

УДК 628(076.5)

**С. В. Матусевич, канд. техн. наук, доц., Е. В. Жаравович,
Д. А. Автушенко**

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОСВЕЩЕНИЯ НА ЭВМ

Рассматриваются вопросы расчетов на ПЭВМ различных видов систем освещения. Расчет естественного освещения и поиск оптимальных параметров производится для помещений с односторонним, двусторонним, верхним и комбинированным освещением. Искусственное освещение рассчитывается для общего равномерного, локализованного, местного, комбинированного и совмещенного освещения. В программу заложены все необходимые данные для расчета искусственного освещения в основных промышленных цехах. Пользователь все время находится в диалоговом режиме работы с программой. Программа может быть использована как в учебном процессе, так и для расчета освещения промышленных зданий, жилых помещений, библиотек, читальных залов и т. д.

Информация, которую человек получает из внешнего мира, поступает, в основном, через зрительный анализатор, и качество информации во многом зависит от освещения.

Свет влияет на состояние высших психических функций и физиологические процессы в организме.

Правильно выполненная освещенность и целесообразно спроектированная система освещения способствуют росту производительности труда, уменьшению брака, сокращению травматизма и дает большую экономию электроэнергии. Поэтому расчетам освещения и правильному устройству осветительных установок уделяется серьезное внимание.

К освещению предъявляются жесткие требования: обеспечение нормативной и равномерной освещенности; отсутствие прямой и отраженной блескости; отсутствие резких теней; максимальное приближение освещения к солнечному по распределению яркостей, контрасту светотени. В то же время естественное и искусственное освещение должны быть выполнены с наименьшими экономическими затратами, отвечать требованиям правильной цветопередачи.

Помещения можно освещать естественным или искусственным светом, одновременно тем и другим (совмещенное освещение).

Естественное освещение, как правило,

должны иметь помещения с постоянным пребыванием людей. Без естественного освещения допускается проектирование помещений, которые определены строительными нормами, а также помещений, размещение которых разрешено в подвальных и цокольных этажах зданий.

Совмещенное освещение предусматривается для помещений, в которых выполняются работы от 1 до 3 разрядов включительно, когда невозможно обеспечить нормированное значение естественного освещения, а также когда имеется технико-экономическая целесообразность совмещать освещение и т. п.

Естественное освещение в помещении подразделяют на боковое, верхнее, а также то и другое (комбинированное).

Боковое освещение применяется, как правило, в многоэтажных зданиях, а также в одноэтажных при отношении глубины помещения к высоте окон над условной рабочей поверхностью не более 8, а верхнее – в одноэтажных многопролетных зданиях.

В помещениях применяют систему общего и комбинированного (общего и местного) искусственного освещения.

В системе общего освещения различают два способа размещения светильников: равномерное и локализованное.

Локализованное освещение позволяет уменьшить расход электроэнергии и обеспечить лучшее качество освещения.

К недостаткам локализованного освещения следует отнести повышенную неравномерность распределения яркости.

Система комбинированного освещения применяется в помещениях, где выполняются работы 1, 2, 3, 4а, 4б, 5а рядов, а также в помещениях с оборудованием, рабочие поверхности которого расположены вертикально или наклонно и нуждаются в сравнительно высоких уровнях освещенности.

На кафедре «Безопасность жизнедеятельности» Белорусско-Российского университета разработана программа для расчета освещения на персональном компьютере (ПК) с оптимальными параметрами и с минимальными затратами электроэнергии.

Программа позволяет рассчитывать естественное, искусственное и совмещенное освещение.

Расчет естественного освещения производится для помещений с односторонним боковым, двусторонним боковым, верхним и комбинированным (боковое и верхнее) освещением.

Искусственное освещение рассчитывается для общего освещения помещений с равномерным расположением светильников и сосредоточенным или отдельным положением каждого светильника (локализованное), а также комбинированное (общее и местное освещение).

При расчете совмещенного освещения рассчитывается естественное и искусственное освещение с учетом санитарных и строительных норм и правил.

В системе расчета комбинированного освещения рассчитывается местное освещение светильниками, расположенными непосредственно у рабочих мест и светильниками общего освещения, что значительно уменьшает расход электроэнергии и эксплуатационные расходы. Кроме того, местное освещение может быть включено в моменты остановки работ, а также позволяет изменить направление светового потока, высоту.

