

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра энергетики

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Методические указания
к практическим занятиям для студентов специализации
1 – 25 01 07 15 «Экономика и управление на предприятии
агропромышленного комплекса»*

Минск БГАТУ 2009

УДК 620.9
ББК 31.19
О 75

Рекомендовано научно-методическим советом агроэнергетического факультета БГАТУ

Протокол № 11 от 17 июня 2009 года

Составители:
канд. техн. наук, доц. *В. А. Коротинский*,
канд. техн. наук, доц. *К. Э. Гаркуша*,
старший преподаватель *А. Е. Андрейчик*

Рецензенты:
канд. техн. наук, доц. кафедры электроснабжения БГАТУ
И.В. Протосовицкий;
канд. техн. наук, доц. кафедры «Металлургические технологии» БНТУ
И.А. Трусова

О75 **Основы** энергосбережения : методические указания к практическим занятиям/ сост.: В.А. Коротинский, К.Э. Гаркуша, А.Е. Андрейчик. – Минск: БГАТУ, 2009. – 32 с.
ISBN 978-985-519-137-8.

В методических указаниях к практическим занятиям по изучению дисциплины «Основы энергосбережения» содержатся основные разделы рабочей программы названного курса, необходимые для практического изучения принципов эффективного энергоиспользования, рассматриваются механизмы и способы энергосбережения в условиях рыночной экономики с учетом мирового опыта, а также представлены необходимые справочные данные.

Предназначены для студентов очной формы обучения неэнергетических специальностей.

УДК 620.9
ББК 31.19

ISBN 978-985-519-137-8

© БГАТУ, 2009

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания содержат основные теоретические сведения и расчетные формулы, а также расчетное задание применительно к конкретным энергосберегающим мероприятиям, проводимым в общественных зданиях и на объектах социальной сферы. Данные мероприятия позволяют снижать расходы теплоты и электроэнергии на нужды отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и освещения, и тем самым повышать эффективность потребления топливно-энергетических ресурсов.

Расчетное задание разработано с целью проведения самостоятельной работы студентов и контроля над уровнем усвоения соответствующих разделов дисциплины, связанных с составлением Программы энергосберегающих мероприятий и расчетом выплаты заемных средств на данные мероприятия.

Содержание расчетного задания:

- введение;
- определение тепловых нагрузок систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения по укрупненным показателям для указанных в задании объектов;
- определение годовых расходов теплоты;
- расчет экономии теплоты за счет применения энергосберегающих мероприятий, приведенных в задании;
- расчет электрических нагрузок систем освещения объекта с учетом энергосбережения;
- определение финансовых затрат на проводимые мероприятия;
- составление Программы мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов.

Расчетное задание оформляется в отдельной тетради и должно содержать шифр, соответствующий двум последним номерам зачетной книжки, условие задания, необходимые расчеты и список использованной литературы. Исходные данные принимаются по приложению 1. Расчеты следует сопровождать кратким пояснительным текстом с ссылкой на литературные источники.

Расчеты производятся в Международной системе единиц. Результаты расчета выражаются числовым значением с указанием обозначения использованных единиц. Обозначения единиц следует помещать после числового значения в одну строку с ним. При записи числового значения необходимо использовать правила округления чисел.

1. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПО УКРУПНЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Расчетные тепловые мощности (нагрузки) потребителей теплоты определяют на основании проектов систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологического теплоснабжения зданий и объектов. При отсутствии проектных материалов и необходимых данных допускается выполнять расчет по укрупненным показателям и нормам расхода теплоты.

Тепловые потребители и расходы теплоты (тепловые нагрузки) подразделяются на сезонные и круглогодичные.

Сезонными тепловыми потребителями являются системы отопления и вентиляции, которые характеризуются следующими особенностями: а) потребляемая тепловая мощность в холодный период года изменяется в зависимости от температуры наружного воздуха; б) потребление теплоты в течение суток практически не изменяется, что объясняется теплоустойчивостью помещений.

