения от 15 до 90.

Для расчета показателя дискомфорта M разработаны инженерные методики, которые приведены в СП 52.13330.2011 [1].

Следующим нормируемым качественным показателем освещенности является общий индекс цветопередачи R_a , характеризующий уровень соответствия естественного цвета тела видимому цвету этого тела при освещении его данным источником света.

Принята следующая система оценки качества цветопередачи:

- $R_a > 90$ – отличное;
- $90 > R_a > 80$ – очень хорошее;
- $80 > R_a > 70$ – хорошее;
- $70 > R_a > 60$ – удовлетворительное;
- $60 > R_a > 40$ – приемлемое;
- $R_a < 40$ – плохое.

В [1] установлено, что для всех видов работ и типов административных помещений нормируется R_a не ниже 80.

Кроме общего индекса цветопередачи, регламентируется цветовая температура источников света T_c , К. По цветности излучения все источники света разделены на три группы:

- $T_c < 3500$ К – теплые;
- $3500 < T_c < 5300$ К – средние;
- $T_c > 5300$ К – холодные.

Еще одним нормируемым параметром освещения является распределение яркости в поле зрения – это отношение среднего значения к наименьшему значению коэффициента естественной освещенности (КЕО) в пределах характерного разреза помещения. В зависимости от характера выполняемой работы соотношение освещенности на рабочем месте и в ближайшем окружении должно быть не более 1 : 0,3 – 1 : 0,7 [1].

В России нормируется еще один качественный показатель освещения: коэффициент пульсации освещенности $K_{п}$, % – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током.

Российскими нормами установлено, что глубина пульсаций светового потока на рабочих местах не должна превышать 20 %, а для некоторых видов помещений – 15 %:

- в помещениях, оборудованных компьютерами – не более 5 %;
- в детских дошкольных учреждениях – не более 10 %;
- в учреждениях общего образования, начального, среднего и высшего специального образования – не более 10 %.

В целях максимальной экономии электроэнергии в [1] нормируется удельная установленная мощность осветительной установки (с учетом потерь в аппаратуре включения), деленная на площадь освещаемого помещения, а также регламентируются параметры источников света.

Виды искусственного освещения административных помещений

Искусственное освещение подразделяется на следующие виды [1]:

а) рабочее – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий;

б) аварийное – разделяется на освещение безопасности и эвакуационное освещение;

в) охранное – освещение в нерабочее время;

г) дежурное – освещение в нерабочее время.

Искусственное освещение может быть двух систем:

а) общее освещение – освещение, при котором светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению объектов (общее локализованное освещение);

б) комбинированное освещение – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное;

в) местное освещение – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

Применение одного местного освещения производственных рабочих мест не допускается. Искусственное рабочее освещение предназначено для создания необходимых условий работы и нормальной эксплуатации зданий и территорий. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

В помещениях административных зданий, как правило, следует применять систему общего освещения. Допускается применение системы комбинированного освещения в помещениях административных зданий, где выполняется зрительная работа разрядов А – В. При этом освещенность от общего освещения должна составлять не менее 70 % [1].

Маркировка светильников

Маркировка современных светильников (рис. 17) состоит из условного буквенного обозначения типа применяемых ламп, способа монтажа, условного назначения светильника и численного обозначения мощности.

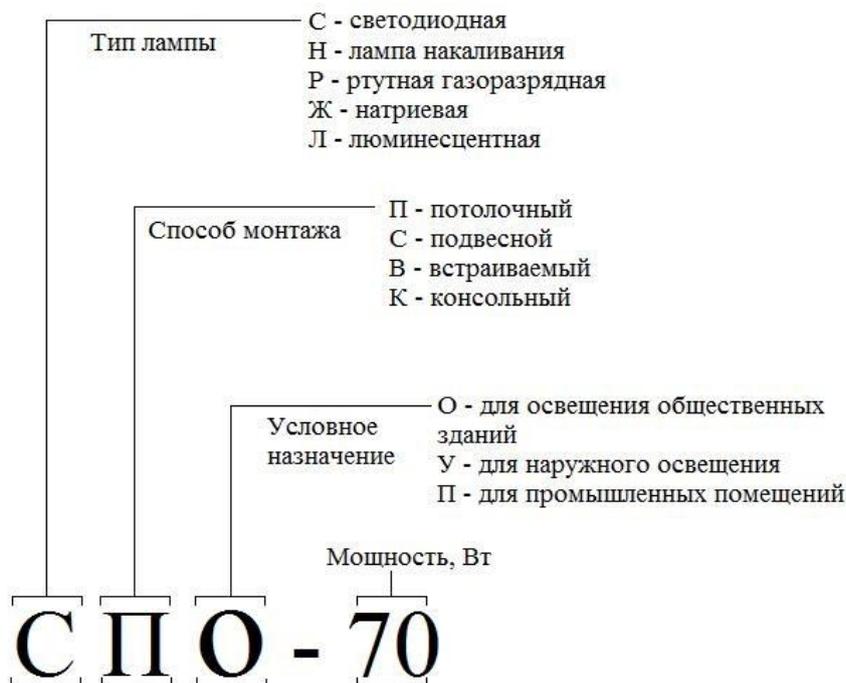


Рис. 17. Расшифровка маркировки светильников

Размещение светильников в помещении

Существуют два способа размещения светильников общего освещения: равномерное и локализованное [2, с.103]. При локализованном способе вопрос о выборе мест расположения светильников должен решаться индивидуально в каждом конкретном случае в зависимости от характера размещения рабочих мест в помещении.

При общем равномерном освещении, а по возможности, и при локализованном освещении светильники рекомендуется располагать по вершинам квадратных, прямоугольных (с отношением большей стороны прямоугольника к меньшей не более 1,5) или ромбических (с острым углом ромба, близким к 60°) полей.

Для равномерного размещения светильников должны быть известны размеры, указанные на рис. 18: H – высота помещения, м; h_p – высота расчетной (рабочей) поверхности над полом, м (если неизвестна, принимается высота условной рабочей поверхности 0,8–1 м); h_c – расстояние от светильника до перекрытия (высота подвеса светильников), м (выбирается в пределах 0–1,5 м); L – расстояние между соседними светильниками в ряду или рядами светильников (если по длине и ширине помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B); H_p – расчетная высота от рабочей

поверхности до светильника, м; l – расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены, м (принимается $(0,3...0,5)L$ в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест); A – длина помещения, м; B – ширина помещения, м.

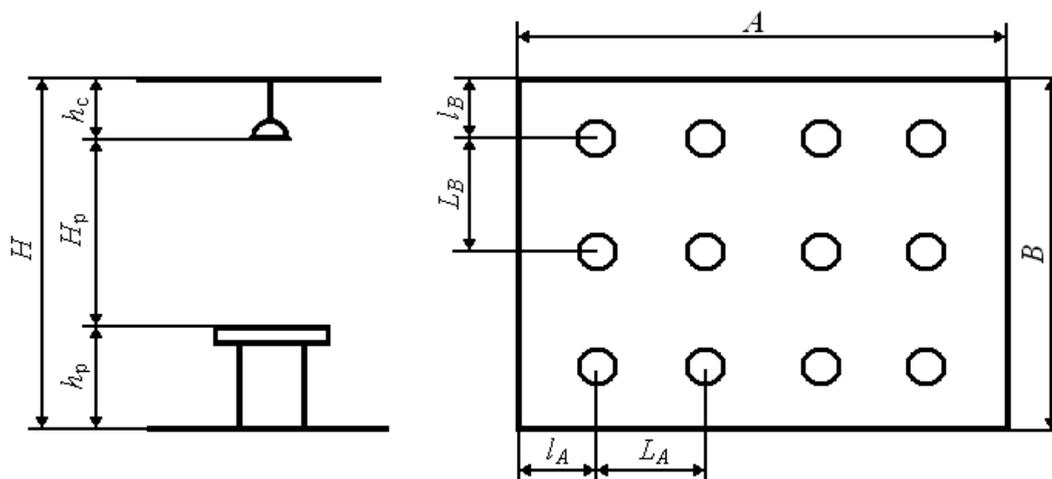


Рис. 18. Равномерное размещение светильников в помещении

Повышение энергетической эффективности осветительных установок за счет локализованных или неравномерных схем имеет место в тех случаях, когда использование равномерного размещения приводит к значительному отклонению расчетной освещенности от нормируемой.

На рис. 19 представлены схемы наиболее эффективного локализованного размещения светильников в соответствии с рекомендациями Международной комиссии по освещению [3, с. 65]. Здесь L – ширина пролета; l – шаг колонн; A – расстояние от крайнего ряда светильников до ряда колонн или до стены.

Наиболее часто используется двух- (рис. 19, а), трех- (рис. 19, б), а иногда четырехрядное (рис. 19, в) размещение светильников в пролете, причем в некоторых случаях светильники в ряду могут быть сдвоены либо даже строены (схемы 2, 3, 5, 6). Приведенные схемы размещения светильников 2, 3, 7, 8 и аналогичные им могут быть условно названы равномерными, так как характеризуются равномерным прямоугольным размещением светильников. Часто применяется шахматное размещение, представленное на схемах 4, 5, 6, 9 и аналогичных. Допустимо введение (практически без ущерба для неравномерности распределения освещенности) продольной неоднородности в размещении светильников, позволяющей получить новые схемы, перспективные в плане решения поставленной задачи.

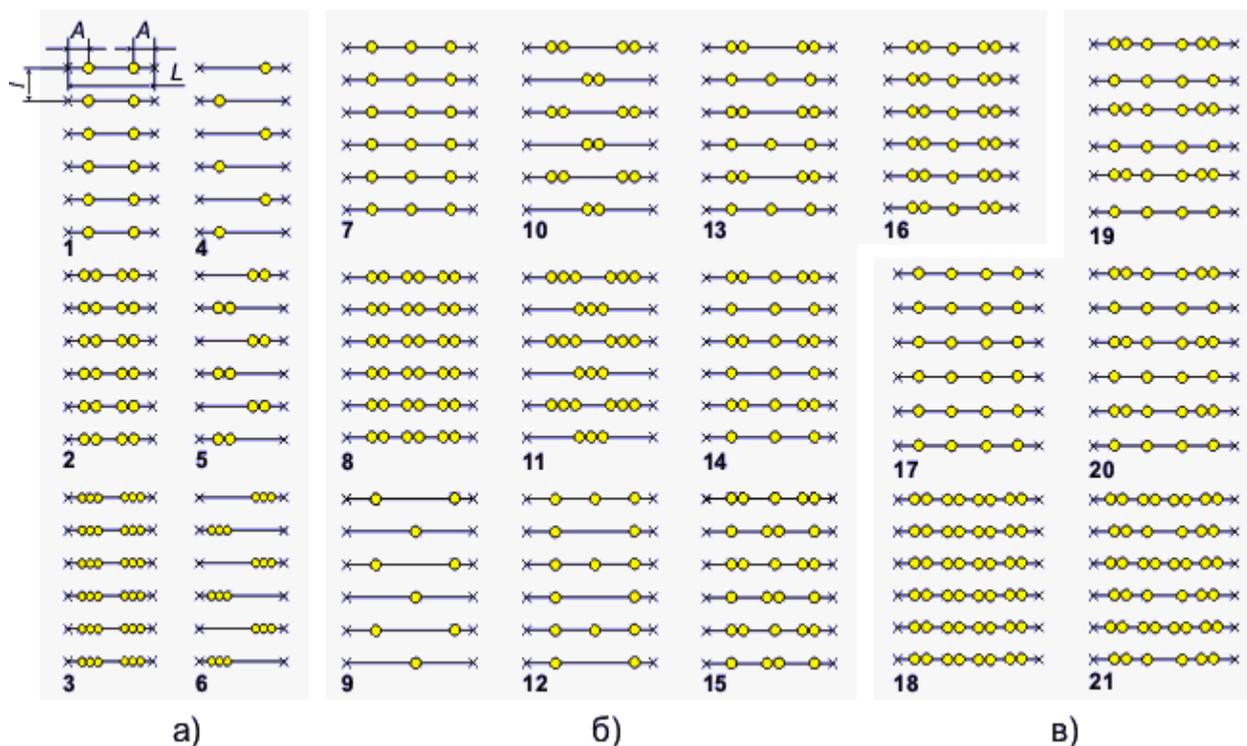


Рис. 19. Схемы эффективного локализованного размещения светильников в помещении

Специфической особенностью таких схем является разное количество светильников в соседних модулях за счет разных расстояний между светильниками в рядах (схемы 9–16 и 19–21). Наличие таких схем, которые могут быть названы неравномерными, позволяет получить способы размещения, приводящие в среднем к дробному числу светильников на модуль.