В программе учитываются следующие

основные факторы: человеческий, санитарные и строительные нормы и правила, экономический, характеристики осветительных устройств и приборов и т. д. Эти факторы имеют как прямые, так и обратные связи.

Пользователь все время находится в диалоговом режиме работы с программой.

Для промышленных цехов: механического, инструментального, сборочного, гальванического с отделениями мойки, травления, полировки, покрытия, – все данные для расчета искусственного освещения заложены в программе, и пользователь вводит только строительный модуль и высоту здания.

Программа для расчета освещения (СВЕТD) разработана на языке системы Delphi последних версий. Система Delphi – это мощная среда для разработки сложных приложений самого разного характера и назначения.

При разработке программы учитывался тот фактор, что программа может быть использована как учебный материал при изучении студентами темы по освещению, поэтому она содержит богатый информационный материал по данной теме. Последнее несколько не умаляет большие возможности программы для расчета оптимальных параметров освещения.

Программа имеет три основные формы. Первая форма (PRED) – предисловие – сообщает информацию о программе. Во второй форме (MU) – методические указания – приводятся список литературы и методические указания по расчету освещения. В третьей (основной) (PAC) – выполняются все необходимые расчеты.

На рис. 1 показано размещение на форме PAC (поз. 1) интерфейсных элементов.

На форме размещен многострочный редактор (поз. 2), пять меток (поз. 3, 4, 7–9), панель (поз. 5), на которой размещены зависимые переключатели, строка ввода

(поз. 6), кнопка ввода (поз. 10) и кнопка Close (поз. 11) для завершения работы программы.

Текстовый редактор Мемо позволяет вводить большой объем информации и комментарии к программе. Многостроч-

ный редактор не появляется в окне программы в том случае, когда не требуется дополнительная информация или комментариев. В таких случаях появляются метки (поз. 3 и 4).

