

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра экологии

А. М. Прудник, Е. В. Гончарик

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

Методическое пособие к практическим занятиям
по курсу «Основы экологии и энергосбережения»

Минск 2008

УДК 628.9.06 (076)
ББК 31.294 я 7
П 85

Прудник, А. М.

П 85

Энергосбережение в системах освещения : метод. пособие к практ. занятиям по курсу «Основы экологии и энергосбережения» / А. М. Прудник, Е. В. Гончарик. – Минск : БГУИР, 2008. – 28 с.
ISBN 978-985-488-251-2

Рассматриваются основные светотехнические характеристики и методы оценки затрат электрической энергии на освещение производственных помещений. Приводится характеристика способов экономии электроэнергии. Даны примеры решения задач с использованием изложенных методик и предложены варианты задач для самостоятельной работы студентов.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР.

УДК 628.9.06 (076)
ББК 31.294 я 7

ISBN 978-985-488-251-2

© Прудник А. М., Гончарик Е. В., 2008
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2008

Содержание

Введение	4
1. Основные светотехнические характеристики	5
2. Пути экономии электроэнергии и затрат в осветительных и облучательных установках	6
2.1. Освещение как потребитель электроэнергии.....	6
2.2. Способы экономии электроэнергии и затрат на освещение.....	7
2.3. Энергетические расчеты осветительной установки.....	12
2.4. Нормирование освещения	14
2.5. Определение годового расхода электрической энергии энергопотребляющего оборудования	17
2.6. Определение годового расхода электрической энергии на освещение.....	17
3. Примеры решения задач.....	20
3.1. Расчет потенциала годовой экономии электроэнергии в осветительных установках.....	20
3.2. Расчет годового фактического потребления электроэнергии осветительной установки.....	21
3.3. Расчет электропотребления условного продовольственного магазина.....	21
3.4. Расчет годового расхода электроэнергии на освещение аудитории учебного заведения	22
4. Задачи для самостоятельной работы.....	23
4.1. Задача расчета потенциала годовой экономии электроэнергии	23
4.2. Задача расчета годового фактического потребления электроэнергии.....	23
4.3. Задача расчета годового расхода электроэнергии	24
4.4. Задача определения суточного и годового потребления электроэнергии	25
5. Контрольные вопросы	26
Литература	27

Введение

Задача рационального использования электроэнергии (ЭЭ) и снижения затрат на искусственное освещение всегда относилась к важнейшим проблемам. От того, насколько успешно она решается, зависит эффективность использования материальных и энергетических ресурсов, расходуемых на освещение. В условиях напряженности топливно-энергетического баланса, сложившейся во второй половине XX в. в результате бурного развития промышленного производства и резкого возрастания потребления энергии на производстве и в быту, вопросы экономии энергетических ресурсов стали особенно актуальными.

Существующие энергетические ресурсы ограничены, поэтому возросла потребность в проведении строгого и тщательного анализа обоснованности расходов на искусственное освещение, а также в изыскании путей, обеспечивающих наиболее эффективное использование энергоресурсов.

В последние годы в Республике Беларусь экономии топлива и энергии придается все большее значение.

Одним из значительных резервов экономии энергетических ресурсов является рационализация электропотребления в осветительных установках (ОУ). К концу 90-х гг. в промышленно развитых странах на освещение расходовалось до 20 % вырабатываемой электроэнергии (из них около трети – в промышленных осветительных установках).

Анализ большого количества проектных решений и результатов обследований действующих осветительных установок общественных зданий, на многих предприятиях различных отраслей промышленности, в строительстве и на транспорте, предприятий сельского хозяйства, а также в уличном освещении показал, что электроэнергия, расходуемая на нужды освещения, часто используется нерационально. Достаточно часто применяются неэффективные источники света (ИС), а выбор светильников по светотехническим характеристикам и их размещению не всегда обоснован. Встречаются случаи, когда рекомендованные проектом источники света и светильники при монтаже заменяются другими, менее экономичными. Принимаемая для точных зрительных работ система освещения также часто является неоптимальной по материальным и энергетическим затратам. Эксплуатация освещения на многих предприятиях и учреждениях организована плохо. Установки наружного освещения, а также освещение помещений с естественным светом в дневное время часто не отключаются. Чистка осветительных приборов производится эпизодически или только после сильного загрязнения отражателей и рассеивателей. В некоторых осветительных установках, работающих в тяжелых условиях среды, до 75 % светового потока теряется ввиду загрязнения светильников и источников света. Не уделяется должного внимания разработке и внедрению комплексных мероприятий по экономии электроэнергии и затрат на освещение.

1. Основные светотехнические характеристики

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Ощущение зрения происходит под воздействием видимого излучения (света), которое представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны 0,38...0,76 мкм. Чувствительность зрения максимальна к электромагнитному излучению с длиной волны 0,555 мкм (желто-зеленый цвет) и уменьшается к границам видимого спектра.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным показателям относятся:

световой поток Φ – часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряется в люменах (лм);

сила света I – пространственная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $d\Phi$, исходящего от источника и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла $d\Omega$, к величине этого угла: $I = d\Phi / d\Omega$; измеряется в канделах (кд);

освещенность E – поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $d\Phi$, равномерно падающего на освещаемую поверхность dS (m^2), к ее площади: $E = d\Phi / dS$ измеряется в люксах (лк);

яркость L поверхности – это отношение силы света излучаемой поверхности dI к площади проекции этой поверхности на плоскость dS под углом α относительно нормали к ней: $L = d\Phi / (dS \cos \alpha)$, измеряется в $кд \cdot м^{-2}$.

Для качественной оценки условий зрительной работы используют такие показатели, как фон, контраст объекта с фоном, коэффициент пульсации освещенности, показатель освещенности, спектральный состав света.

Фон – это поверхность, на которой происходит различение объекта. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Эта способность (коэффициент отражения ρ) определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока $\Phi_{отр}$ к падающему на нее световому потоку $\Phi_{пад}$: $\rho = \Phi_{отр} / \Phi_{пад}$. В зависимости от цвета и фактуры поверхности значения коэффициента отражения находятся в пределах 0,02...0,95; при $\rho > 0,4$ фон считается светлым; при $\rho = 0,2...0,4$ – средним и при $\rho < 0,2$ – темным.