Обзор нормативных документов, регламентирующих нормы освещенности

В России основным документом, устанавливающим параметры освещения, является Свод правил СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» (Актуализированная редакция СНиП 23-0595) [1].

В СП 52.13330.2011 даны нормы освещенности в зависимости от класса зрительных работ. Этот класс определяется по минимальным размерам деталей, с которыми приходится работать на данном рабочем месте, и по контрасту деталей и фона. По характеру работы, выполняемой внутри помещений, выделено 7 классов точности: наивысшая, очень высокая, высокая, средняя и малая точность, грубая работа и работа с самосветящимися или раскаленными объектами. Нормируемые уровни освещенности для этих классов – от 5000 до 100 лк.

Методические указания по светотехническому расчету освещения

1. Определите исходные данные для расчета:

1) геометрические параметры помещения (см. рис. 18);

2) характер окружающей среды в помещении в соответствии с ПУЭ:

– нормальная (IP20, IP40);

– пыльная (IP65);

– влажная (IP65, IP67);

– пожароопасная и т.д.

С помощью табл. 1 и рис. 20 сделайте предварительный выбор типа светильников и конструктивного исполнения [1].

Таблица 1

Характеристики светодиодных светильников

Характеристики	Светильник					
	СПО-12	СПП-18	СПО-32	СПП-70	УСС-150	СПП-08
<i>Светотехнические</i>						
Световой поток, лм	1700	2200	3000	8800	15000	710
Коррелированная цветовая температура, К	4000	4000	4000	4000	4500–5500	3500–4500
Тип кривой силы света	Д					
Индекс цветопередачи R_a	>80					
Эффективность светильника, лм/Вт	113	110	93	110	100	83,5
Класс светораспределения по ГОСТ 17677-82	II					
Угол излучения, град.	120					
Марка применяемых светодиодов	Nichia					
Количество светодиодов	12	18	32	72	144	8
<i>Электротехнические</i>						
Номинальная мощность, Вт	15	20	32	80	150	8,5
Коэффициент мощности	>95					
Напряжение питающей сети, В	170–264					
Класс энергетической эффективности	А					

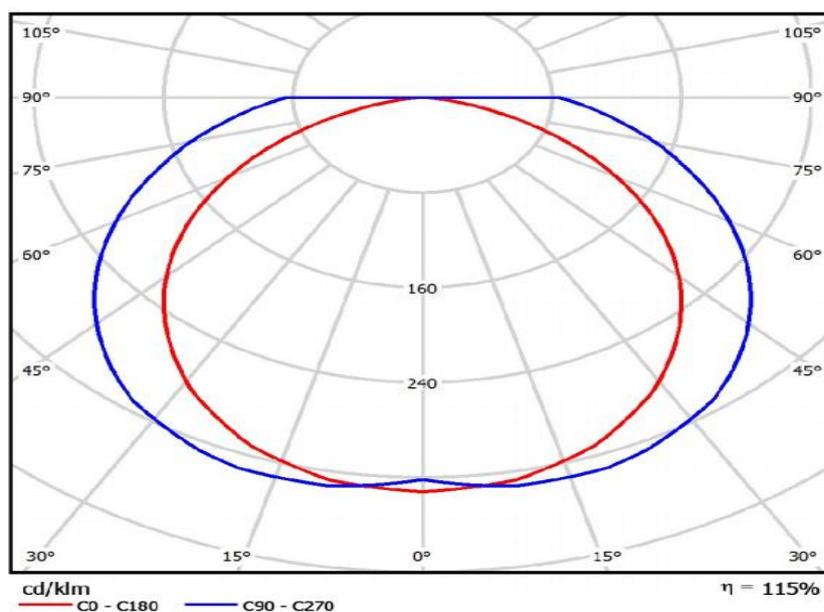


Рис. 20. КСС типа Д, характерная для светильников СПП (СПО)

Коэффициент z , характеризующий неравномерность освещенности, принимается $z = 1,1$. Рекомендуемые значения λ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Рекомендуемые значения λ для светильников с типовыми кривыми

L/H_p	Тип КСС				
	К	Г	Д	М	Л
	0,4–0,7	0,8–1,1	1,4–1,6	1,8–2,6	1,6–1,8

Определите расчетную рабочую высоту от условной рабочей поверхности до светильника, м:

$$h = H - (h_c - h_p).$$

Определите индекс помещения:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}.$$

2. Определите светотехнические параметры помещения.

Коэффициенты отражения потолка, стен и рабочей поверхности представлены в [3] – табл. 3, 4.

Таблица 3

Приблизительные значения коэффициентов отражения стен и потолка

Характер отражающей поверхности	Коэффициент отражения, %
Побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при незавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями	10

Таблица 4

Коэффициент использования светового потока светильников η [3]

Типовая кривая	Равномерная М							Косинусная Д							Глубокая Г									
	70			50		30	0	70			50		30	0	70			50		30	0			
ρ_{Π} , %	50		30		50	30	10	0	50		80		50	30	10	0	50		30		50	30	10	0
ρ_{ρ} , %	30	10	30	10	10		10	0	30	10	30	10	10		10	0	30	10	30	10	10		10	0
i	Коэффициент использования, %																							
0,5	28	28	21	21	25	19	15	13	36	35	30	30	34	28	25	22	58	57	55	53	57	53	49	47
0,6	35	34	27	26	31	24	18	17	43	42	35	34	40	33	28	27	68	65	62	60	64	60	57	56
0,7	41	39	32	31	39	31	25	24	48	47	41	39	45	38	33	31	74	69	68	64	69	64	66	60
0,8	49	46	38	36	43	36	29	28	54	51	45	43	49	43	37	36	78	73	72	69	72	69	56	64
0,9	51	48	40	39	46	39	31	30	57	55	48	46	52	46	41	39	81	75	75	72	75	72	70	67
1,0	54	50	43	41	48	41	34	32	60	57	52	50	55	49	45	42	84	78	78	75	77	74	72	70
1,1	56	52	46	43	50	43	35	33	64	60	55	52	58	51	47	44	87	81	80	77	79	76	74	72
1,25	59	55	49	46	53	45	38	35	69	63	60	56	61	55	50	48	90	83	84	79	82	79	16	75
1,5	64	59	53	50	56	49	42	39	73	69	67	62	67	61	55	53	94	86	88	83	85	82	79	78
1,75	68	62	57	53	60	53	45	42	79	72	71	66	70	65	60	57	97	88	92	85	86	85	82	80
2,0	73	65	61	56	63	56	48	45	83	75	75	69	73	68	64	61	99	90	95	88	88	87	84	82
2,25	76	68	65	60	66	59	51	48	86	77	79	73	76	71	66	64	101	92	97	90	90	88	85	83
2,5	79	70	68	63	68	61	54	51	89	80	82	75	78	73	69	66	103	93	99	91	91	89	87	85
3,0	83	75	73	67	72	65	58	55	93	83	86	79	81	77	73	71	105	94	102	92	93	91	80	86
3,5	87	78	77	70	75	68	61	59	96	86	90	82	83	80	76	73	107	95	104	94	94	93	90	88
4,0	91	80	81	73	78	72	65	62	99	88	93	84	85	83	79	76	109	95	105	94	94	94	91	89
4,5	95	83	86	77	80	75	69	65	105	90	98	88	88	85	81	79	111	97	108	95	96	95	92	90

Коэффициент запаса при расчете, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации светодиодного осветительного прибора, принимается $K_3 = 1,4$ в соответствии с [1].

3. Порядок проведения расчета.

Определите расстояние между светильниками L , м:

$$L = \lambda H_p.$$

Расстояние l от крайних светильников до стены принимается $0,3L-0,5L$ в зависимости от наличия рабочих мест у стен.

Определите число светильников в ряду:

$$N_R = \frac{A - 2l}{L} + 1.$$

Наметьте число рядов:

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1.$$

После округления пересчитайте реальные расстояния:

– между рядами светильников, м:

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1};$$

– между центрами светильников в ряду, м:

$$L_A = \frac{A - 2l}{N_R - 1}.$$

Для прямоугольных помещений проверьте условие:

$$1 \leq \frac{L_A}{L_B} \leq 1,5.$$

Определите общее количество точечных светильников в цехе:

$$N_{св} = RN_R.$$

Определите расчетный световой поток светильника:

$$\Phi_{\text{св}} = \frac{E_{\text{н}} K_3 Fz}{N \eta_{\text{оу}}}.$$

Выберите светильник с ближайшим большим значением светового потока.

Пример расчета методом коэффициента использования светового потока

Исходные данные: $A = 8$ м; $B = 8$ м; $H = 3,6$ м.

В качестве источника света принимается светильник СПП, степень защиты оболочки – IP20.

Тип кривой силы света – Д-1.

По табл. 2 находится отношение расстояния между соседними светильниками к высоте их установки $\lambda = 1,4$.

Принимаются значения коэффициентов отражения стен $\rho_{\text{с}} = 0,3$, потолка $\rho_{\text{п}} = 0,3$, рабочей поверхности $\rho_{\text{р}} = 0,1$ помещения.

Коэффициент запаса при расчете, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации осветительного прибора, принимается $K_3 = 1,4$ в соответствии с [1].

Высота расчетной (рабочей) поверхности над полом $h_{\text{р}}$ принимается равной 0,8 м. Расстояние от светильника до перекрытия $h_{\text{с}}$ (высота подвеса светильников) принимается равной 0,55 м.

Определяется расчетная высота от условной рабочей поверхности до светильника:

$$H_{\text{р}} = H - (h_{\text{р}} - h_{\text{с}}) = 3,6 - (0,8 + 0,55) = 2,25 \text{ м.}$$

Определяется расстояние между светильниками:

$$L = \lambda H_{\text{р}} = 1,4 \cdot 2,25 = 3,15 \text{ м.}$$

Расстояние от крайних светильников до стены l , м принимается в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест с соблюдением условия:

$$0,3L \leq l \leq 0,5L; \quad 0,95 \leq l \leq 1,58;$$

$$l = 1 \text{ м.}$$

Определяется число светильников в ряду:

$$N_R = \frac{A - 2l}{L} + 1 = \frac{8 - 2 \cdot 1}{3,15} + 1 = 3.$$

Намечаем число рядов:

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1 = \frac{8 - 2 \cdot 1}{3,15} + 1 = 3.$$

После округления пересчитываются реальные расстояния:

– между рядами светильников:

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1} = \frac{8 - 2 \cdot 1}{3 - 1} = 3 \text{ м};$$

– между центрами светильников в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2l}{N_R - 1} = \frac{8 - 2 \cdot 1}{3 - 1} = 3 \text{ м}.$$

Для прямоугольных помещений проверяется условие:

$$1 \leq \frac{L_A}{L_B} \leq 1,5; \quad L_A/L_B = 1.$$

Условие выполняется.

Определяется общее количество точечных светильников в цехе:

$$N_{\text{св}} = RN_R = 3 \cdot 3 = 9.$$

Определяется индекс помещения:

$$i_{\text{п}} = \frac{AB}{H_p(A+B)} = \frac{8 \cdot 8}{2,25(8+8)} = 1,78.$$

Определяется значение коэффициента использования светового потока
 $\eta_{\text{оу}} = 0,5.$

Коэффициент z , характеризующий неравномерность освещенности, для светодиодных ламп принимается $z = 1,1$.

Определяется расчетный световой поток светильника:

$$\Phi_{\text{св}} = \frac{E_{\text{н}} K_3 F z}{N \eta_{\text{оу}}} = \frac{50 \cdot 1,4 \cdot 64 \cdot 1,1}{9 \cdot 0,5} = 1095,11 \text{ лм.}$$

Выбирается светильник СПП-12 мощностью $P_{\text{н}} = 15$ Вт со световым потоком $\Phi_{\text{ном}} = 1700$ лм. $\Phi_{\text{ном}}$ находится в допустимых пределах ($-10...+20$) %.

Пример расчета точечным методом

Расчет освещенности в точке горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскости точечным методом связан с определением светового потока, падающего от источника света любой формы на элементарную площадку, содержащую расчетную точку. Если излучатели точечные, то от каждого в расчетную точку может упасть только один луч. Если излучатели линейные, тогда в точке может сходить множество лучей, лежащих в одной плоскости. При точечных излучателях с известными кривыми силы света вычисление суммарной освещенности в расчетной точке сводится к учету вклада в освещенность каждого излучателя.

В ТП требуется обеспечить $E = 50$ лк при $K_3 = 1,4$. Светильники СПП подвешены на высоте 2,25 м. Размеры полей – 8×8 .