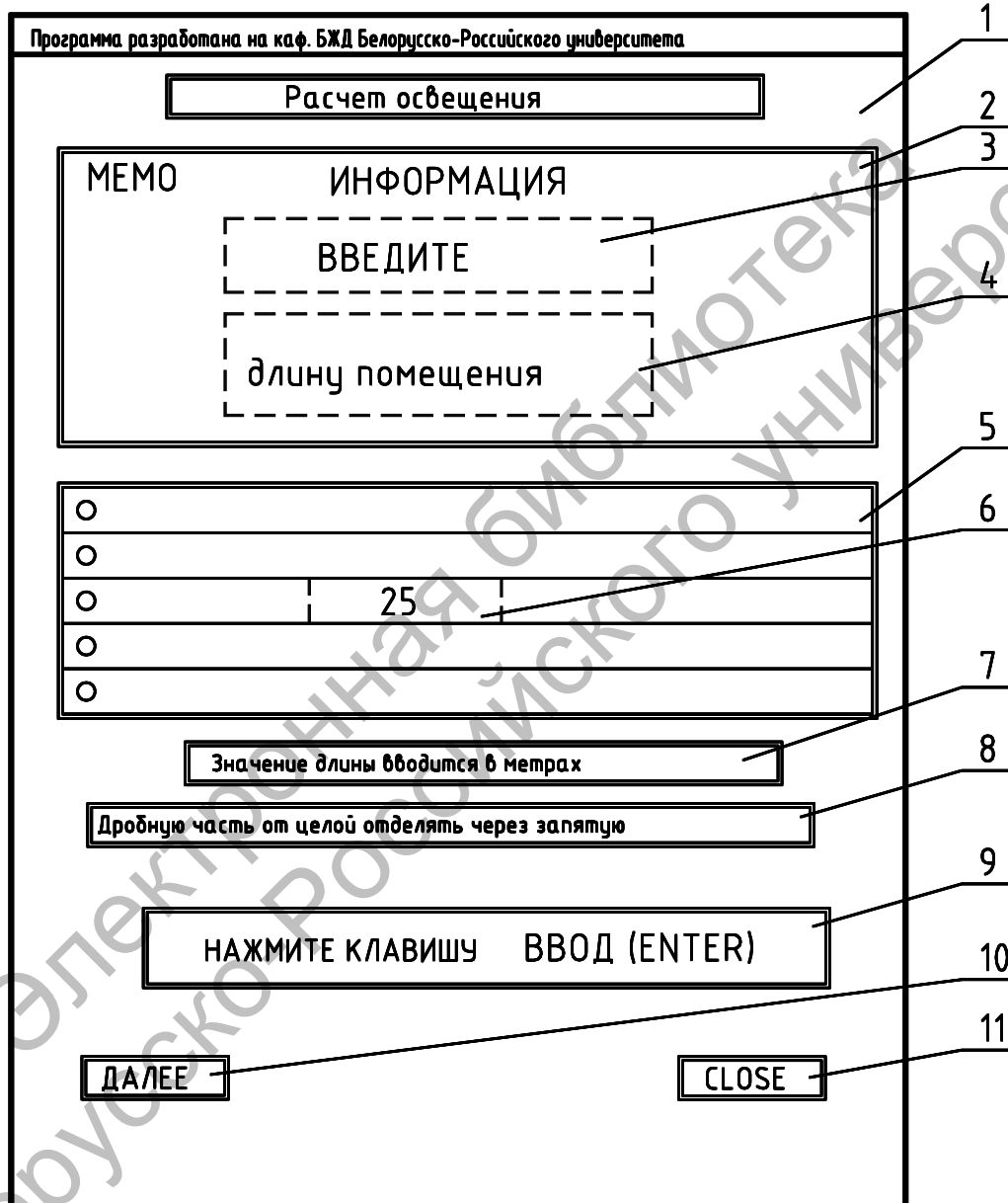


Рис.1. Вид формы РАС

Когда требуется обратить внимание пользователя на вводимый параметр, на ошибочные действия или комментарии по ходу выполнения программы, текст ре-

дактора имеет красный цвет. В случае возможностей двужначного понятия вводимого параметра, текст редактора – черного цвета. Простая информация

отображается синим цветом.

Текст на метках (поз. 3 и 4) требует ввода значений или параметров без комментариев.

Позицией 5 обозначена панель, на которой расположены зависимые переключатели. Переключатели имеют соответствующие надписи. В текстовом редакторе может появиться информация, поясняющая надписи. Один из переключателей обязательно включен (обычно первый). Иногда поле панели не позволяет разместить все переключатели, тогда пользуются полосой прокрутки. При отсутствии переключателей панель отсутствует и на ее месте появляется строка ввода (поз. 6). Текст на строке ввода имеет вид цифр, букв и других знаков.

Надписи на метках 7 и 8 дают пояснения к вводимым параметрам. Надпись на метке 8 обычно имеет вид, показанный на рис. 1 (принят стандарт России).

Надпись на метке 9 появляется в том случае, когда включена строка ввода (поз. 6). Параллельная работа метки 9 и текстового поля облегчает работу пользователя (работа только с клавиатурой).

Кнопка 10 может появляться или не появляться на панели. Это зависит от операций, которые в данный момент выполняет программа и указывает на действия, которые должен выполнять пользователь.

Кнопка 11 (Close) позволяет завершить работу программы в любой момент.

Естественное освещение рассчитывается для способов и видов освещения.

Предварительно определяется площадь достаточного естественного освещения (площадь пола) в зависимости от условий обеспечения нормируемого значения коэффициента естественной освещенности (КЕО) на глубине помещения для работ с различными зрительными условиями и сравнивается с действительной площадью пола.

В случае, если действительная площадь пола больше расчетной, предлагается другой вид или способ освещения.

При расчете естественного освеще-

ния определяется площадь световых проемов с учетом санитарных норм, равномерности освещения, требований строительных нормативов.

Характеристики световых проемов могут задаваться пользователем или программа сама выбирает оптимальные значения параметров световых проемов, исходя из заданных условий работы, разряда зрительной работы, требований строительных норм и т. д.

Нормируемое значение КЕО рассчитывается с учетом коэффициента светового климата и административных районов для всех областей РБ и ближайших соседних районов РФ и принимается по СНБ 2.04.05–98. Более подробные нормируемые значения КЕО принимаются по отраслевым нормам. В связи с тем, что значения могут изменяться и уточняться, в программе предусмотрен ввод значения КЕО пользователем, но и в этом случае программа контролирует введенное значение КЕО.