Круглогодичными тепловыми потребителями являются системы горячего водоснабжения и технологическое оборудование (моечные машины, варочные котлы, автоклавы, емкости для подогрева растворов и рабочих сред и др.). Для данного типа потребителей характерно значительное колебание расхода теплоты в течение суток

Тепловые мощности систем отопления Φ_O , кВт, и вентиляции Φ_B , кВт, общественных, вспомогательных и производственных зданий определяются по следующим зависимостям [3]:

$$\Phi_O = q_O V (t_B - t_{HO}) \cdot 10^{-3};$$

$$\Phi_B = q_B V (t_B - t_{HO}) \cdot 10^{-3},$$

где q_O, q_B - удельные отопительная и вентиляционная характеристики здания, Вт/(м³ °С); V - строительный объем здания по наружному обмеру, м³; t_B - расчетная температура внутреннего воздуха, °С; t_{HO} - расчетная температура наружного воздуха при проектировании отопления (параметр Б для холодного периода), °С.

Удельные отопительная и вентиляционная характеристики здания, строительный объем и расчетная температура внутреннего воздуха приведены в таблице 1.1 приложения 1, значение расчетной температуры наружного воздуха – в таблице 1.2 приложения 1.

Расход теплоты на горячее водоснабжение общественных, административно-бытовых и производственных зданий определяют по нормам расхода горячей воды. Так как данная нагрузка является неравномерной в течение суток, то для горячего водоснабжения в отопительный период определяют среднюю тепловую мощность $\Phi_{ГВ}$, кВт [3]

$$\Phi_{ГВ} = \frac{1,2 \cdot m \cdot a(55 - t_{ХЗ})c_{В}}{24 \cdot 3600},$$

где m – расчетное количество людей (принимается по таблице 1.1 приложения 1); a – суточные нормы расхода воды температурой 55 °С в общественных и производственных зданиях из расчета на одного работающего, л/сут; $t_{ХЗ}$ – температура холодной воды ($t_{ХЗ} = 5$ °С); $c_{В}$ – удельная теплоемкость воды

($c_{В} = 4,19$ кДж/ (кг К).

Нормы расхода воды в сутки наибольшего водопотребления a рекомендуют принимать, л/сут:

-в административных зданиях	7
-в цехах с тепловыделениями	24
-в остальных цехах	11

Расход теплоты системами горячего водоснабжения в летний (неотопительный) период, кВт

$$\Phi_{ГВ}^Л = \alpha \cdot \Phi_{ГВ} \frac{55 - t_{ХЛ}}{55 - t_{ХЗ}},$$

где α - коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотопительный период: для жилых и общественных зданий – 0,8; $t_{ХЛ}$ - температура холодной воды в неотопительный период (принимают равной 15 °С).

2. ГОДОВЫЕ РАСХОДЫ ТЕПЛОТЫ

Годовой расход теплоты $Q^Г$, ГДж, для жилых, общественных, административно-бытовых и промышленных зданий рассчитывают по следующим формулам [3]:

а) при отоплении зданий

$$Q_O^Г = 3,6 \cdot \Phi_O \cdot z_O \cdot n_O \frac{t_B - t_{СР.О}}{t_B - t_{НО}} \cdot 10^{-3},$$

где z_O - усредненное число часов работы системы отопления в течение суток (принимают 24 часа); n_O - продолжительность отопительного периода, сут (принимается по таблице 1.2 приложения 1); $t_{СР.О}$ - средняя температура наружного воздуха в течение отопительного периода, °С (принимается по таблице 1.2 приложения 1);

б) при вентиляции зданий

$$Q_B^Г = 3,6 \cdot \Phi_B \cdot z_B \cdot n_O \frac{t_B - t_{СР.О}}{t_B - t_{НО}} \cdot 10^{-3},$$