Контраст объекта с фоном k – степень различения объекта и фона; характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта $L_{об}$ и фона $L_{ф}$: $k = (L_{об} - L_{ф}) / L_{об}$. Контраст считается большим, если $k > 0,5$ (объект резко выделяется на фоне), средним при $k = 0,2...0,5$ (объект и фон заметно отличаются по яркости) и малым при $k < 0,2$ (объект слабо заметен на фоне).

Коэффициент пульсации освещенности k_E – это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока:

$$k_E = 100(E_{max} - E_{min}) / (2E_{cp}),$$

где E_{max} , E_{min} , E_{cp} – максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период колебаний; для газоразрядных ламп $k_E = 25...65\%$, для обычных ламп накаливания $k_E \approx 7\%$, для галогенных ламп накаливания $k_E = 1\%$.

Показатель ослепленности P_o – критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой:

$$P_o = 1000(V_1/V_2 - 1),$$

где V_1 и V_2 – видимости объекта различения соответственно при отсутствии (экранировании) и наличии ярких источников света в поле зрения.

Экранирование источников света осуществляется с помощью щитков, козырьков и т.п.

Видимость V характеризует способность глаза воспринимать объект. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном, т.е. $V = k / k_{пор}$, где $k_{пор}$ – пороговый или наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличим на этом фоне.

2. Пути экономии электроэнергии и затрат в осветительных и облучательных установках

2.1. Освещение как потребитель электроэнергии

В любом производственном процессе под повышением эффективности понимается прирост производительности при сохранении (или снижении) уровня затрат при сохранении (или повышении) уровня производительности.

Продукцией осветительных установок является световой поток, падающий на рабочую поверхность, затратами – единовременные капитальные затраты на осветительные установки и расходы на содержание осветительных установок, в первую очередь на замену источников света и на оплату электроэнергии. Оплата электроэнергии имеет особый смысл, так как помимо плановой стоимости электроэнергии определяющим является народнохозяйственное значение экономии электроэнергии осветительных установок, которая сводится к сокращению как непосредственно капитальных затрат, так и эксплуатационных расходов, т.е. к сокращению расхода электроэнергии.

Экономия электроэнергии в осветительных установках имеет немаловажное значение в общем балансе электропотребления. В Республике Беларусь на нужды освещения расходуется около 15 % всей вырабатываемой электроэнергии. Установленная мощность освещения в промышленности находится в пределах от 1 до 20 % мощности установленного силового электрооборудования.

В США на освещение расходуется около 20 % всей электроэнергии, или 5 % всех топливно-энергетических ресурсов. Примерно 20 % этой энергии идет

на нужды освещения в быту, 40 % – на освещение коммерческих и общественных зданий (включая школы) и по 20 % – на освещение промышленных объектов и транспорта.

По данным экономического отдела фирмы *Philips* потребление электроэнергии на освещение в процентах от суммарного расхода энергии всех видов на хозяйственные нужды составило: в среднем по всем странам мира – 4,5 %, в США – 5 %, Великобритании – 4 %, Нидерландах – 3,5 %, Японии – 3,3 %, во Франции – 2 %.

В Германии электроэнергия, потребляемая в установках искусственного освещения (примерно 8 % от всей вырабатываемой электроэнергии), распределяется следующим образом: промышленные предприятия – 32 %, жилые здания – 28 %, торговые предприятия – 16 %, наружное освещение городов – 13 %, транспорт – 8 %, сельское хозяйство – 3 %.

Можно предположить, что в связи с ростом материального благосостояния развитых стран мира доля освещения в общем объеме энергопроизводства постоянно возрастает.

2.2. Способы экономии электроэнергии и затрат на освещение

Международная комиссия по освещению (МКО) предлагает при поиске путей экономии электроэнергии без ущерба для качества освещения следующий комплекс мероприятий:

- анализ зрительной задачи с целью определения ее сложности и длительности с учетом зрительного восприятия в зависимости от возраста работающего и других факторов;
- обеспечение необходимой освещенности для данной зрительной задачи в проектных решениях;
- выбор наиболее экономичных источников света;
- выбор эффективных светильников, обладающих необходимыми характеристиками светораспределения и нужным конструктивным исполнением;
- увеличение коэффициентов отражения поверхностей помещений для повышения коэффициента использования осветительной установки;
- обеспечение гибкости управления осветительными сетями, позволяющего отключать отдельные участки или уменьшать освещенность в случае необходимости;
- совместное использование систем естественного и искусственного освещения;
- организацию соответствующих режимов обслуживания, включающую периодическую чистку светильников и поверхностей помещения, а также замену ламп.

В нашей стране уровни освещенности и требования к осветительным установкам предприятий различных отраслей народного хозяйства, общественных и жилых помещений определялись директивными документами [1–5], различными отраслевыми нормами искусственного освещения и рекомендациями

по его устройству, а также рядом других общесоюзных и ведомственных руководящих нормативных актов.

Экономия электроэнергии и затрат на освещение может быть получена за счет: совершенствования систем освещения; использования эффективных источников света; правильного выбора и рационального размещения светильников и применения новых осветительных приборов и устройств; организации управления освещением и его автоматизации; рационального построения осветительных сетей; введения планомерной эксплуатации освещения.

Для большинства зрительных работ в соответствии с действующими нормативными документами может быть использована как система общего освещения, так и система комбинированного освещения (общее плюс местное). Зрительные работы очень высокой точности по своей психофизиологической специфике всегда требуют применения системы комбинированного освещения. Для зрительных работ высокой и средней точности допускается использование обеих систем в зависимости от результатов технико-экономического сопоставления осветительных установок и конкретных возможностей устройства освещения. Последние определяются особенностями технологии производства и способом организации рабочих мест.

Вторым направлением, позволяющим получить экономию материальных и энергетических ресурсов, расходуемых на освещение, является применение эффективных источников света. Одним из наиболее продуктивных способов уменьшения установленной мощности освещения является использование источников света с высокой световой отдачей. В большинстве осветительных установок целесообразно, как правило, применять газоразрядные источники света: люминесцентные лампы (ЛЛ), в том числе и компактные (КЛЛ), и газоразрядные лампы высокого давления (ГЛВД) – дуговые ртутные (ДРЛ), металлогалогенные (ДРИ), натриевые (Днат). В настоящее время взамен ламп накаливания достаточно широко применяются компактные люминесцентные лампы.

Важным резервом экономии электроэнергии в осветительных установках является обоснованный выбор эффективного осветительного прибора и рациональное его применение.