С учетом специфики технологического процесса, условий зрительной работы, контраста объекта различения с фоном, отсутствия слепимости, объемно-планировочного и конструктивного решения здания применяют верхнее освещение (через фонари). Проанализировав вышеуказанные факторы, программа сделает запрос о наличии или проектируемом верхнем освещении. При недостаточности факторов о решении применения верхнего освещения программа запросит дополнительные сведения.

Если пользователем будет предложено верхнее освещение, программа проанализирует факторы и сделает вывод о целесообразности применения фонарей, об этом будет сообщено пользователю, так как применение верхнего освещения удорожает строительство до 11 % и требует увеличения затрат при их эксплуатации.

Программа предлагает два варианта ввода параметров фонарей. При первом варианте программа запрашивает

тип фонаря и все необходимые его параметры. При втором варианте сама выбирает тип фонаря и его параметры в зависимости от помещения, видов работ, объемно-планировочного решения, этажности, количества пролетов и других факторов. Первый вариант целесообразно применять при проектировании или когда пользователь имеет полную информацию о конструкции фонарей.

При расчете освещения может появиться ситуация, когда требуемое освещение обеспечивается боковым освещением. В этих случаях программа указывает об этом пользователю и не считает за ошибку, т. к. верхнее освещение может быть вызвано производственной необходимостью. В программе принимается площадь фонарей не более 15 % от площади пола.

Для некоторых помещений, условий зрительной работы, характеристик световых проемов невозможно обеспечить нормативную и равномерную освещенность. В этих случаях программой анализируются значения введенных параметров и предлагаются другие виды и способы освещения или предлагается уточнить значения вводимых параметров (параметры указываются).

Искусственное освещение рассчитывается для систем общего и комбинированного (общее и местное) освещения. В системе общего освещения расчеты выполняются для двух способов расположения светильников: равномерного и локализованного.

В качестве источников света рассматриваются лампы накаливания (ЛН), газоразрядные лампы низкого давления – люминесцентные (ЛЛ), высокого давления (ДРЛ, МГЛ, ДРИ и др.) и энергосберегающие источники света.

Выбор источника света в системах искусственного освещения проводится в зависимости от особенностей зрительной работы, требований цветопередачи, экономических требований и т. д. Для освещения помещений предпочтение отдается

разрядным и энергосберегающим источникам света как наиболее экономичным.

При выборе источника света учитываются их преимущества и недостатки.

Несмотря на малую экономичность, ограниченный срок службы, желто-красную часть спектра, лампы накаливания остаются численно преобладающими в выпуске источников света. Лампы накаливания имеют незначительное снижение светового потока к концу срока службы, независимы от условий окружающей среды, работоспособны при значительных отклонениях напряжения.

Широко применяемые люминесцентные лампы низкого давления имеют ряд существенных преимуществ: высокая световая отдача, большой срок службы, различный спектральный состав, относительно малая яркость. Основными недостатками люминесцентных ламп являются сложность включения, зависимость от температуры окружающей среды, значительное снижение светового потока к концу срока службы, пульсация светового потока, которая приводит к возникновению стробоскопического эффекта.

В последнее время все активнее применяются галогенные лампы из-за целого ряда преимуществ: большой световой отдачи, увеличенного срока службы, малых размеров.

Лампы дуговые ртутные высокого давления применяют для освещения больших производственных площадей и уличного освещения.

Лампы типа ДРЛ имеют ряд преимуществ: высокая световая отдача, большой срок службы, работа в различных условиях внешней среды. К недостаткам следует отнести: технические недостатки (работа только на переменном токе, включение через балластный дроссель, длительность разгорания и другие), пульсация светового потока, значительное снижение светового потока к концу срока службы.

Для местного освещения используют лампы на напряжение 12; 24; 36 В. К ним относят лампы местного освещения: в прозрачной колбе – МО, в колбе с диффузным отражением – МОД и с зеркальным отражением – МОЗ. Находят применение люминесцентные лампы.

В последнее время все более широкое применение находят энергосберегающие лампы. Эти лампы дают значительную экономию электроэнергии (до 6 раз). Влияние энергосберегающих ламп на самочувствие и здоровье человека в настоящее время изучено недостаточно, и применение этих ламп должно быть обосновано.

В библиотеке программы имеется большая база данных источников света и при расчете освещения учитываются преимущества и недостатки источников света, область их применения и другие факторы.

К основным характеристикам светильников относятся их кривые силы света.

Установлено семь основных типовых кривых силы света. В практике применяют дополнительные (специальные) кривые силы света. В программе рассматривается десять кривых силы света.