Определяется расчетная высота от условной рабочей поверхности до светильника:

$$H_{\text{р}} = H - (h_{\text{р}} + h_{\text{с}}) = 3,6 - (0,8 + 0,55) = 2,25 \text{ м.}$$

Определяется расстояние между светильниками:

$$L = \lambda H_{\text{р}} = 1,4 \cdot 2,25 = 3,15 \text{ м.}$$

Расстояние от крайних светильников до стены l , м, принимается в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест с соблюдением условия:

$$0,3L \leq l \leq 0,5L; \quad 0,95 \leq l \leq 1,58;$$

$$l = 1 \text{ м.}$$

Определяется число светильников в ряду:

$$N_R = \frac{A - 2l}{L} + 1 = \frac{8 - 2 \cdot 1}{3,15} + 1 = 3.$$

Намечается число рядов:

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1 = \frac{8 - 2 \cdot 1}{3,15} + 1 = 3.$$

После округления пересчитываются реальные расстояния:

– между рядами светильников:

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1} = \frac{8 - 2 \cdot 1}{3 - 1} = 3 \text{ м};$$

– между центрами светильников в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2l}{N_R - 1} = \frac{8 - 2 \cdot 1}{3 - 1} = 3 \text{ м}.$$

Для прямоугольных помещений проверяется условие:

$$1 \leq \frac{L_A}{L_B} \leq 1,5; \quad L_A/L_B = 1.$$

Условие выполняется.

Определяется общее количество точечных светильников в цехе:

$$N_{\text{св}} = RN_R = 3 \cdot 3 = 9.$$

Определяется индекс помещения:

$$i_{\text{п}} = \frac{AB}{H_{\text{р}}(A+B)} = \frac{8 \cdot 8}{2,25 \cdot (8+8)} = 1,78.$$

Принимаются коэффициенты отражения стен, потолка и рабочей поверхности: $\rho_{\text{п}} = 30 \%$, $\rho_{\text{с}} = 30 \%$, $\rho_{\text{р}} = 10 \%$.

Находится коэффициент использования светового потока $\eta = 0,5$.

Определяется расчетный световой поток светильника при $E = 50$ лк, $K_3 = 1,4$:

$$\Phi_{\text{св}} = \frac{E_{\text{н}} K_3 F z}{N \eta_{\text{оу}}} = \frac{50 \cdot 1,4 \cdot 64 \cdot 1,1}{9 \cdot 0,5} = 1095,11 \text{ лм.}$$

Выбирается лампа СПП-12 мощностью $P_{\text{н}} = 15$ Вт со световым потоком $\Phi_{\text{ном}} = 1700$ лм. $\Phi_{\text{ном}}$ отличается от Φ на +20 %, что находится в допустимых пределах (-10...+20) %.

По рис. 21 определяется расстояние от условных точек A и B до светильников 1–8.

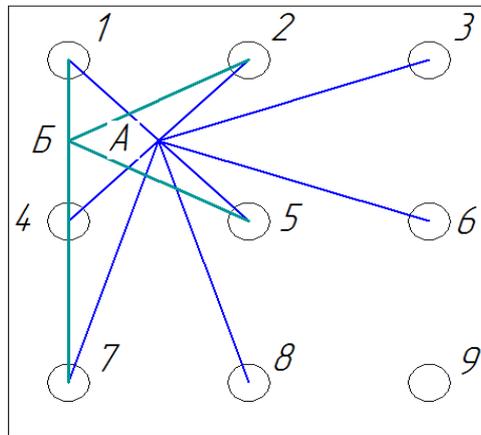


Рис. 21. План помещения с указанием расстояний от условных точек до светильников

Заполняется табл. 5.

Таблица 5

Результаты расчета условной освещенности

	Номер светильника	Расстояние d , м	Условная освещенность, лк		Σe
			от одного светильника	от всех светильников	
А	1,2	2,12	7	28	32
	4,5				
	3,6	4,74	1	4	
	7,8				
Б	1,4	1,5	15	30	35
	2,5	3,35	2	4	
	7	4,5	1	1	

Определяется световой поток, причем в формулу подставляется минимальное значение $\sum e$ из полученных:

$$\Phi = \frac{1000EK}{\mu \sum e} = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,4}{1,1 \cdot 67} = 949,8 \text{ лм.}$$

Выбирается лампа 15 Вт со световым потоком 1700 лм.

Задание на выполнение лабораторной работы

Перед занятием изучите в документе «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95» СП 52.13330.2011 раздел 7, «Искусственное освещение», и Приложение Б, «Термины и определения». Документ размещен на сайте ТЕХЭКСПЕРТ: Электронный фонд правовой и нормативной технической документации (режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084092>).

В ходе выполнения лабораторной работы проведите светотехнический расчет осветительной установки методом коэффициента использования светового потока и выполните проверку точечным методом для производственного помещения (рис. 22) с заданными размерами:

$$H_1 = 2,5 + \frac{n \cdot 10}{N},$$

где N – количество человек в группе; n – номер варианта по списку;

$$H_2 = 3 + \frac{n \cdot 5}{N}; \quad H_3 = 3,5 + \frac{n \cdot 6}{N};$$

$$E_1 = 150 + \frac{n \cdot 300}{N}; \quad E_2 = 50 + \frac{n \cdot 300}{N}; \quad E_3 = 100 + \frac{n \cdot 300}{N};$$

$$z = 1,1; \quad \lambda = 1,4.$$

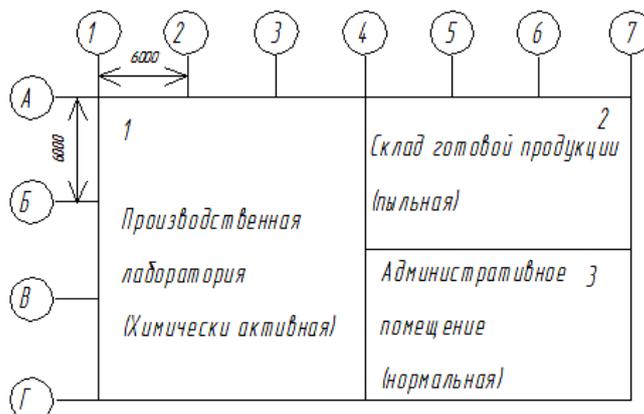


Рис. 22. План производственного помещения

Указания по оформлению отчета

Отчет представляется преподавателю и защищается каждым студентом. Он должен содержать:

- название;
- цель работы;
- задание;
- результаты работы, в том числе приведенные в приложении к отчету в виде распечатки;
- графики результатов измерений освещенности;
- анализ полученных результатов;
- выводы.

Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы с группой изучите «Инструкцию № 1 по технике безопасности для операторов и пользователей электронно-вычислительных машин (ПЭВМ)» и заполните журнал по охране труда.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные нормируемые светотехнические величины.
2. Перечислите виды и системы искусственного освещения.
3. Расскажите о типах аварийного освещения.
4. Расшифруйте маркировку современных светильников.
5. Перечислите необходимые размеры, которые должны быть известны для равномерного размещения светильников.
6. Назовите основной документ в России, устанавливающий параметры освещения.
7. Расскажите об определении характера окружающей среды в помещении.
8. Приведите алгоритм расчета освещения методом коэффициента использования светового потока.
9. Расскажите, какой метод при расчете общего равномерного освещения помещений в условиях эксплуатации промышленных предприятий применяется чаще.
10. Назовите случаи, в которых применяется точечный метод.

Рекомендуемая литература

1. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. – М.: Мин-во регионального развития РФ, 2011. – 75 с.

2. Козловская В.Б. Электрическое освещение: справочник / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – Минск: Техноперспектива, 2007. 255 с.

3. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг [и др.]. – СПб., 1992. – 285 с.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ОТ ПРЯМЫХ ЛУЧЕЙ СОЛНЦА И СВЕТИЛЬНИКОВ

Цель работы – изучение норм естественной освещенности в помещении и способов ее определения.

Задача: рассчитать коэффициент естественной освещенности в учебном помещении с помощью пакета DIALux.

Оборудование: люксметр.

Теоретические сведения

Естественное освещение – это освещение, создаваемое направленным или рассеянным солнечным светом или светом неба, проникающим через световые проемы помещения.

Естественное освещение делится на следующие виды:

- верхнее;
- боковое;
- комбинированное.

Согласно санитарным нормам, все помещения, в которых постоянно находятся люди, должны иметь естественное освещение.

Величина естественного освещения изменяется в зависимости от широты местности, времени года и дня, состояния погоды, поэтому его нельзя количественно задавать величиной освещенности.

Естественное освещение в помещении определяется коэффициентом естественного освещения (КЕО).

КЕО – это выраженное в процентах отношение естественной освещенности (E_B), создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или отраженным), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности (E_H), создаваемой светом полностью открытого небосвода [1]:

$$e(\text{КЕО}) = \frac{E_B}{E_H}.$$

При верхнем или комбинированном естественном освещении среднее значение коэффициента естественного освещения устанавливается в точках, которые располагаются на пересечении рабочей поверхности и вертикальной плоскости характерного разреза помещения.

Прямой солнечный свет при определении E_B и E_H не принимают во внимание. Таким образом, КЕО показывает, какую долю освещенность в данной точке помещения составляет от одновременной освещенности горизонтальной поверхности на открытом месте при диффузном свете неба.

Согласно СНиП 23-05-95, территория страны зонирована на пять групп административных районов по ресурсам светового климата Российской Федерации. Перечень административных районов, входящих в группы обеспеченности естественным светом, приведен в табл. 6.

Таблица 6

Административные районы, входящие в группы обеспеченности естественным светом

Группа	Административный район
1	Московская, Смоленская, Владимирская, Калужская, Тульская, Рязанская, Нижегородская, Свердловская, Пермская, Челябинская, Курганская, Новосибирская, Кемеровская области, Мордовия, Чувашия, Удмуртия, Башкортостан, Татарстан, Красноярский край (севернее 63° с.ш.), Республика Саха (Якутия) (севернее 63° с.ш.), Чукотский нац. округ, Хабаровский край (севернее 55° с.ш.)
2	Брянская, Курская, Орловская, Белгородская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Пензенская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская, Саратовская, Волгоградская области, Республика Коми, Кабардино-Балкарская Республика, Северо-Осетинская Республика, Чеченская Республика, Ингушская Республика, Ханты-Мансийский нац. округ, Алтайский край, Красноярский край (южнее 63° с.ш.), Республика Саха (Якутия) (южнее 63° с.ш.), Республика Тува, Бурятская Республика, Читинская область, Хабаровский край (южнее 55° с.ш.), Магаданская область
3	Санкт-Петербург, Калининградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Ивановская, Ленинградская, Вологодская, Костромская, Кировская области, Карельская Республика, Ямало-Ненецкий нац. округ, Ненецкий нац. округ
4	Архангельская, Мурманская области
5	Калмыцкая Республика, Ростовская, Астраханская области, Ставропольский край, Дагестанская республика, Амурская область, Приморский край

Республика Татарстан входит в первую группу по ресурсам светового климата.

В табл. 7 приведены нормированные значения КЕО в образовательных учреждениях для первой группы административных районов по ресурсам светового климата.

Таблица 7

Коэффициент естественного освещения

Помещения	КЕО, %		Искусственное освещение
	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	<i>E</i> , лк
Классные комнаты, аудитории школ	4,0 (на рабочих столах)	1,5	500
Аудитории в техникумах и высших учебных заведениях	3,5 (на рабочих столах)	1,2	400
Кабинеты вычислительной техники	3,5 (на рабочих столах)	1,2	400
Спортивные залы	2,5 (пол)	0,7	200
Рекреации	2,0 (пол)	0,5	150

Методические указания по расчету КЕО в DIALux

Расчет дневного света в DIALux

DIALux был дополнен в версии 4 полной поддержкой расчета дневного света.

Влияние дневного света во внутренних и наружных сценах может быть легко рассчитано. Различные модели неба (ясно, пасмурно, частично пасмурно) так же, как и прямой солнечный свет, влияют на расчет. Конечно, местоположение, время и ориентация, а также преграды для дневного света учитываются расчетом.

При расчете дневного света в помещении и на открытых пространствах никакого специального режима не требуется. В наружных сценах дневной свет может быть рассчитан всегда, в интерьерах – когда имеются световые проемы в боковых стенах или фонари на крышах.

Как основа для расчета в DIALux использовались издания DIN 5034 и CIE 110. Купол неба разделен на параметризованные светящиеся поверхности, которые получают яркость в зависимости от модели неба, местоположения, даты и времени.