Расход электроэнергии может быть уменьшен за счет правильного выбора светораспределения осветительных приборов и их конструктивного исполнения. При выборе типа светильника для внутреннего освещения следует в первую очередь учитывать условия среды освещаемого помещения. Одновременно должны быть учтены и другие технические требования (если они имеются), налагающие ограничения на конструктивное исполнение светильника. После установления необходимой степени защиты светильника от воздействия окружающей среды определяется оптимальное светораспределение, необходимое в рассматриваемом случае.

Эффективным способом экономии электроэнергии при освещении люминесцентными лампами является применение светильников, укомплектованных стартерными пускорегулирующими аппаратами (ПРА), а также электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА). Потери мощности в стартерных схемах зажигания меньше в 1,5...2,0 раза, чем в бесстартерных. Стартерные

схемы зажигания всегда обеспечивают также более низкие годовые затраты. Область применения бесстартерных ПРА должна ограничиваться случаями, когда решающими являются не технико-экономические, а специфические технические соображения.

Значительная экономия электроэнергии и затрат может быть получена за счет оптимизации параметров осветительных установок. Экономия электроэнергии, около 6...20 %, можно получить за счет снижения коэффициента запаса осветительной установки в зависимости от эксплуатационной группы используемого светильника, т.е. от его конструктивного исполнения.

Особое внимание следует уделять выбору схем размещения светильников. Для повышения экономичности осветительных установок помимо традиционно применяемых «равномерных» схем с расположением светильников в вершинах прямоугольников или ромбов, перспективно использование целого ряда так называемых «неравномерных» схем размещения. Повышение энергетической эффективности осветительных установок при неравномерном размещении светильников имеет место в тех случаях, когда при их равномерном размещении дискретные с большим разрывом мощности ламп приводят к резкому увеличению коэффициента неравномерности освещения, т.е. к отклонению расчетной освещенности от нормированного значения или к необходимости увеличения числа светильников, что ведет к росту годовых затрат и повышенному расходу электроэнергии.

Важным вопросом в деле экономии электроэнергии и затрат в осветительных установках является совершенствование схем питания и распределения электрической энергии. Сюда можно отнести рациональный выбор размещения пунктов питания и трасс прокладки осветительных сетей.

Перспективным направлением является также питание освещения напряжением 380 / 660 В в крупных производственных зданиях с большими электросиловыми нагрузками, где для силовых электроприемников применяется такая система напряжения. Использование в этих случаях специальных источников света позволяет получить экономию электроэнергии от 3,0 до 13,0 % при одновременном уменьшении годовых затрат на 5,0...7,0 %.

Большой резерв экономии электроэнергии, расходуемой на освещение, заложен в максимальной рационализации управления и регулирования освещением. Своевременное включение и выключение освещения с учетом существующего режима работы предприятия, согласование работы искусственного освещения с динамикой естественного освещения (с целью максимального использования последнего), а также обеспечение возможностей регулирования искусственного освещения в течение рабочей смены (динамическое освещение) позволяют получить значительную экономию электроэнергии.

Как показывает практика и подтверждают многочисленные исследования, осуществление мероприятий по централизованному управлению освещением может обеспечить экономию 10...20 % электроэнергии, расходуемой на освещение. В целях экономии электроэнергии в помещениях с боковым и комбинированным естественным светом управление освещением должно обеспечить возможность отключения рядов светильников, параллельных окнам. В протя-

женных цехах светильники должны отключаться не целыми рядами, а группами, которые по условиям производства должны работать одновременно. Это может привести к снижению расхода электроэнергии примерно на 5...10 %.

При освещении помещений площадью более 500 м² с удельной установленной мощностью 20 Вт/м² и более необходимо предусматривать централизованное автоматическое или ручное управление искусственным освещением, которое бы позволило своевременно включать и выключать частично или полностью осветительные установки в начале и конце работы с учетом графиков работы отдельных участков, а также выключать осветительные установки с газоразрядными лампами высокого давления мощностью более 1000 Вт на обеденный перерыв, оставляя включенным только дежурное освещение.

В помещениях с совмещенным освещением рекомендуется регулировать включение и выключение частей осветительной установки в зависимости от уровня освещенности, создаваемой естественным светом в различных зонах помещения. Автоматическое или ручное централизованное управление может обеспечить при некотором увеличении капитальных затрат на устройство автоматизации управления и регулирования освещения при простом включении и выключении по заданным заранее графикам экономию электроэнергии около 10...15 %, а в установках совмещенного освещения – до 10...20 % и более в зависимости от сезонной длительности светлого времени суток и графика работы конкретного предприятия.

Большие возможности для экономии электроэнергии в установках наружного освещения городов, населенных пунктов и промышленных предприятий создаются при использовании устройств централизованного дистанционного или телемеханического, а также автоматического управления освещением. Такие устройства позволяют уменьшить потребление электроэнергии на уличное освещение до 50 %.

Еще одним фактором кроме вышперечисленных, позволяющим уменьшить установленную мощность осветительных установок, является правильный выбор окраски потолков, стен и полов помещений, а также их своевременная чистка и обновление. Отражающая способность поверхностей помещения зависит от их светлоты, а также от степени загрязненности и выцветания красок. Скорость загрязнения зависит от угла наклона поверхности к горизонтали. В сильно запыленных помещениях освещенность уменьшается на 10...18 % вследствие уменьшения отражающих свойств поверхности. Поэтому при выборе характера отделки интерьера целесообразно отдавать предпочтение светлым тонам. Не меньшее внимание необходимо уделять своевременной очистке отражающих поверхностей.

Одним из важных резервов экономии электроэнергии и затрат на эксплуатацию осветительных установок является нормализация режимов напряжения в осветительных сетях. Опыт работы осветительных установок самого различного назначения показывает, что в связи с неравномерностью графиков электрической нагрузки в осветительных сетях неизбежно возникает отклонение напряжения от номинального.

При превышениях напряжения резко возрастает мощность, потребляемая источниками света, а средний фактический срок службы ламп значительно уменьшается. Таким образом, перенапряжения приводят к экономическому ущербу, обусловленному перерасходом электроэнергии, потребляемой на освещение, и сокращением срока службы источников света.

Основными способами борьбы с перенапряжениями в настоящее время являются использование различных способов ограничения напряжения, а также применение источников света, рассчитанных на работу в режиме перенапряжения.