Светотехнические характеристики светильников не всегда сообщаются или они недостоверны, все это в некоторых случаях затрудняет проведение точных расчетов.

При выборе светильника учитываются следующие требования: светотехнические, экономические, условия среды и эстетические.

Экономическая эффективность светильника зависит от типа светильника, высоты подвески, размещения светильников, источника света т. д.

Увеличение или уменьшение относительного расстояния между светильниками по сравнению с самым выгодным вызывает уменьшение или увеличение равномерности освещения. В программе рассчитываются оптимальные значения расположения светильников и схемы их размещения в зависимости от кривых силы света и других параметров. В базе дан-

ных программы имеется большое количество светильников для эксплуатации в различных условиях, с различными источниками света, видов и способов освещения.

Для получения экономии электроэнергии и для исключения стробоскопического эффекта в РБ Лидским и Гомельским заводами выпускаются светильники, оснащенные электромагнитными и электронными пускорегулирующими аппаратами (ПРА).

Перед проведением расчетов освещения программа запрашивает необходимые данные для расчета.

Для определения освещенности будут затребованы следующие данные: разряд и подразряд зрительной работы, характеристика фона, контраст объекта с фоном, вид и способ освещения. По этим данным программа по СНБ 2.04.05–98 определяет значение освещенности. Более подробные нормируемые значения освещенности принимаются по отраслевым нормам. В связи с тем, что значения освещенности изменяются и уточняются, в программе предусмотрен ввод значения освещенности пользователем, но и в этом случае программа контролирует введенное значение освещенности.

Общее равномерное освещение рассчитывается по методу коэффициента использования, а местное – по точечному методу.

Для расчета общего освещения предлагается несколько вариантов. При расчете по первому варианту программа выполняет расчеты освещения для всех светильников, имеющихся в базе данных, и находит светильники с наименьшим расходом электроэнергии, которые обеспечивают нормативную и равномерную освещенность. Если в базе данных отсутствуют светильники, обеспечивающие заданную освещенность, программа сообщает об этом пользователю и после анализа исходных данных предлагает уточнение некоторых данных или требует ввести новый светильник.

Расчет освещения проводится для оптимальных высот расположения светильников с учетом высоты, заданной пользователем, параметров помещения и технологического процесса.

Для расчета по второму варианту пользователь выбирает светильник из базы данных программы. В этом случае программа рассчитывает освещение по исходным данным, введенным пользователем. В случае невозможности обеспечения нормативной и равномерной освещенности программа предлагает свои услуги по определению оптимальных параметров расположения светильников. Некоторыми светильниками невозможно обеспечить требуемые значения освещенности, тогда программа указывает на параметры, по которым невозможно обеспечить требуемое освещение и предлагает ввести новый светильник.

Расчет по третьему варианту проводится для светильников, введенных пользователем. Тип и характеристику светильника и источника света пользователь может взять из электротехнических справочников или из Интернета. Для некоторых светильников полная информация не сообщается, в этом случае данные принимают по однотипным светильникам.

Расчет освещения локализованного участка проводится аналогично расчету общего равномерного освещения. Площадь локализованного участка должна быть значительно меньше общей освещаемой площади. Нормируемое значение освещенности локализованного участка складывается из общего освещения и освещения локализованного участка.

При локализованном размещении светильников освещенность проходов и участков, где работа не производится, составляет не более 25 % нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения, но не менее 75 лк при разрядных лампах и не менее 30 лк при лампах накаливания.

Для участков незначительной площади и имеющих наклонную плоскость расчет обычно проводится по точечному методу как для местного освещения.

При местном освещении светильники расположены непосредственно у рабочего места и предназначены только для освещения рабочей поверхности.

В базе данных программы имеется достаточно большое число светильников для местного освещения. Пользователь может воспользоваться имеющимися светильниками или предложить свои светильники, указав тип светильника и его технические характеристики и другие данные, необходимые для расчета (программой запрашиваются). Расчет сводится к определению оптимального расположения светильника над расчетной точкой (высоты расположения светильника и угла между вертикалью и направлением силы света).

Комбинированное освещение включает в себя местное и общее освещение и, соответственно, сводится к расчетам общего и местного освещения с учетом освещенности для комбинированного освещения.