С помощью опции «Прямой солнечный свет» проводится расчет с солнцем как источником света.

Расчет происходит следующим образом:

- расчет верхнего света на всех поверхностях (внутри и снаружи);
- расчет прямого солнечного света на всех поверхностях;
- расчет прямого света светильников (если доступно);
- расчет косвенного компонента.

DIALux не делает никаких различий в расчетах внутри помещений и для наружных сцен, все поверхности просто используются для чередования излучения. Если пользователь хочет выполнить расчет дневного света в DIALux, соответствующая сцена освещения должна быть предварительно вставлена в проект.

Типы неба в DIALux

Типы неба в DIALux (табл. 8) соответствуют CIE 110-1994 «Пространственное распределение дневного света. Распределения яркости различного неба». Таким образом, яркость назначается для каждой точки неба. Яркость зависит от солнечной высоты и азимута, высоты и азимута точки неба.

Таблица 8

Типы неба согласно CIE 110-1994

Параметр	Пасмурное небо	Усредненное небо	Чистое небо
Название CIE	Облачное небо	Смешанная облачность. Разработано Nakamura, Oki и другими	Чистое небо
Описание	Сплошное пасмурное небо, круглосимметричное распределение яркости	Разработано после длительного периода измерений, описывает средние погодные условия	Безоблачное небо
Возможность прямого солнечного света	Нет	Нет	Да

Параметр	Пасмурное небо	Усредненное небо	Чистое небо
Число возможной зенитной яркости	3	1	8
Используемая в DIALux 4.2 зенитная яркость	Krochmann	...	Krochmann

Сцены дневного освещения

DIALux предоставляет возможность определить сцены освещения в проекте. Для этого вставьте сцену освещения в помещение или наружную сцену по щелчку правой кнопкой мыши или с помощью меню «Вставить».

В сценах освещения для светильников значения затемнения могут быть определены индивидуально или как для элементов управления (рис. 23). Аналогичным образом сцена освещения может использоваться и для ситуации дневного света.

Чтобы выполнить расчет дневного света, сцена дневного освещения должна быть предварительно определена в помещении.



Рис. 23. Определение значения затемнения для элемента управления

Расчет дневного света

Если проект начат, то сначала должно быть определено местонахождение объекта проектирования (рис. 24).

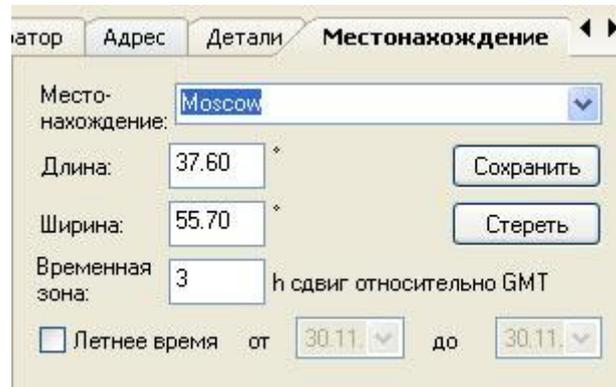


Рис. 24. Выбор местонахождения

На вкладке «Местонахождение» в «Инспекторе» пользователь может выбрать любое место для размещения проектируемого объекта.

DIALux предлагает обширный список городов на всех континентах с уже заполненными данными долготы и широты, а также часового пояса. Другие места могут быть добавлены дополнительно.

Северное направление (рис. 25) может быть определено в каждом случае для помещения или наружной сцены. Чтобы легко распознать его, стрелка направления на север находится рядом с началом координат.

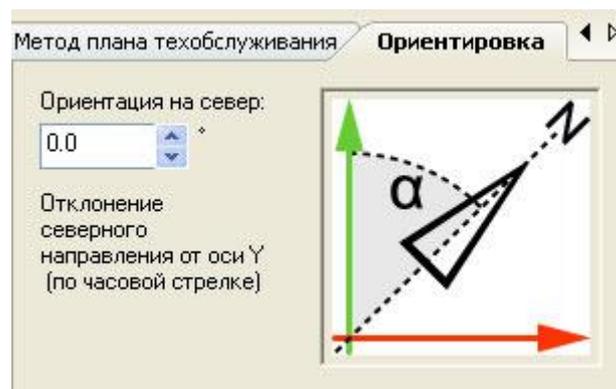


Рис. 25. Направление на север

В помещении окна в стенах или окна в крыше должны быть предварительно включены в планировку. Они могут быть легко размещены по линии или в виде поля, если используется функция «Копировать вдоль одной линии».

Конечно, все важные параметры могут быть определены для окон в стенах и окон в крыше на странице свойств «Коэффициенты дневного света» (рис. 26) в «Инспекторе» (для этого надо выбрать окно в менеджере проекта или непосредственно в окне CAD). Здесь можно выбрать из списка материал стекла, коэффициент загрязненности и коэффициент наличия перекладин в оконном переплете. Обычно DIALux уже включает текущие значения по умолчанию как выбор.

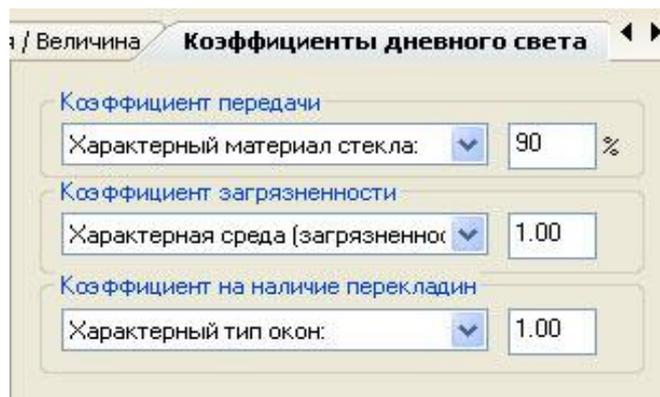


Рис. 26. Выбор коэффициентов дневного света для окон

Чтобы рассчитать сцену освещения с дневным светом, необходимые варианты расчета должны быть вставлены в сцену освещения. Если переключатель «Рассчитать индекс дневного освещения» активирован (рис. 27), параметры настройки изменятся следующим образом:

- облачное небо;
- прямого солнечного света нет;
- никакие светильники не рассматриваются.

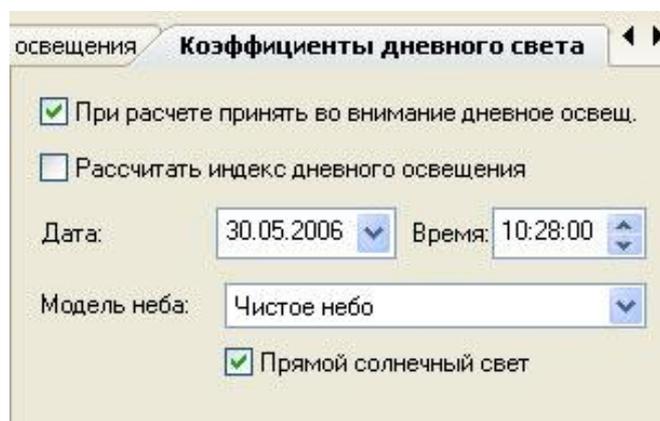


Рис. 27. Сцена освещения – вкладка «Коэффициенты дневного света»

В результате пользователь получает, как обычно, расчет, включая визуализацию в этом случае результата влияния дневного света на освещенность рабочей плоскости. Если пользователь хочет знать влияние дневного света в других положениях, он может вставить соответствующие расчетные поверхности или расчетные точки.

В следующей таблице (рис. 28) показаны значения на рабочей плоскости. В настоящее время она не показывает фактор дневного света, но указывает яркость в соответствующих положениях. Также результаты для D_{\min} , D_{\max} и D_m нужно все еще показывать как проценты.

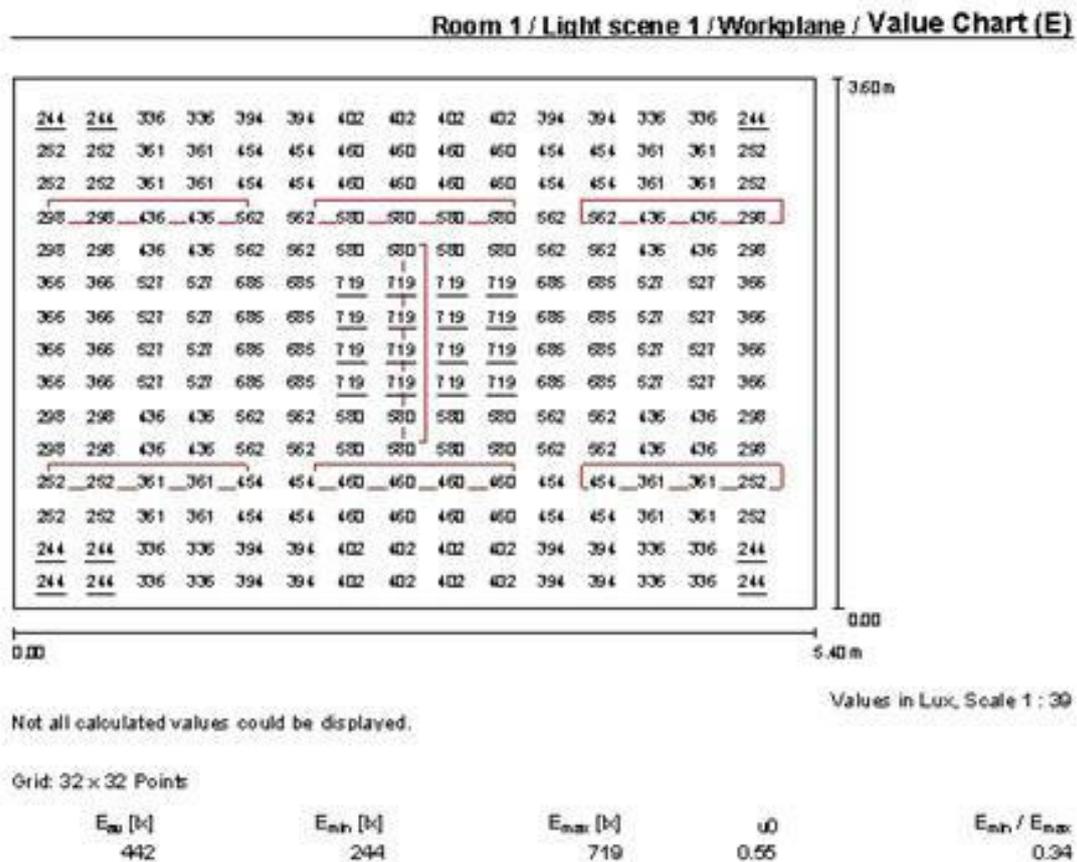


Рис. 28. Таблица значений на рабочей плоскости

Преграда для дневного света

Преграда для дневного света также может быть учтена в DIALux. Для этого необходимо определить ее в окне CAD (рис. 29). Преграду можно вставить, выбрав «Обработать обустройство дневного освещения» в меню «Обработать» или щелкнув правой кнопкой мыши на помещении.