где z_B - усредненное число часов работы системы вентиляции в течение суток (принимается по таблице 1.1 приложения 1);

в) при горячем водоснабжении

$$Q_{ГВ}^Г = 3,6(\Phi_{ГВ} \cdot z_O \cdot n_O + \Phi_{ГВ}^Л \cdot z_O \cdot (350 - n_O)) \cdot 10^{-3}.$$

Суммарный годовой расход теплоты

$$Q^Г = Q_O^Г + Q_B^Г + Q_{ГВ}^Г.$$

Затраты в денежном выражении, USD, можно определить, зная тариф на тепловую энергию, по следующему выражению

$$S = Q^Г \cdot T_T,$$

где T_T – тариф на тепловую энергию, USD/ГДж (численное значение выдается преподавателем).

3. РАСЧЕТ ГОДОВЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛОТЫ С УЧЕТОМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

3.1. Автоматизация отпуска теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение зданий

В общественных и административных зданиях в тепловых пунктах устанавливают регуляторы расхода, позволяющие автоматически поддерживать расход теплоты в системах отопления по заданному отопительному графику в зависимости от температуры наружного воздуха, автоматически регулировать температуру воды в системах горячего водоснабжения и температуру воздуха в системах вентиляции. Также регуляторы позволяют автоматически снижать расход теплоты на отопление в нерабочее время, включая выходные и праздничные дни.

Принцип работы регулятора для контура отопления заключается в следующем. Блок управления, с помощью датчиков температуры, определяет температуру теплоносителя, поступающего в систему отопления, и температуру наружного воздуха и формирует управляющий сигнал на открытие регулирующего клапана, когда значение температуры теплоносителя ниже требуемого значения. Если значение температуры выше требуемого, то клапан прикрывается. Блок регулятора имеет возможность чередовать режимы поддержания расчетной (18°C) и пониженной температуры (при которой не происходит замораживания воды в трубопроводах системы отопления) по заранее установленной программе. Так как регулятор снабжен таймером времени, то заранее можно задать дни недели, месяца и часы, когда требуется поддерживать пониженный расход теплоты и, соответственно, пониженную температуру воздуха в помещении. Это нерабочие часы рабочих дней, выходные и праздничные дни.

Принцип работы регулятора для контура горячего водоснабжения заключается в том, что блок управления, с помощью датчика температуры, определяет температуру горячей воды на выходе из теплообменника и сравнивает ее с заданным значением. Когда значение температуры горячей воды ниже требуемой, регулирующий клапан открывается; когда выше требуемой – закрывается. Блок управления имеет возможность чередовать режимы поддержания комфортной и пониженной температуры в системе горячего водоснабжения по заранее установленной недельной программе.

Принцип работы регулятора для системы вентиляции схож с принципом работы для системы отопления, но поддерживается на заданном уровне температура воздуха в помещении.

Экономия теплоты в *системе отопления* при применении автоматического регулирования может быть достигнута за счет того, что в нерабочее время на 50% снижается расход теплоты за счет прикрытия регулирующего клапана и, соответственно, уменьшения расхода горячей воды. При этом годовой расход теплоты будет складываться из трех составляющих: расхода в рабочие часы рабочих дней, расхода в нерабочие часы рабочих дней и расхода в выходные и праздничные дни. Поэтому необходимо определить количество рабочих дней на протяжении отопительного периода. Для этого по календарю, вычитая субботы и воскресения, а также даты государственных праздников, приходящиеся на рассматриваемый период, определяем количество рабочих дней отопительного сезона $n_{\text{ОР}} = n_{\text{О}} - n_{\text{ОПР}}$. В зависимости от числа рабочих смен число часов работы системы отопления может быть $z_{\text{Р}} = 8; 16$ или 24 часа. Соответственно, нерабочие часы $z_{\text{НР}} = 16; 8$ часов. Годовой расход теплоты на отопление с учетом автоматизации, ГДж, можно вычислить по следующему выражению