Анализ работы ограничителей напряжения в сетях освещения показывает, что экономия электроэнергии достигает 15 % общего расхода энергии на освещение промышленных и крупных административных зданий.

В качестве резюме в табл. 2.1, взятой из [3], показан потенциал экономии электроэнергии от внедрения различных мероприятий по совершенствованию осветительных установок.

Таблица 2.1

Потенциал экономии электроэнергии при совершенствовании ОУ [3]

Мероприятие	Экономия ЭЭ, %
Переход на светильники с эффективными разрядными лампами (в среднем):	20...80
использование энергоэкономичных ЛЛ	10...15
использование КЛЛ (при прямой замене ЛН)	75...80
переход от ламп ДРЛ на лампы НЛВД	50
улучшение стабильности характеристик ламп (снижение коэффициента запаса ОУ)	20...30
Снижение энергопотерь в ПРА:	
применение электромагнитных ПРА с пониженными потерями для ЛЛ	30...40
применение ЭПРА	70
Применение светильников с эффективными КСС и высоким КПД	15...20
Применение световых приборов оптимального конструктивного исполнения с повышенным эксплуатационным КПД (снижение коэффициента запаса на 0,2...0,3)	25...45
Применение интеллектуальных цифровых схем управления в энергоэкономичном варианте (современные ИС, ОП, ПРА) в зависимости от времени эксплуатации в течение суток	40...70
Использование локализованного освещения в зависимости от доли вспомогательной площади помещения	до 40
Использование комбинированной системы освещения в зависимости от сложности зрительных задач	15...50

2.3. Энергетические расчеты осветительной установки

Расчет установленной мощности осветительной установки $P_{o.y}$ выполняется по формуле

$$P_{o.y} = P_l K_{np.a} N, \text{ Вт}, \quad (2.1)$$

где P_l – мощность лампы, Вт; $K_{np.a}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре осветительных приборов (табл. 2.2); N – количество однотипных ламп в осветительной установке i -го помещения.

Таблица 2.2

Значения $K_{np.a}$ для различных типов пускорегулирующих аппаратов

Тип лампы	Тип ПРА	$K_{np.a}$
ЛБ	Обычный электромагнитный	1,22
	Электромагнитный с пониженными потерями	1,14
	Электронный	1,1
КЛЛ	Обычный электромагнитный	1,27
	Электромагнитный с пониженными потерями	1,15
	Электронный	1,1
ДРЛ, ДРИ	Обычный электромагнитный	1,08
	Электронный	1,06
ДнаТ	Обычный электромагнитный	1,1
	Электронный	1,06

Расчет годового фактического потребления ЭЭ ОУ выполняется по формуле

$$Q_{o.y.z} = \sum_{i=1}^n Q_{ri} = \sum_{i=1}^n P_i T_{ri} K_{ui} = 0,001 T_{ri} S W, \quad (2.2)$$

где $Q_{o.y.z}$ – суммарное годовое потребление ЭЭ, кВт·ч/г.; Q_{ri} – годовое потребление ЭЭ ОУ i -го помещения, кВт·ч/г.; P_i – установленная мощность освещения i -го помещения, кВт; T_{ri} – годовое число часов работы системы освещения i -го помещения, ч/г.; K_{ui} – коэффициент использования установленной электрической мощности в ОУ i -го помещения; W – удельная установленная мощность ОУ, Вт/м²; S – площадь помещения, м².

Удельное фактическое потребление ЭЭ рассчитывается по формуле

$$Q_{y.d.z} = Q_{o.y.z} / \sum_{i=1}^n S_i, \quad (2.3)$$

где $Q_{y.d.z}$ – годовое удельное потребление электроэнергии, кВт·ч/г.; S_i – площадь i -го помещения в обследуемом объекте, м²; n – количество модификаций ИС в рамках определенного типа.

Расчет удельной установленной мощности W для действующей ОУ (Вт/м²):

$$W = \frac{\left[\sum_{j=1}^n P_{l+b} \right] \sum_{j=1}^n N_l}{S_i}, \quad (2.4)$$

где P_{l+b} – мощность, потребляемая лампой и балластом, Вт; n – количество модификаций ИС в рамках определенного типа; j – вид источника света в рамках определенного типа; N_l – количество ламп, шт.; S_i – площадь помещения, м²; i – обозначает тип здания (административные, промышленные, жилые или иные).

Расчет потенциала годовой экономии электроэнергии ΔQ_r в ОУ действующего помещения (кВт·ч/г.):

$$\Delta Q_r = \sum_{i=1}^k k_{ni} \sum_{i=1}^k \Delta Q^{k_i}, \quad (2.5)$$

где k_{ni} – коэффициент приведения освещенности i -го помещения; n – количество модификаций ИС в рамках определенного типа; ΔQ^{k_i} – потенциал экономии электроэнергии для i -го помещения и k -го мероприятия, кВт·ч/г.

Коэффициент приведения k_{ni} определяют для учета отклонения фактической освещенности от нормативных значений по формуле

$$k_{ni} = E_{\phi_i} / E_{н_i}, \quad (2.6)$$

где E_{ϕ_i} – фактическое значение освещенности в i -м помещении (таблица СНиП 23-05-95); $E_{н_i}$ – нормируемое значение освещенности в i -м помещении по данным инструментального энергетического обследования (ЭО).

Фактическое среднее значение освещенности с учетом отклонения напряжения в сети от номинального $E_{\phi_{отк}}$ рассчитывают по формуле

$$E_{\phi_{отк}} = \frac{E_{\phi} U_n}{U_n - k(U_n - U_{cp})}, \quad (2.7)$$

где E_{ϕ} – измеренная средняя фактическая освещенность, лк; U_n – номинальное напряжение сети, В; k – коэффициент, учитывающий изменения светового потока лампы при отклонении напряжения питающей сети ($k=4$ для ламп накаливания, $k=2$ для различных ламп); U_{cp} – среднее фактическое значение напряжения, В:

$$U_{cp} = \frac{U_1 + U_2}{2}, \quad (2.8)$$

U_1 и U_2 – значения напряжения в электрической сети освещения в начале и конце измерения, В.

2.4. Нормирование освещения

Эффективной следует считать такую ОУ, которая создает высококачественное освещение и сохраняет свои характеристики на протяжении длительной работы при наименьших капитальных и эксплуатационных затратах, в том числе при минимальном энергопотреблении.