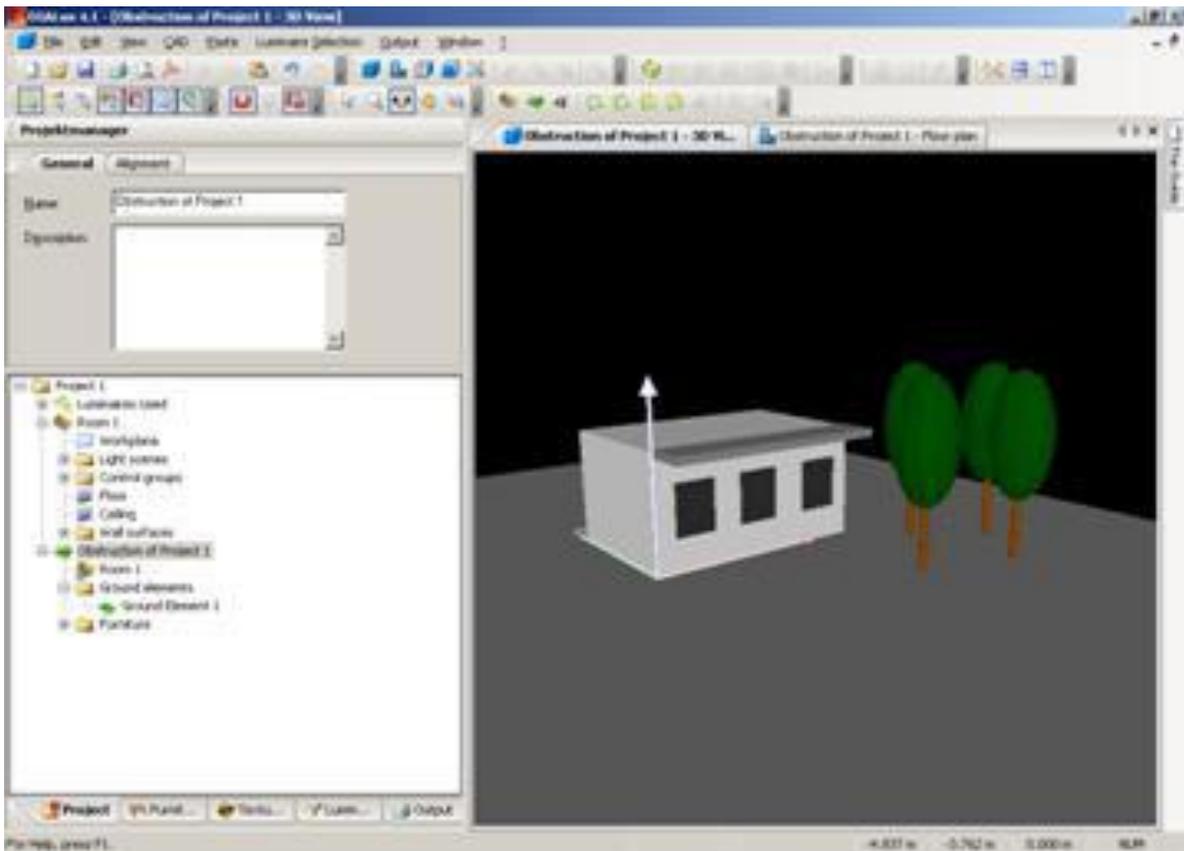


Рис. 29. Преграда в виде CAD

В сцене с преградой помещение показано снаружи. Теперь объекты-преграды могут быть запланированы произвольно вокруг помещения. Также помещение может быть поднято, если это касается, например, комнаты на более высоком этаже. Преграда работает как экран для прямого света, а также как источник собственной яркости от освещения, которое попадает на объекты преграды.

Визуализация солнечного света и тени

Прямое падение солнечного света в помещении может моделироваться в реальном времени. Для этого необходима OpenGL-совместимая графическая карта. Падение света из окон и/или окон в крыше рассчитывается как функция места, ориентации, геометрии, даты и времени. Чтобы обратиться к данной функции, щелкните кнопку «Визуализация света и тени» на панели инструментов (рис. 30).

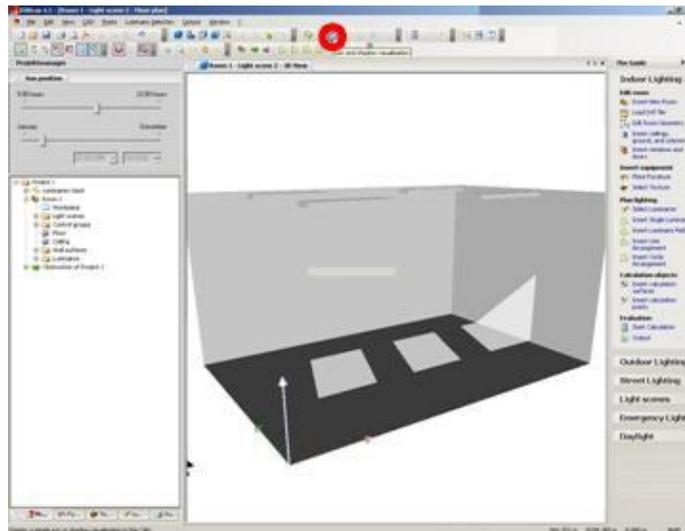


Рис. 30. Визуализация солнечного света и тени

В открывшемся окне «Инспектора» есть два ползунка. С их помощью дата и время могут быть изменены в реальном времени и может моделироваться направление падения солнечного света в помещении.

Настройки в диалоге расчета

Перед запуском расчета пользователь имеет возможность выбрать сцены, которые будут рассчитаны в окне расчета (рис. 31). В этом окне доступны и другие настройки. Таким образом, можно выбрать дополнительные варианты расчета и действий.



Рис. 31. Диалоговое окно «Запустить расчет»

Задание на выполнение лабораторной работы

Перед занятием изучите в документе СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» Приложение И, «Нормируемые показатели освещения основных помещений общественных, жилых, вспомогательных зданий». Документ находится на сайте ТЕХЭКСПЕРТ: Электронный фонд правовой и нормативной технической документации (режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084092>) или по ссылке <http://snip230595.msk.ru/prilozhenie-i.html>.

В ходе лабораторной работы для учебных аудиторий кафедры ЭПП В-301, В-307, В-309, В-313, В-317, В-321 и коридора вдоль В-303 в программе DIALUX создайте помещение с оконными проемами и дверью, расставьте мебель, задайте свойства всех поверхностей в помещении, создайте сцену дневного освещения без участия светильников.

Получите распределение освещенности E на рабочей плоскости, распределение коэффициента D .

Измерьте величину освещенности люксметром и сравните ее со значением, полученным в результате расчета. В качестве расчетной точки примите геометрический центр помещения или место, расположенное на расстоянии 1 м от поверхности стены, находящейся напротив бокового светового проема.

Дайте заключение о соответствии естественного освещения в заданном помещении существующим санитарным нормам.

В случае необходимости разделите помещение на зоны с достаточным и недостаточным естественным освещением.

Преподаватель распределяет студентов по аудиториям попарно.

Указания по оформлению отчета

Отчет представляется преподавателю и защищается каждым студентом. Он должен содержать:

- название;
- цель работы;
- задание;
- результаты работы, в том числе приведенные в приложении к отчету в виде распечатки;
- графики результатов измерений освещенности;
- анализ полученных результатов;
- выводы.

Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы с группой изучите «Инструкцию № 1 по технике безопасности для операторов и пользователей электронно-вычислительных машин (ПЭВМ)» и заполните журнал по охране труда.

Контрольные вопросы

1. Перечислите виды естественного освещения.
2. Раскройте понятие «условная рабочая поверхность».
3. Объясните, почему естественное освещение оценивается в КЕО.
4. Перечислите факторы, влияющие на величину освещенности внутри помещения.
5. Назовите приборы для измерения освещенности.
6. Перечислите принципы нормирования естественного освещения.
7. Приведите алгоритм расчета освещенности помещений естественным светом.
8. Расскажите, какими средствами можно решить задачу определения освещенности от источника солнечного света.
9. Расскажите, каково значение моделирования освещенности помещений.
10. Расскажите о применении пакета DIALux для оценки освещенности помещений.
11. Объясните, как в DIALux учитывается отраженная составляющая света.

Рекомендуемая литература

1 СП 23-102-2003. Естественное освещение жилых и общественных зданий: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/SP231022003Estestvennoeos.html>.

2. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://snip230595.msk.ru/prilozhenie-i.html>.

3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tehbez.ru/Docum/DocumShow_DocumID_504.html.

Лабораторная работа № 4

РАСЧЕТ ОСВЕЩЕНИЯ МЕТОДОМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИЗОЛЮКС С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ DIALUX LIGHT

Цель работы – ознакомление с программой DIALux Light, расчет освещения методом пространственных изолюкс.

Задачи:

- 1) изучить особенности и назначение программы DIALux Light;
- 2) произвести расчет точечным методом.

Методические указания по работе с программой DIALux Light

Программа DIALux Light позволяет спланировать размещение светильников в помещении и рассчитать освещенность точечным методом.

1. Ввод проектной информации (не влияет на расчет). В окне «Проектная информация» (рис. 32) введите данные проекта, т.е. название и назначение помещения, его описание, которое будет отображено на титульном листе. В правой части окна вводится контактная информация, адрес компании, логотип. Заполнение этих полей не является обязательным для работы непосредственно с программой. Для перехода к следующему окну щелкните на кнопку «Далее».

Название поля	Значение
1. Partner for Contact	
2. Order No.	
3. Company	
4. Customer No.	
5.	

Рис. 32. Диалоговое окно «Проектная информация»

2. Ввод данных. Внесите данные о геометрии помещения (рис. 33). Возможности программы позволяют проектировать освещение не только для стандартного прямоугольного, но и для L-образного помещения (рис. 34).

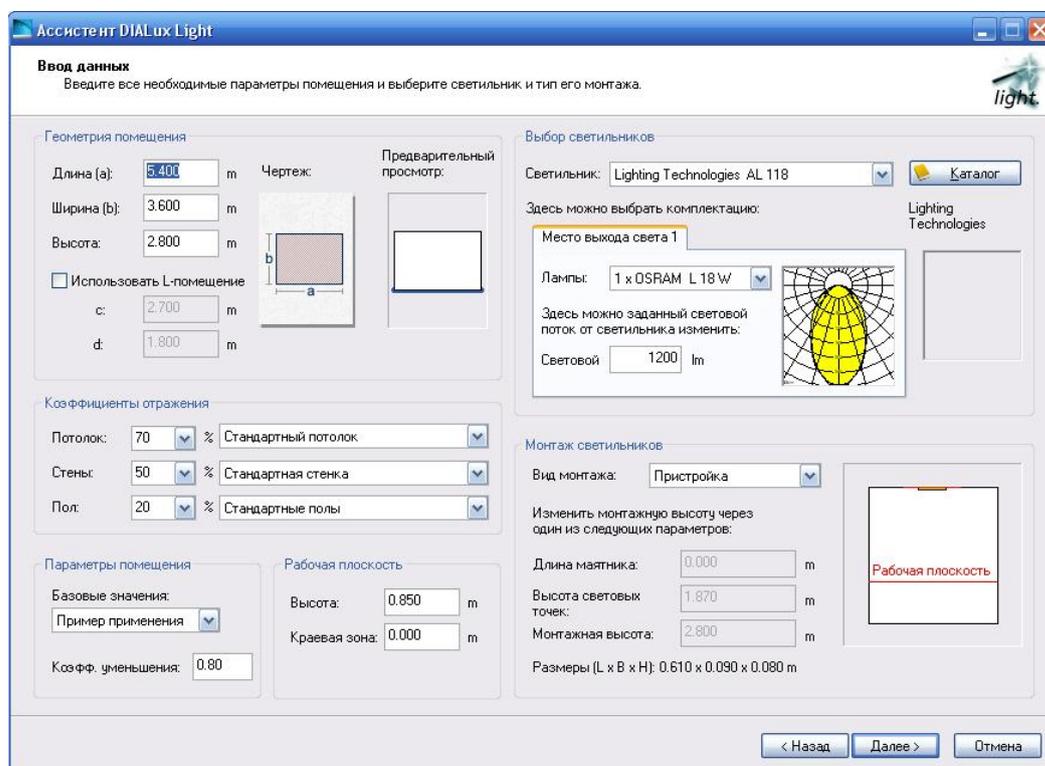


Рис. 33. Диалоговое окно «Ввод данных»

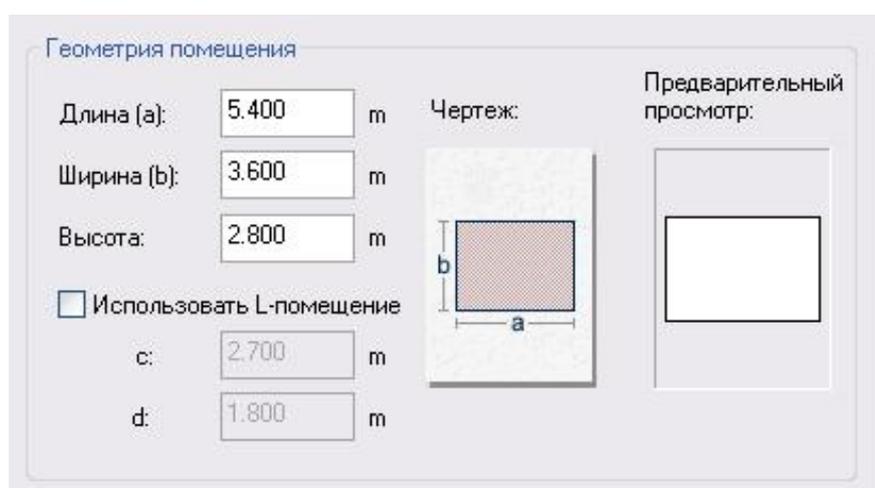


Рис. 34. Задание геометрии помещения

3. Значения коэффициентов отражения потолка, стен и пола либо введите с клавиатуры, либо выберите материал потолка, стен и пола в соответствующем выпадающем меню, и значения коэффициентов отражения определятся автоматически (рис. 35).