$$Q_{\text{ОА}}^{\Gamma} = 3,6(\Phi_{\text{О}} \cdot z_{\text{Р}} \cdot n_{\text{ОР}} \frac{t_{\text{В}} - t_{\text{СР.О}}}{t_{\text{В}} - t_{\text{НО}}} + 0,5 \cdot \Phi_{\text{О}} \cdot z_{\text{НР}} \cdot n_{\text{ОР}} \frac{t_{\text{В}} - t_{\text{СР.О}}}{t_{\text{В}} - t_{\text{НО}}} + 0,5 \cdot \Phi_{\text{О}} \cdot z_{\text{О}} \cdot n_{\text{ОПР}} \frac{t_{\text{В}} - t_{\text{СР.О}}}{t_{\text{В}} - t_{\text{НО}}) \cdot 10^{-3} \cdot$$

Экономия теплоты на отопительные нужды с учетом данного мероприятия, ГДж, составит

$$\Delta Q_{\text{ОА}} = Q_{\text{О}}^{\Gamma} - Q_{\text{ОА}}^{\Gamma} \cdot$$

Экономия в денежном выражении составит, USD

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ОА}} = \Delta Q_{\text{ОА}} \cdot T_{\text{Т}} \cdot$$

Экономия теплоты в *системе вентиляции* при применении автоматического регулирования может быть достигнута за счет того, что в рабочее время, в среднем, на 15% снижается расход теплоты за счет прикрытия регулирующего клапана. Годовой расход тепло-

ты на вентиляцию зданий с учетом автоматизации, ГДж, можно определить по следующему выражению

$$Q_{BA}^{\Gamma} = 3,6 \cdot 0,85 \cdot \Phi_B \cdot z_B \cdot n_O \frac{t_B - t_{CP.O}}{t_B - t_{HO}} \cdot 10^{-3}.$$

Экономия теплоты на вентиляционные нужды, ГДж, составит

$$\Delta Q_{BA} = Q_B^{\Gamma} - Q_{BA}^{\Gamma}.$$

Экономия в денежном выражении составит, USD

$$\Delta \mathcal{E}_{BA} = \Delta Q_{BA} \cdot T_T.$$

Экономия теплоты в *системе горячего водоснабжения* может быть достигнута за счет того, что в течение суток расход теплоносителя снижается на 20% за счет прикрытия автоматического регулирующего клапана и замены проточного водонагревателя на пластинчатый теплообменник. Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение как с учетом автоматизации, так и замены водонагревателя, ГДж, можно определить по следующему выражению

$$Q_{ГВА}^{\Gamma} = 3,6 \cdot (0,8 \cdot \Phi_{ГВ} \cdot z_O \cdot n_O + \Phi_{ГВ}^{\Gamma} \cdot z_O \cdot (350 - n_O)) \cdot 10^{-3}.$$

Экономия теплоты на нужды горячего водоснабжения, ГДж, составит

$$\Delta Q_{ГВА} = Q_{ГВ}^{\Gamma} - Q_{ГВА}^{\Gamma}.$$

Экономия в денежном выражении составит, USD

$$\Delta \mathcal{E}_{ГВА} = \Delta Q_{ГВА} \cdot T_T.$$

Суммарная годовая экономия теплоты на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения

$$\Delta Q_A^{\Gamma} = \Delta Q_{OA}^{\Gamma} + \Delta Q_{BA}^{\Gamma} + \Delta Q_{ГВА}^{\Gamma}.$$

Экономия в денежном выражении

$$\Delta \mathcal{E}_A = \Delta Q_A^{\Gamma} \cdot T_T.$$

Суммарный годовой расход теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение с учетом автоматизации отпуска теплоты, ГДж, составит

$$Q_A^{\Gamma} = Q_{OA}^{\Gamma} + Q_{BA}^{\Gamma} + Q_{ГВА}^{\Gamma}.$$

3.2. Утепление наружных ограждений зданий

Экономия теплоты на отопление может быть достигнута за счет утепления входных дверей, устранения неплотностей по периметру дверных и оконных коробок, установки третьего остекления в оконные проемы, замены окон на стеклопакеты, утепления наружных стен, утепления чердаков или переустройства бесчердачных кровель в чердачные, утепления ниш под радиаторы с установкой отражающих экранов.