Нормативные данные по использованию ЭЭ на цели освещения позволяют рассчитать минимально необходимое потребление ЭЭ при достижении нормируемой освещенности (яркости) для данного объекта и рода зрительной работы и сравнить с фактическими затратами. Для оценки энергетической эффективности ОУ основными нормативными данными являются уровень освещенности (яркости) и удельная установленная мощность. Нормирование по уровню освещенности производственных помещений и мест общественного пользования производится в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95, предусматривающими соблюдение санитарных норм при организации искусственного освещения рабочих мест. Вновь создаваемые и реконструируемые ОУ должны соответствовать требованиям энергосберегающих норм. В качестве энергетического показателя, определяющего рациональное потребление ЭЭ на цели освещения, должна использоваться удельная установленная мощность (W , Вт/м²) общего искусственного освещения помещений при условии обеспечения нормируемой освещенности на рабочих местах [2]. Удельная установленная мощность является основой нормативной базы для контроля энергозатрат в ОУ при проектировании, а также при проведении энергетического обследования объектов и на стадии экспертизы проектов.

Удельная установленная мощность общего искусственного освещения общественных, жилых помещений, а также помещений объектов городского хозяйства не должна превышать максимально допустимые значения (табл. 2.3), если иные нормы не предусмотрены территориальными строительными нормами (ТСН).

Удельная установленная мощность общего искусственного освещения остальных (кроме приведенных в табл. 2.3) общественных, административных и вспомогательных помещений, а также помещений объектов коммунального назначения при выполнении норм освещенности, приведенных в СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение», не должна превышать значений, определяемых по формуле

$$W < W_0 \left(\frac{E_{нор}}{100} \right) \left(\frac{K_з}{1,5} \right) \left(\frac{100}{\eta_{св}} \right) \left(\frac{80}{\eta_{и.с}} \right), \quad (2.9)$$

где W_0 – базовые значения удельной мощности (табл. 2.4) или по ТСН, приведенные к освещенности 100 лк; коэффициенту запаса 1,5; условному коэффициенту полезного действия светильника 100 % и световой отдаче источника света 80 лм / Вт; $E_{нор}$ – нормируемая освещенность по СНиП 23-05-95, лк; $K_з$ – нормируемый коэффициент запаса; $\eta_{св}$ – КПД применяемых светильников, %; $\eta_{и.с}$ – световая отдача применяемого источника света, лм / Вт.

Максимально допустимые значения
удельной установленной мощности ОУ внутреннего освещения [1]

Наименование помещения	Максимальная нормируемая освещенность, лк	Максимально допустимая удельная установленная мощность, Вт/м ² (не более)
1	2	3
Здания управления (министерства, ведомства, управления и т.п.), конструкторских и проектных организаций, научно-исследовательских учреждений, библиотеки:		
кабинеты и рабочие комнаты, офисы и т.п.	400	25
проектные комнаты и залы, конструкторские и чертежные бюро	500	35
помещения для ксерокопирования, электрофотографирования и т.п.	400	25
помещения для работы с дисплеями, видеотерминалами, мониторами	400	25
читальные залы	400	25
лаборатории	500	35
Банковские и страховые учреждения:		
операционный зал, кассовый зал	500	35
Общеобразовательные школы и школы-интернаты, профессионально-технические, средние специальные и высшие учебные заведения:		
классные комнаты, кабинеты информатики и вычислительной техники	400	25
Детские дошкольные учреждения:		
групповые, игровые, комнаты для музыкальных и гимнастических занятий	400	25
Предприятия общественного питания:		
обеденные залы столовых, закусочных, буфетов	200	14
помещения приготовления пищи	400	25
Магазины:		
торговые залы супермаркетов	500	35
торговые залы магазинов	400	25
Предприятия бытового обслуживания населения:		
парикмахерские	400	25
ателье пошива и ремонта одежды	750	52
Аптеки:		
залы обслуживания посетителей	200	14

1	2	3
Жилые здания:		
комнаты общежития	300	20
позэтажные внеквартирные коридоры, лестницы, вестибюли жилых зданий	30	4
Закрытые стоянки, депо:		
помещения для закрытого хранения подвижного состава на транспортных предприятиях и общественных учреждениях	75	10
Станции технического обслуживания транспорта, транспортные предприятия:		
участки, посты мойки	200	10
участки диагностики автомобилей	300	20
участки технического обслуживания	200	14

Примечание. Значения удельной мощности приведены с учетом потребления мощности в ПРА, а также в устройствах управления освещением

Таблица 2.4

Базовые значения удельной мощности общего освещения [2]

Высота помещения, м	Площадь помещения, м ²	Базовое значение удельной мощности общего освещения, Вт/м ² , при E = 100 лк, КПД светильника 100 %, K _з = 1,5	Высота помещения, м	Площадь помещения, м ²	Базовое значение удельной мощности общего освещения, Вт/м ² , при E = 100 лк, КПД светильника 100 %, K _з = 1,5
Менее 3	Менее 15	4,9	4...6	25...35	6,9
	15...25	4,1		35...50	4,9
	25...50	3,6		50...80	3,8
	50...150	3,0		80...150	3,4
	150...300	2,7		150...400	2,9
	Свыше 300	2,5		Свыше 400	2,4
От 3 до 4	15...20	6,0	6...8	50...65	6,0
	20...30	4,8		65...90	5,0
	30...50	3,9		90...135	4,1
	50...120	3,5		135...250	3,5
	120...300	3,0		250...500	3,1
	Свыше 300	2,5		Свыше 500	2,4

Анализ ОУ начинается с оценки текущего потребления ЭЭ. Определение фактического потребления ЭЭ на цели освещения может быть проведено несколькими способами:

- по показаниям приборов учета и данным статистической отчетности;
- по разовым замерам нагрузки сети освещения и оценки времени ее использования;

– расчетным способом по количеству и мощности установленных светильников и времени использования по (2.1)–(2.8).

Нормативные данные являются основными для оценки энергоэффективности ОУ. Перерасход ЭЭ на освещение и рекомендации по энергосбережению в ОУ разрабатываются по следующим показателям ОУ и ее составляющих компонентов:

- экономичность источников света;
- экономичность пускорегулирующей аппаратуры;
- типовые конструктивно-светотехнические схемы и эксплуатационные группы осветительных приборов (ОП);
- системы освещения, соотношение общего и местного освещения;
- системы автоматического управления освещением в зависимости от уровня естественной освещенности и площади производственных помещений;
- соблюдение регламента эксплуатации ОУ.