Рис. 35. Задание коэффициентов отражения потолка, стен и рабочей поверхности

4. Коэффициент уменьшения (эксплуатационный коэффициент в европейских нормах EN 12464-1) – величина, обратная коэффициенту запаса. Значение коэффициента уменьшения зависит от уровня запыленности помещения и находится в диапазоне от 0,5 до 0,8. Коэффициент уменьшения можно задать самостоятельно с клавиатуры либо выберите одно из базовых значений. Высота расположения рабочей плоскости вводится с клавиатуры. Согласно СНиП 23-05-95, высота расположения условной рабочей поверхности (УРП) – 0,8 м от пола. Величина краевой зоны определяет расстояние от рабочей зоны, где необходимо обеспечить норму освещенности, до стен. По умолчанию значение краевой зоны равно нулю (рис. 36).

Рис. 36. Параметры помещения и параметры рабочей плоскости

5. Выбор типа и комплектации светильника. В базе данных программы имеется каталог светильников, из которого можно выбрать тип светильника, в этом случае тип лампы в светильнике и ее световой поток определяются автоматически (рис. 37).

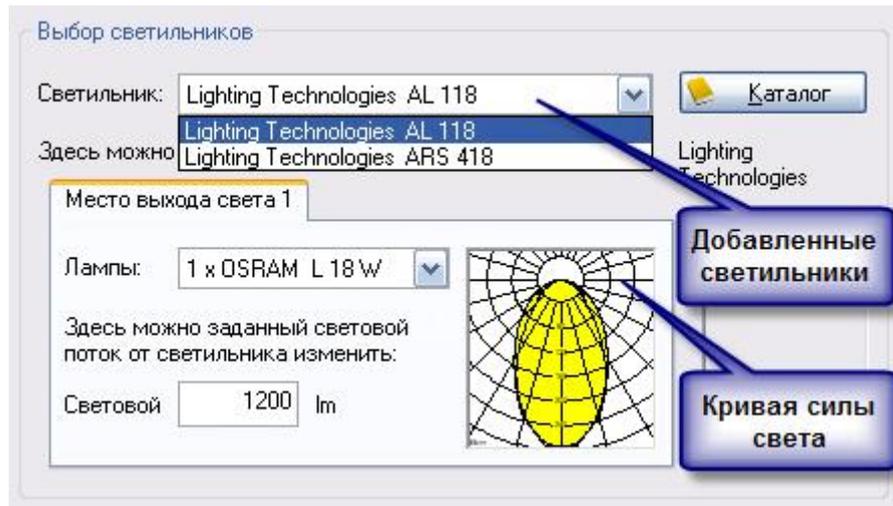
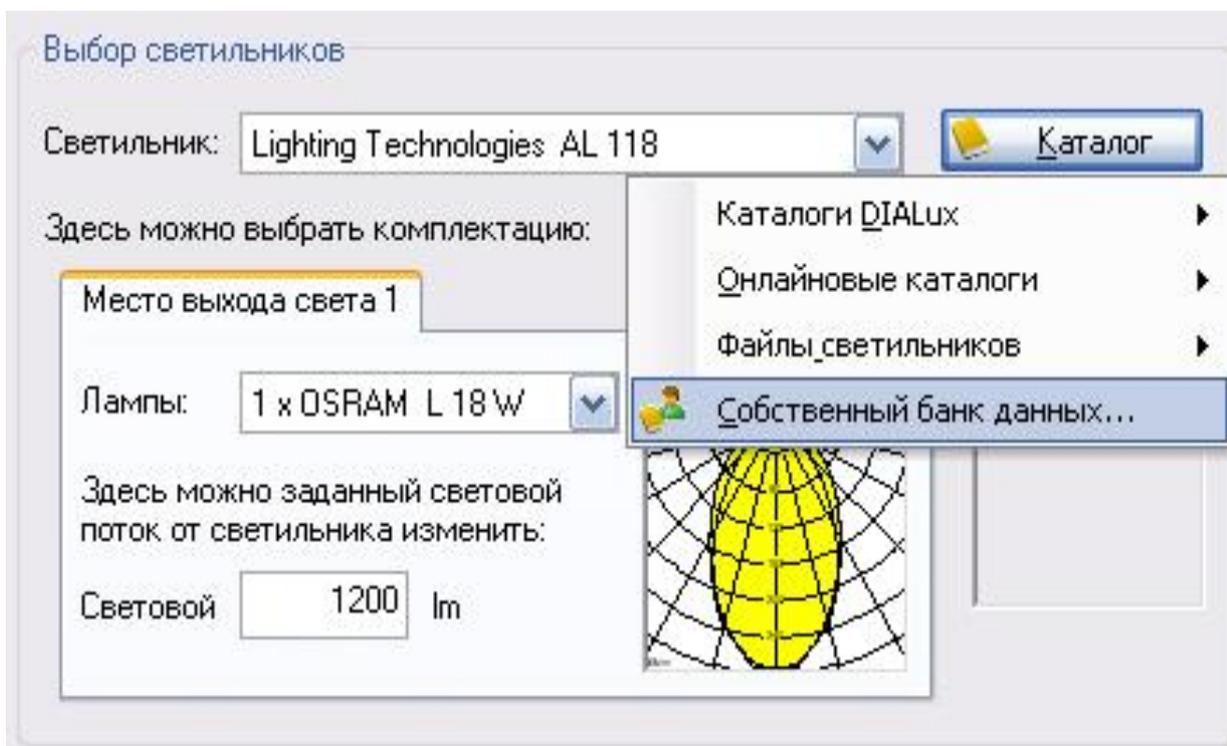
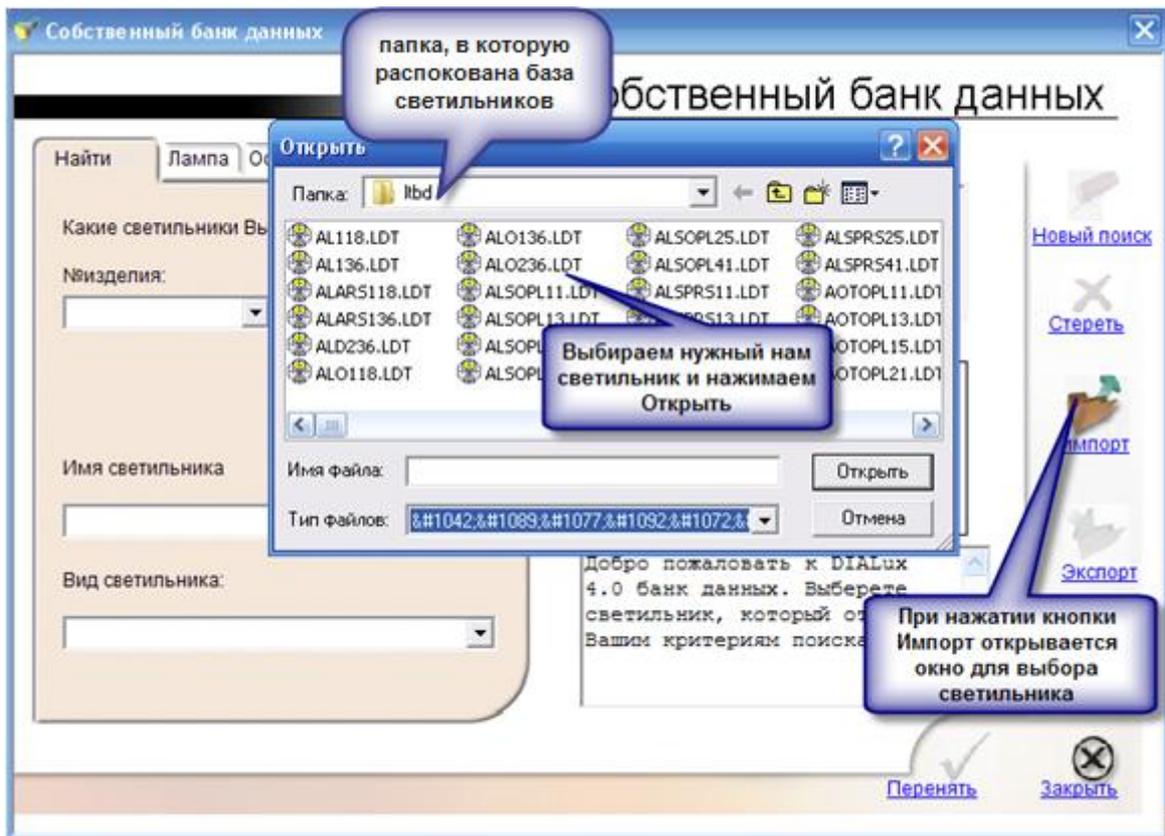


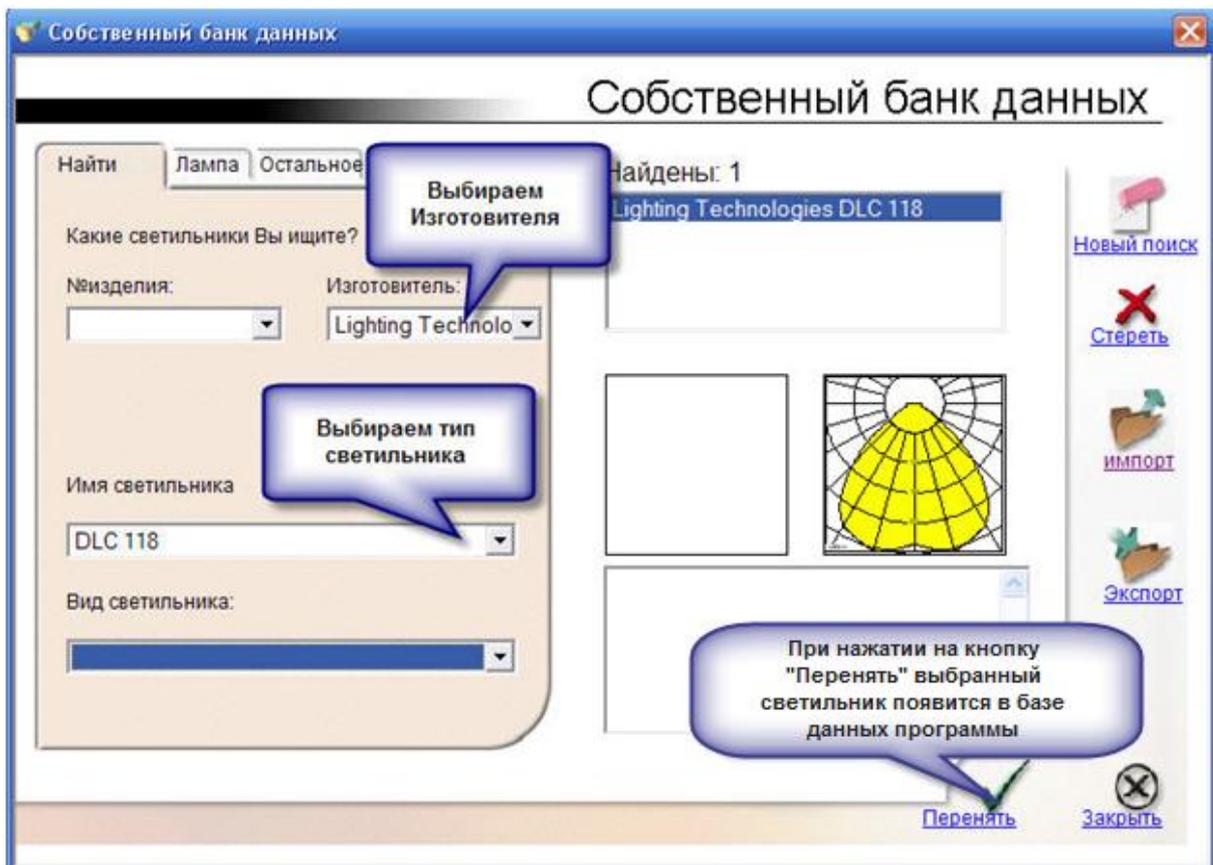
Рис. 37. Диалоговое окно «Выбор светильников»

Возможно расширение базы данных по светильникам: для этого на панели откройте «Собственный банк данных» (рис. 38). В появившемся диалоговом окне нажмите кнопку «Импорт». Откроется папка, в которой сохранена (например, из Интернета) база данных по светильникам, отсутствующим в программе DIALux Light. Выберите из базы данных тип светильника и нажмите кнопку «Открыть».