Совмещенное освещение практически применяется для освещения всех помещений и устраивается в виде двух отдельных систем: искусственного и естественного освещения. Первая система – постоянное дополнительное освещение – может работать непрерывно целый рабочий день и освещать определенную зону, где недостаточно естественного освещения. Естественное освещение имеет значительные преимущества перед искусственным и поэтому в программе отдается предпочтение естественному освещению. Только в том случае, когда недостаточно естественного освещения или оно отсутствует, программа предлагает использовать искусственное.

ЛИСТИНГ 1

ПРОГРАММА СВЕТО СОВМЕЩЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Вид помещения – жилые комнаты, лаборатории, читальные залы

Разряд зрительной работы – 4

Длина помещения или пролета, м – 11

Высота условного рабочего места, м – 0,8

Высота помещения, м – 3,4

Ширина помещения, м – 6

Толщина стен, м – 0,5

Расстояние от пола до подоконника, м – 0,7

РБ: Гродненская, Минск., Витебск., Могилевская обл.

Данные для расчета бокового освещения

Угол наклона светопропускающего материала к горизонту – от 75 до 90 град.

Светопропускающий материал – стекло двойное

Вид переплета – деревян., двойные, разделен. для жилых и общест. зданий

Вид несущих покрытий – балки и рамы $t \leq 50$ см

Солнцезащитные уст-ва – убирающиеся и регулируем. жалюзи и шторы

Контраст объекта с фоном – средний

Характеристика фона – средняя

Характеристика зрительной работы – требуется цветоразличение

Характеристика помещения – с нормальн. условиями

Расположение оборудования – у стен

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Вид естественного освещения – боковое двустороннее освещение

Значение КЕО введено пользователем

Коэф. естественного освещения, % – 2

Высота окон, м – 2,2

Площадь окон, m^2 – 14

Система искусственного освещения – общее равномерное освещение

Расчет общего равномерного освещения

светильниками из библиотеки программы минимальной мощности

Нормированная освещенность для общего равномер. освещения, лк – 500

Значение освещенности введено пользователем

Тип светильника – ЛПБ 71-2*40-УХЛ4

Источник света – люминесцентные лампы

Мощность лампы, Вт – 40

Количество ламп в светильнике – 2

Высота светильника над рабочим местом, м – 1,5

Тип кривой силы света – косинусная (Д-2)

Световой поток, лм – 2,1Е3

Количество рядов – 2

Количество светильников в ряду – 8

Общее количество ламп – 32

Мощность осветительной установки, Вт – 1,28Е3

Выводы

1. Программа позволяет рассчитать и найти оптимальные размеры световых проемов при естественном освещении.

2. Имеющееся в базе данных большое количество источников света и светильников позволяет подобрать светильники с наименьшим расходом электроэнергии.

3. Возможности программы позволяют использовать новейшие световые устройства.

4. Программа может быть использована как программа-лекция.

5. Возможности программы позволяют рассчитывать все виды и способы освещения для промышленных зданий, жилых помещений, библиотек, читальных залов и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНБ 2.04.05–1996. Естественное и искусственное освещение. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Республики Беларусь, 1998. – 20 с.

2. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г. М. Кнорринга. – Л. : Энергия, 1976. – 230 с.

3. Дятков, С. В. Архитектура промышленных зданий / С. В. Дятков, А. П. Михеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : АСВ, 1998. – 440 с.

4. Оболенцев, Ю. Б. Электрическое освещение общепромышленных помещений / Ю. Б. Оболенцев, Э. Л. Гиндин. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 112 с. : ил.

5. Земцов, В. А. Методика расчета естественного освещения помещений / В. А. Земцов // Нормирование и стандартизация в строительстве : информ. бюл. – 1996. – № 5. – С. 6.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 18.04.2008

**S. V. Matusevich, E. V. Zharavovich,
D. A. Avtushenko**
**Computer calculation and analysis
of optimum lighting parameters**

Ways and kinds of lighting are considered in the article. Calculation of lighting and search of optimum parameters are made for rooms with one-sided, two-sided, overhead and combined lighting. Artificial lighting is calculated for general even lighting, local lighting and combined lighting. The program contains necessary data for artificial lighting calculation in the main industrial workshops. The user is constantly in an interactive mode with the program. The given program can be used both in education and for lighting calculation in industrial buildings, living quarters, libraries, reading rooms, etc.