2.5. Определение годового расхода электрической энергии энергопотребляющего оборудования

Расчет общего расхода ЭЭ может быть выполнен для сравнительного анализа доли различных видов энергопотребляющего оборудования в нем.

Годовой расход электрической энергии энергопотребляющего оборудования W (кВт·ч) по предприятию (учреждению) определяется по формуле:

$$W = P_y K_u T n, \quad (2.10)$$

где P_y – установленная номинальная мощность электроприемника, кВт; K_u – коэффициент использования мощности (табл. 2.5); T – число часов работы оборудования за расчетный период, ч; n – количество однотипного оборудования, шт.

Таблица 2.5

Коэффициент использования мощности K_u

Вид энергопотребляющего оборудования	K_u
Электрическая плита	0,60
Транспортер	0,20...0,25
Пылесос	0,8
Кондиционер	0,70
Вентилятор	0,60...0,80
Холодильное оборудование	0,6

2.6. Определение годового расхода электрической энергии на освещение

Технико-экономические показатели эксплуатации ОУ учреждений различных ведомств, министерств зависят от правильного выбора (расчета) их мощности, рационального использования рабочего времени. Установленная мощность ОУ определена проектными институтами путем проведения свето-

технических расчетов для каждого учреждения в каждом конкретном случае. В основу этих вычислений положена величина нормируемой освещенности рабочей поверхности, которая зависит от типа помещения и точности выполняемых работ в соответствии с СНБ 2.04.05–98. Значение величины удельной мощности источников света, приходящихся на единицу площади рабочей поверхности, зависит от площади помещения, расстояния от источника света до рабочей поверхности, характеристик применяемых осветительных приборов, архитектурных особенностей помещения.

Разработаны специальные нормативные таблицы по удельной мощности для групп светильников, а именно: для осветительных приборов с люминесцентными лампами и лампами накаливания.

Работа осветительных приборов в помещениях различного назначения соответствующих министерств имеет свою специфику, поэтому потребление электроэнергии должно планироваться с учетом режима их работы, географической широты расположения, сезонности работы и т.д. (табл. 2.6–2.10).

Суточное потребление электроэнергии (кВт·ч) по предприятию (учреждению) на нужды освещения определяется по следующим формулам: для помещений с естественным освещением

$$W_{ест} = \sum_{i=1}^n w_i S_i K_o T, \quad (2.11)$$

для помещений с искусственным освещением

$$W_{иск} = \sum_{i=1}^n w_i S_i K_o K_c T, \quad (2.12)$$

где w_i – удельная мощность освещения, зависящая от типа применяемого источника света по i -м помещениям, Вт/м²; S_i – площадь соответствующего помещения, м²; K_o – коэффициент одновременности включения осветительных приборов (см. табл. 2.6); K_c – коэффициент спроса осветительных нагрузок (см. табл. 2.8); T – продолжительность работы осветительных приборов, ч (см. табл. 2.9–2.10).

Общее суточное потребление электрической энергии W рассчитывается по формуле

$$W_{сут} = W_{ест} + W_{иск}. \quad (2.13)$$

Годовое потребление электроэнергии на нужды освещения помещений учреждения (предприятия) определяется следующим образом, кВт·ч/г.:

$$W_{год} = W_{сут} K_3 n, \quad (2.14)$$

где $W_{сут}$ – суточное потребление электроэнергии, кВт·ч; K_3 – коэффициент запаса освещенности; n – количество рабочих дней учреждения (предприятия) в году.

Расход электроэнергии на освещение также можно найти по формуле

$$W_{год} = P_{н.о} T_{м.о} K_o, \quad (2.15)$$

где $P_{н.о}$ – суммарная номинальная мощность светильников в помещении, кВт; $T_{м.о}$ – годовое число часов использования максимума освещения, ч (см. табл. 2.9–2.10); K_o – коэффициент одновременности включения осветительных приборов (см. табл. 2.6).

Таблица 2.6

Коэффициент одновременности включения осветительных приборов K_o

Тип помещения	K_o
Для посетителей	0,90
Производственные	0,80
Складские	0,70
Административно-бытовые	0,95
Торговые	0,90

Таблица 2.7

Коэффициент запаса освещенности K_z

Пример помещений	K_z				
	при естественном освещении			при искусственном освещении	
	вертикально*	наклонно*	горизонтально*	газоразрядные лампы	лампы накаливания
Кабинеты и рабочие помещения общественных зданий, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные залы и залы для совещаний, торговые залы и т.д.	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3

* расположение светопропускающего материала

Примечание. K_z – расчетный коэффициент, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения

Таблица 2.8

Коэффициент спроса осветительных нагрузок K_c

Объект	K_c
Мелкие производственные здания	1,00
Производственные здания, состоящие из отдельных больших пролетов	0,95
Административные здания и предприятия общественного питания	0,90
Производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений	0,85
Лабораторные и конторско-бытовые здания, лечебные, детские и учебные учреждения	0,80
Складские здания, подсобные помещения, комнаты ожидания и т.д.	0,60
Наружное и аварийное освещение	1,00

Продолжительность работы осветительной установки T_u
при односменной работе (для условий Республики Беларусь)

Нормированная освещенность E_n , лк	Продолжительность работы установки T_u , ч							
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	7,0
150	820	640	530	470	420	390	340	300
200	1110	850	700	600	540	490	420	350
300	1740	1300	1050	890	770	690	580	470
400	2150	1740	1390	1180	1010	900	750	580
500	2150	2150	1740	1450	1250	1100	910	700

Таблица 2.10

Продолжительность работы осветительной установки T_u
при двух- и трехсменной работе (для условий Республики Беларусь)

Нормированная освещенность E_n , лк	Продолжительность работы установки T_u , ч							
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	7,0
Двухсменная работа								
150	2820	2470	2270	2130	2020	1950	1830	1690
200	3130	2750	2500	2340	2210	2110	1970	1810
300	3810	3290	2970	2740	2570	2440	2260	2030
400	4300	3840	3430	3150	2940	2780	2540	2260
500	4300	4300	3900	3560	3310	3110	2830	2490
Трехсменная работа								
150	4890	4520	4290	4120	4000	3900	3760	3590
200	5200	4790	4520	4330	4190	4080	3910	3710
300	5840	5320	4980	4740	4560	4420	4210	3950
400	6480	5850	5440	5250	4930	4760	4510	4200
500	6500	6380	5900	5560	5310	5110	4780	4440

3. Примеры решения задач

3.1. Расчет потенциала годовой экономии электроэнергии в осветительных установках

Задача 1. В производственном помещении была установлена пускорегулирующая аппаратура для сокращения расхода электроэнергии в осветительных установках.