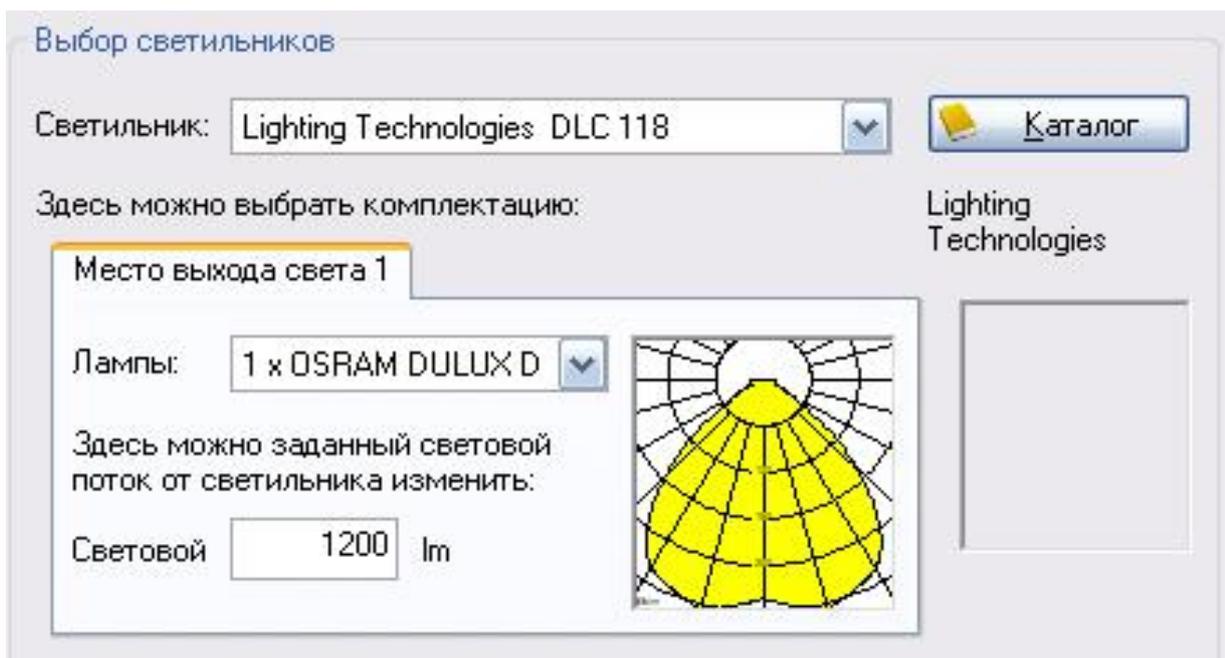




6



6



2

Рис. 38. Расширение базы данных по светильникам

В окне «Собственный банк данных» нажмите кнопку «Перенять». После нажатия кнопки «Перенять» выбранный светильник появится в базе данных программы.

6. Выбор варианта монтажа светильника. На данном шаге указывается способ установки светильника: потолочный, встроенный, подвесной. Под «пристройкой» в программе подразумевается крепление светильника на потолке или его размещение в подвесном потолке. Если светильник подвесной, то в выпадающем меню «Вид монтажа» выберите «По определению пользователя». Длина маятника – это высота свеса светильника (для потолочных и подвесных светильников равная 0); монтажная высота – это расстояние от пола до светильника; высота световых точек – это расчетная высота подвеса светильников, т.е. высота их расположения над рабочей плоскостью (рис. 39).

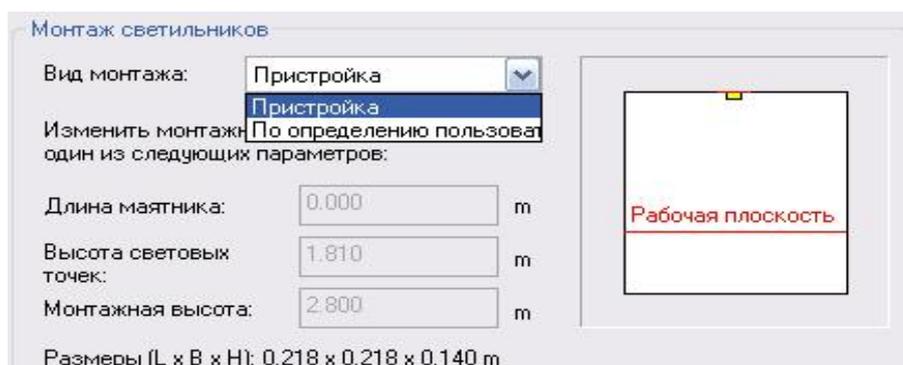


Рис. 39. Выбор монтажа светильника

7. Расчет освещения. После ввода данных перейдите к окну «Расчет и результаты» (рис. 40). На этом этапе принимается решение о количестве светильников и их размещении в помещении.

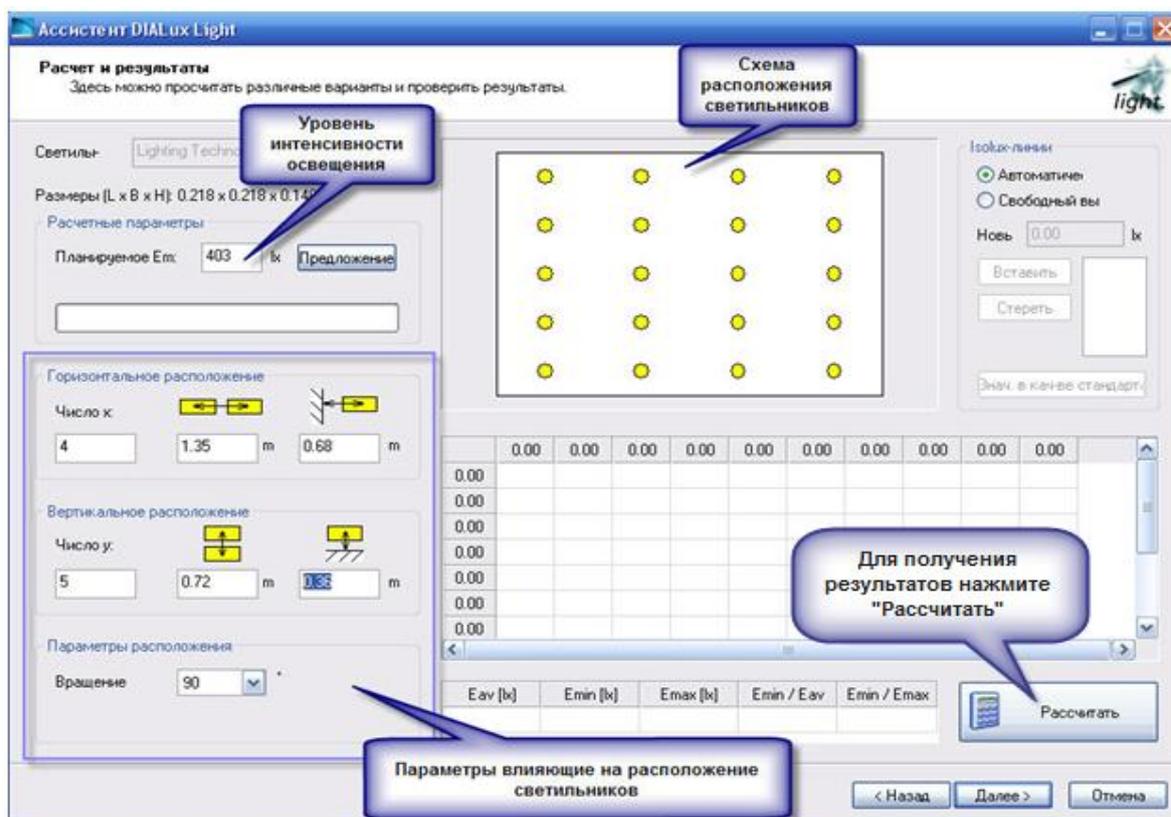


Рис. 40. Диалоговое окно «Расчет и результаты»

Введите с клавиатуры норму освещенности («Планируемое Em») и нажмите кнопку «Предложение». В окне появится предварительное количество светильников, которое необходимо для получения заданного уровня интенсивности освещения.

Число x – количество светильников, расположенных горизонтально, число y – количество светильников, расположенных вертикально.

В программе можно задаться числом светильников, и тогда расстояния между ними определятся автоматически, либо возможно произвольно задать расстояния между светильниками и расстояние от крайнего светильника до стены при заданном количестве светильников.

Используя функцию вращения, можно вращать светильник относительно горизонтальной оси.

После ввода всех параметров нажмите кнопку «Рассчитать». Через некоторое время программа выдаст результаты по распределению освещенности в помещении в графическом и табличном виде (рис. 41).

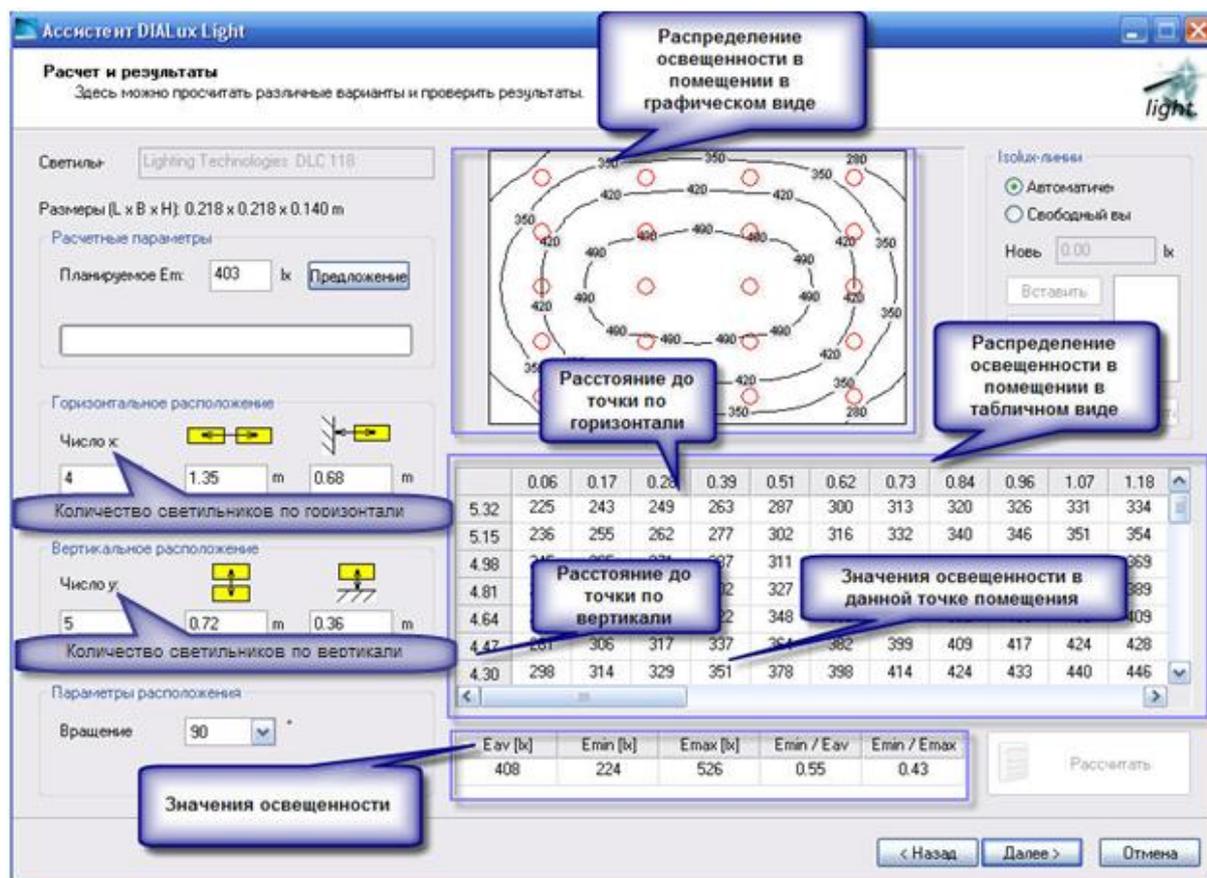


Рис. 41. Результаты расчета

В графическом варианте замкнутые линии с цифрами показывают пороговую освещенность по контуру, т.е. внутри линии значения освещенности выше этих чисел, за пределами линии – ниже.

Под таблицей приведены значения следующих параметров.

E_{av} – значение средней освещенности в помещении. В идеале оно должно быть равно заданному значению нормированной (планируемой) освещенности (E_m). Одинаковое значение этих чисел говорит о наиболее экономичном варианте расположения светильников, так как в этом случае обеспечивается требуемая освещенность во всем помещении с наименьшими затратами электроэнергии.

E_{min} – значение освещенности в самой плохо освещенной точке помещения. Это значение в идеале должно лежать около заданного значения нормированной освещенности.

E_{max} – значение освещенности в самой хорошо освещенной точке помещения. В идеале должно также приближаться к значению нормированной освещенности.

E_{min}/E_{av} – отношение минимальной освещенности к средней.

E_{min}/E_{max} – отношение минимальной освещенности к максимальной.

Последние два показателя характеризуют равномерность освещения. Равномерность освещения зависит от расположения светильников, высоты их подвеса над расчетной поверхностью и светораспределения светильников. Равномерность освещения является качественным показателем освещения и влияет как на зрительный комфорт, так и на зрительную способность.

В СНИП 23-05-95 нормируется отношение максимальной освещенности к минимальной, которое не должно превышать для работ I–III разрядов при люминесцентных лампах 1,3, при других источниках света – 1,5, для работ разрядов IV–VII – 1,5 и 2,0 соответственно. Неравномерность освещенности допускается повышать до 3,0 в тех случаях, когда по условиям технологии светильники общего освещения могут устанавливаться только на площадках, колоннах или стенах помещения.

8. Сохранение результатов расчета. Завершающим этапом является выбор способа сохранения результатов: электронная форма, PDF или для печати (рис. 42).

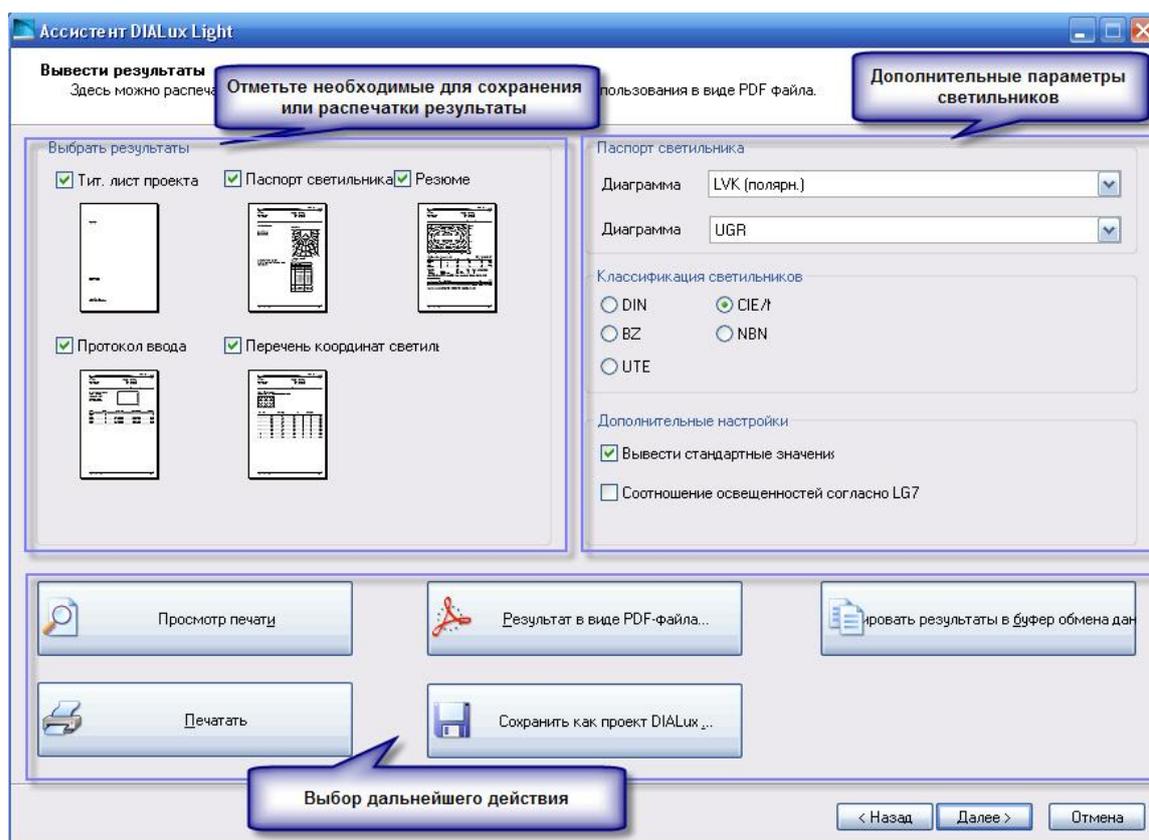


Рис. 42. Сохранение результатов расчета

После сохранения проект получает законченный вид, включающий всю введенную информацию, оформленную в качестве проектной документации.

В отчет входит карта освещенности, паспорт светильника, контактные данные и прочая расчетно-техническая информация.

Пример расчета точечным методом

При расчетах, проводимых точечным методом, светильник представляется точечным, т.е. размеры считаются малыми по сравнению с расстоянием до освещаемой им точки пространства.

Вводятся все необходимые параметры помещения и выбирается светильник и тип его монтажа.

Исходные данные. Бытовое помещение: $E_H = 50$ лк; $H = 4$ м; $A \times B = 17,76 \times 16,28$ м; окружающая среда нормальная. Установлено 25 светильников СПО-12/100, степень защиты – IP40.

Значение коэффициента отражения стен $\rho_c = 0,5$, потолка $\rho_{\Pi} = 0,7$, рабочей поверхности помещения $\rho_p = 0,1$.

Высота расчетной (рабочей) поверхности над полом h_p принимается равной 0,8 м. Расстояние от светильника до перекрытия h_c (высота подвеса светильников) принимается равной 0,055 м.

Полученная диаграмма освещенности представлена на рис. 43.

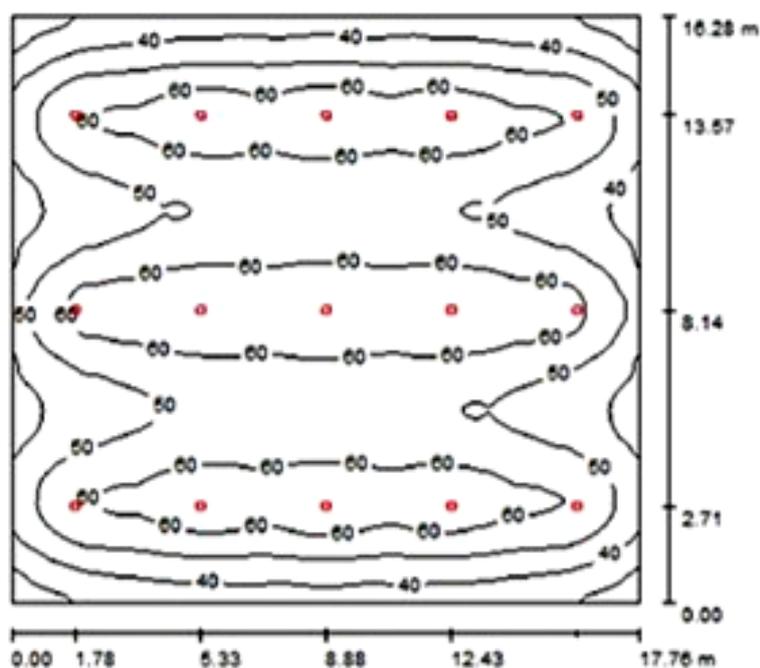


Рис. 43. Изольюкс-диаграмма освещенности бытового помещения

Полученные значения фактической освещенности приведены в табл. 9 и являются допустимыми. Принимается к установке 25 светильников СПО-12 с лампами СД, степень защиты – IP40.

Значения фактической освещенности бытового помещения

Поверхность	ρ , %	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{max}}$
Рабочая плоскость	/	53	26	70	0,490
Полы	10	49	27	62	0,544
Потолок	70	9,01	7,13	19	0,791
Стенки (4)	50	30	14	66	/

Задание на выполнение лабораторной работы

Перед занятием изучите особенности работы в Ассистент DIALux Light.

В ходе лабораторного занятия рассчитайте освещение помещений методом пространственных изолюкс в программе DIALux Light для производственного помещения, приведенного на рис. 44.

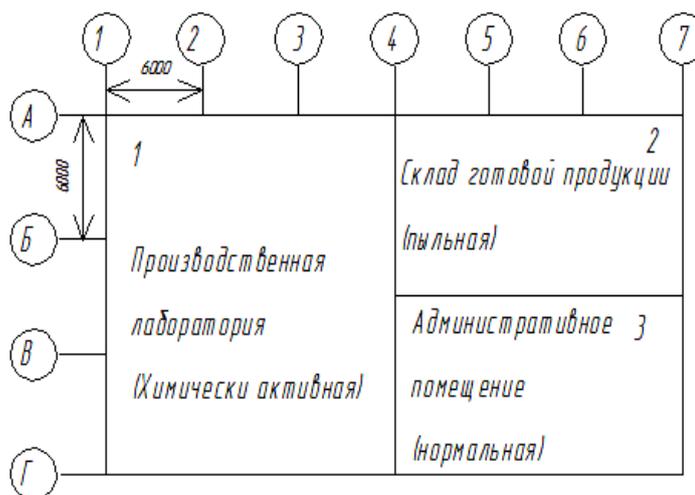


Рис. 44. План производственного помещения

Исходные данные для индивидуального задания:

$$H_1 = 2,5 + \frac{n \cdot 10}{N},$$

где N – количество человек в группе; n – номер варианта по списку;

$$H_2 = 3 + \frac{n \cdot 5}{N}; \quad H_3 = 3,5 + \frac{n \cdot 6}{N};$$

$$E_1 = 150 + \frac{n \cdot 300}{N}; \quad E_2 = 50 + \frac{n \cdot 300}{N}; \quad E_3 = 100 + \frac{n \cdot 300}{N};$$

$$z = 1,1; \quad \lambda = 1,4.$$

Указания по оформлению отчета

Отчет представляется преподавателю и защищается каждым студентом.

Он должен содержать:

- название;
- цель работы;
- задание;
- результаты работы, в том числе, приведенные в приложении к отчету в виде распечатки;
- графики результатов измерений освещенности;
- анализ полученных результатов;
- выводы.

Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы с группой изучите «Инструкцию № 1 по технике безопасности для операторов и пользователей электронно-вычислительных машин (ПЭВМ)» и заполните журнал по охране труда.

Контрольные вопросы

1. Объясните, в чем заключается цель расчета осветительной установки.
2. Раскройте термин «условная рабочая поверхность».
3. Перечислите известные вам методы расчета.
4. Расскажите, в каких случаях рекомендуется использовать точечный метод расчета.
5. Объясните, что такое относительная освещенность.
6. Расскажите, что такое пространственные изолюксы и для чего они применяются.
7. Расскажите, что такое коэффициенты отражения, на что они влияют и от чего зависят.

8. Расскажите, что такое неравномерность освещения и в каких пределах она нормируется.

9. Объясните, что такое КСС и на что она влияет.

10. Расскажите, учитывается ли в точечных методах расчета отраженный световой поток.

11. Объясните, что такое эксплуатационный коэффициент.

Рекомендуемая литература

1. Dialux – программа для проектирования освещения. Ассистент DIALux Light: [Электронный ресурс] // ElectricAlipara.ru: [сайт]. – Режим доступа: <http://electric-alipara.ru/dialux/5.php> (дата обращения 30.06.2016).

2. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг [и др.]. – СПб., 1992. – 285 с.

3. Руководство пользователя DIALux 4.2: [Электронный ресурс] // Inventrade.ru: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.inventrade.ru/UserFiles/Files/DiaLUX/russian%20manual%20dialux%204.2.pdf> (дата обращения 30.06.2015).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа № 1. Автоматизированный программный комплекс DIALux evo	6
Лабораторная работа № 2. Светотехническая часть проекта	18
Лабораторная работа № 3. Определение естественной освещенности в учебных помещениях от прямых лучей Солнца и светильников	37
Лабораторная работа № 4. Расчет освещения методом пространственных изолукс с помощью программы DIALux Light	49

Учебное издание

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК
С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА DIALUX**

Методические указания
по выполнению лабораторных работ

Составители: **Денисова Наталья Вячеславовна,
Гибадуллин Рамил Рифатович,
Копылов Андрей Михайлович**

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий КГЭУ

Редактор редакционно-издательского отдела *Н.А. Мустакимова*
Компьютерная верстка *Т.И. Лунченкова*

Подписано в печать 02.02.2017

Формат 60 × 84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 3,66. Уч.-изд. л. 4,06. Тираж 500 экз. Заказ № 108/эл.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ,
420066, Казань, Красносельская, 51