Рассчитать потенциал годовой экономии электроэнергии в осветительных установках действующего помещения в результате данного мероприятия. Нормируемое значение освещенности согласно СНиП 23-05-95 составляет $E_{ni} = 300$ лк, фактическое значение освещенности E_{ϕ_i} по данным инструмен-

тального энергетического обследования составило 320 лк. В результате установки пускорегулирующей аппаратуры потенциал экономии электроэнергии составил 200 кВт·ч/г.

Решение. Рассчитаем коэффициент приведения для учета отклонения фактической освещенности от нормативных значений по формуле (2.6):

$$k_{ni} = E_{\phi_i} / E_{n_i},$$

где $k_{ni} = E_{\phi_i} / E_{n_i} = 300 / 320 = 1,0667$.

Для расчета потенциала годовой экономии электроэнергии воспользуемся формулой (2.5):

$$\Delta Q_r = \sum_{i=1}^k k_{ni} \sum_{i=1}^k \Delta Q^{k_i}.$$

В результате установки пускорегулирующей аппаратуры потенциал экономии электроэнергии составил 200 кВт·ч/г., следовательно, потенциал годовой экономии электроэнергии в осветительной установке составит $\Delta Q_r = k_{ni} \Delta Q^{k_i} = 1,0667 \cdot 200 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{г.} = 213,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{г.}$

3.2. Расчет годового фактического потребления электроэнергии осветительной установки

Задача 2. Рассчитать годовое фактическое потребление электроэнергии осветительной установки $Q_{o.y.z}$ помещения с удельной установленной мощностью осветительной установки $70 \text{ Вт} / \text{м}^2$, площадью помещения S , равной 60 м^2 , и годовым числом часов работы T_{ri} , равным $2\,400 \text{ ч}$.

Решение. Расчет годового фактического потребления $Q_{o.y.z}$ выполняется по формуле (2.2):

$$Q_{o.y.z} = \sum_{i=1}^n Q_{ri} = \sum_{i=1}^n P_i T_{ri} K_{ui} = 0,001 T_{ri} S W.$$

$$Q_{o.y.z} = 0,001 T_{ri} S W = 0,001 \cdot 2\,400 \text{ ч} \cdot 60 \text{ м}^2 \cdot 70 \text{ Вт} / \text{м}^2 = 10\,080 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

3.3. Расчет электропотребления условного продовольственного магазина

Исходные данные. Вентиляторы приточной и вытяжной вентиляции – 4 шт. по 2,2 кВт, холодильные установки – 6 шт. по 1,65 кВт, сушильные шкафы – 4 шт. по 0,89 кВт. Время работы единицы электрооборудования за год T (ч) определяется технологическим режимом работы предприятия. Осветительные установки – 30 шт. по 0,08 кВт.

Расчет. По формуле (2.10) вычисляется расход электроэнергии электроприемниками, результаты заносятся в табл. 3.1.

$$W = P_y K_u T n.$$

Результаты расчетов

Оборудование	Количество, шт.	Установленная мощность P_y , кВт	Коэффициент использования мощности, K_u^*	Время работы T , ч	Годовой расход электроэнергии W , кВт·ч
Вентилятор	4	2,20	0,8	800	5 632,0
Холодильные установки	6	1,65	0,8	6 048	47 900,2
Сушильные камеры	4	0,89	0,6	800	1 708,8
Освещение	30	0,08	0,8	4 200	8064
Итого					63 305

*По паспортным данным

Предельный уровень потребления электрической энергии магазином за год составляет $W = 63\,305$ кВт·ч.

3.4. Расчет годового расхода электроэнергии на освещение аудитории учебного заведения

Исходные данные

Площадь аудитории S , м ²	70
Освещенность рабочей поверхности, лк.....	300
Коэффициент одновременности, K_o (см. табл. 2.6).....	0,95
Коэффициент спроса, K_c (см. табл. 2.8).....	0,8
Продолжительность работы осветительных приборов в сутки T , ч.....	6
Количество рабочих дней в году составляет, дней.....	250

Расчет. По нормативным справочникам для требуемой освещенности рабочей поверхности (300 лк) принимаем, что удельная мощность освещения $w_i = 21,0$ Вт/м².

Суточное потребление электроэнергии осветительными приборами для помещений без естественного освещения определяется по формуле (2.11):

$$W_{\text{сут}} = w_i S_i K_o K_c T.$$

$$W_{\text{сут}} = w_i \cdot S \cdot K_o \cdot K_c \cdot T = 21,0 \cdot 70 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 6 = 6,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Годовое потребление электроэнергии с учетом коэффициента запаса освещенности определяется по формуле (2.14):

$$W_{\text{год}} = W_{\text{сут}} K_3 n.$$

$$W_{\text{год}} = W_{\text{сут}} K_3 = 6,7 \cdot 250 = 1675 \text{ кВт}\cdot\text{ч/г}.$$

Таким образом, для данной аудитории предельная норма потребления электроэнергии осветительными приборами равна 2 010 кВт·ч/г.

4. Задачи для самостоятельной работы

4.1. Задача расчета потенциала годовой экономии электроэнергии

В производственном помещении была установлена пускорегулирующая аппаратура для сокращения расхода электроэнергии в осветительных установках.

Рассчитать потенциал годовой экономии электроэнергии в осветительных установках ΔQ действующего помещения в результате данного мероприятия. Фактическое значение освещенности согласно СНиП 23-05–95 составляет E_{ϕ_i} , нормируемое значение освещенности по данным инструментального энергетического обследования составило $E_{н_i}$. Исходные данные для расчета приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Варианты исходных данных

Вариант	Фактическое значение освещенности E_{ϕ_i} , лк	Нормируемое значение освещенности $E_{н_i}$, лк	Потенциал экономии электроэнергии ΔQ , кВт·ч/год
1	320	300	250
2	315	305	260
3	310	290	270
4	305	295	280
5	300	280	290
6	295	285	300
7	290	270	310
8	285	275	320
9	280	260	330
10	275	265	340
11	270	250	350
12	265	255	360

4.2. Задача расчета годового фактического потребления электроэнергии

Рассчитать годовое фактическое потребление электроэнергии осветительной установки помещения $Q_{o.y}$ с удельной установленной мощностью осветительной установки W , площадью помещения S и годовым числом часов работы $T_{r.i}$. Исходные данные для расчета приведены в табл. 4.2.

Варианты исходных данных

Вариант	Удельная установленная мощность осветительной установки $W, \text{Вт/м}^2$	Площадь помещения $S, \text{м}^2$	Годовое число часов работы $T_{ri}, \text{ч}$
1	80	210	2500
2	90	200	2600
3	100	190	2700
4	110	180	2800
5	120	170	2900
6	130	160	3000
7	140	150	3100
8	150	140	3200
9	160	130	3300
10	170	120	3400
11	180	110	3500
12	190	100	3600

4.3. Задача расчета годового расхода электроэнергии

Рассчитать годовой расход электроэнергии энергопотребляющим оборудованием (предельный уровень потребления) по данным табл. 4.3 в соответствии с вариантом, указанным преподавателем.

Коэффициент использования установленной мощности для освещения $K_u = 0,8$.

Время работы осветительных установок $T = 4200 \text{ ч}$.

Таблица 4.3

Варианты исходных данных

Вариант	Вид энергопотребляющего оборудования												Освещение	
	электроплита			транспортёр			кондиционер			холодильник				
	P_y	T	n	P_y	T	n	P_y	T	n	P_y	T	n	P_y	n
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,0	800	3	4,5	390	2	5,1	4300	7	0,75	6100	2	0,05	30
2	1,1	810	4	4,4	380	3	5,2	4250	6	0,76	6090	3	0,06	32
3	1,2	820	5	4,3	370	4	5,3	4200	5	0,77	6080	4	0,07	33
4	1,3	830	3	4,2	360	2	5,4	4150	4	0,78	6070	5	0,08	34
5	1,4	840	4	4,1	350	3	5,5	4100	3	0,79	6060	6	0,05	35
6	1,5	850	5	4,0	340	4	5,6	4050	7	0,80	6050	7	0,06	36
7	1,6	860	3	4,1	330	2	5,7	4000	6	0,81	6040	8	0,07	37
8	1,7	870	4	4,2	320	3	5,8	3950	5	0,82	6030	9	0,08	38
9	1,8	880	5	4,3	310	4	5,9	3900	4	0,83	6020	2	0,05	39

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	1,9	890	3	4,4	300	2	6,0	3850	3	0,84	6010	3	0,06	40
11	2,0	900.	4	4,5	290	3	5,9	3800	7	0,85	6000	4	0,07	41
12	1,9	890	5	4,6	280	4	5,8	3750	6	0,86	5990	5	0,08	42

Примечание. P_y – установленная мощность электроприемника, кВт; T – число часов работы оборудования за год, ч; n – количество однотипного оборудования (приборов), шт.

4.4. Задача определения суточного и годового потребления электроэнергии

Определить суточное и годовое потребление электроэнергии на нужды освещения помещения по данным табл. 4.4 в соответствии с вариантом, указанным преподавателем. Все помещения имеют естественное освещение.

Коэффициент запаса освещенности $K_z = 1,2$, а количество рабочих дней в году составляет 252 дня.

Таблица 4.4

Варианты исходных данных

Вариант	Вид помещения	Площадь помещения S , м ²	Удельная мощность освещения w_i , Вт/м ²	Нормированная освещенность рабочей поверхности E_y , лк	Количество смен в сутки	Продолжительность работы осветительной установки за смену T , ч
1	Склад	20	21,0	150	1	1,5
2	Кабинет	22	21,1	200	2	2,0
3	Аудитория	24	21,2	400	3	2,5
4	Кабинет	16	21,3	200	1	3,0
5	Торговый зал	28	21,4	300	2	3,5
6	Цех	70	21,5	400	3	4,0
7	Лаборатория	32	21,6	500	1	5,0
8	Офис	34	21,7	300	2	7,0
9	Склад	36	21,8	150	3	1,5
10	Офис	38	21,9	300	1	2,0
11	Аудитория	40	22,0	400	2	2,5
12	Цех	92	22,1	400	3	3,0

Примечание. Нормированная освещенность рабочей поверхности приведена для справки.

5. Контрольные вопросы

1. Какая часть электроэнергии, потребляемой в промышленности, расходуется на освещение? Приведите примеры по различным странам.
2. Перечислите способы экономии электроэнергии в осветительных установках.
3. Назовите наиболее энергоэффективные аппараты, используемые в освещении.
4. Как повысить эффективность освещения при эксплуатации осветительных установок?
5. Проанализируйте табл. 2.1. Сделайте выводы, какие мероприятия дают наибольшую экономию электроэнергии в осветительных установках. Проранжируйте мероприятия по их энергоэффективности.
6. Роль нормирования освещения в энергосбережении.
7. От каких факторов зависят технико-экономические показатели эксплуатации осветительных установок?
8. От каких факторов зависит значение величины удельной мощности источников света, приходящихся на единицу площади рабочей поверхности?
9. Исходя из каких предпосылок должно планироваться потребление электроэнергии на освещение?
10. От каких параметров зависит суточное потребление электроэнергии по предприятию (учреждению) на нужды освещения?

Литература

1. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. – Минск : Выш. шк., 2005.
2. Сибикин, Ю. Д. Технология энергосбережения / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : ИНФРА-М, 2006.
3. Арутюнян, А. А. Основы энергосбережения / А. А. Арутюнян. – М. : Энергосервис, 2007.
4. Кравченя, Э. М. Охрана труда и основы энергосбережения : учеб. пособие для вузов / Э. М. Кравченя, Р. Н. Козел, И. П. Свирид. – М. : ТетраСистемс, 2006.
5. Паневчик, В. В. Основы энергосбережения / В. В. Паневчик, А. Н. Ковалев, М. В. Самойлов. – Минск : БГЭУ, 2007.

Библиотека БГУИР

Прудник Александр Михайлович
Гончарик Елена Валентиновна

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

Методическое пособие к практическим занятиям
по курсу «Основы экологии и энергосбережения»

Редактор Н. В. Гриневич
Корректор М. В. Тезина

Подписано в печать 20.02.2008.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,5.

Формат 60×84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 250 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 1,74.
Заказ 670.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6