3.2.1 Реконструкция окон с заменой остекления в двойных переплетах на стеклопакеты

Стеклопакет представляет собой соединенные на определенном расстоянии друг от друга 2 или 3 стекла. В качестве материала, обеспечивающего требуемое расстояние между стеклами, применяется алюминиевый перфорированный профиль коробчатого сечения, внутрь которого засыпается зернистый осушитель воздуха - силикогель. Из пространства между стеклами может быть откачан воздух, а пространство заполнено инертным газом, в основном аргоном. Рама стеклопакета может быть выполнена из древесины или ПВХ. Древесина обрабатывается специальной защитной пропиткой от влаги, насекомых, воздействия солнца. В окнах весьма точная подгонка деталей, коробка и створки со временем почти не дают усадки. Окна из ПВХ - профиля очень плохо пропускают воздух, что ограничивает их применение в жилых зданиях. Для решения проблемы воздухо-

проницания фирмы предлагают различные варианты: вентиляционные клапаны, специальное положение ручки и т.д.

При выборе конструктивного исполнения окон учитывают не только архитектурно-строительные особенности здания, его функциональное назначение, экономические возможности, но и руководствуются установленным в республике показателем сопротивления теплопередаче, т.е. теплотехническими свойствами окна. В стеклопакетах с двойным остеклением различных конструкций показатель термического сопротивления соответствует нормам, а в трехстекольном окне даже превосходит требуемое значение. Наибольший эффект достигается использованием в стеклопакете одного из стекол с селективным покрытием, способным отражать тепловые волны внутрь помещения и одновременно пропускать снаружи солнечное тепловое излучение.

По данным специалистов Белорусского теплотехнического института доля потерь теплоты через окна составляет приблизительно 36% от тепловой мощности на отопление. Возможная экономия теплоты при применении стеклопакетов по сравнению с традиционным двойным остеклением в деревянных раздельных переплетах, по данным того же института, составляет 40-50%. Таким образом, за счет данного энергосберегающего мероприятия годовые затраты теплоты на отопление можно снизить на $36\% \cdot 0,5 = 18\%$.

Следует учесть, что применение автоматизации уже позволило сократить некоторое количество теплоты на отопление ΔQ_{OA} . Поэтому для определения годового расхода с учетом установки стеклопакетов, ГДж, процент экономии следует высчитывать не от расчетного годового расхода теплоты Q_O^r , а от годового расхода с учетом автоматизации Q_{OA}^r

$$Q_{OCT}^r = (1 - 0,18) \cdot Q_{OA}^r.$$

Экономия теплоты на отопительные нужды с учетом данного мероприятия, ГДж, составит

$$\Delta Q_{OCT} = Q_{OA}^r - Q_{OCT}^r.$$

Экономия в денежном выражении составит, USD

$$\Delta \mathcal{E}_{OCT} = \Delta Q_{OCT} \cdot T_r.$$

3.2.2. Установка третьего остекления в существующие окна

Возможная экономия теплоты при установке третьего остекления (установка между рамами прозрачной полиэтиленовой пленки) по данным Белорусского теплотехнического института составляет 15% общих теплопотерь. Годовой расход теплоты на отопление с учетом данного мероприятия Q_{OZCT}^r , ГДж, определяют аналогично вышеизложенному, при этом за основу при вычислении процента экономии принимают годовой расход с учетом предыдущего мероприятия Q_{OCT}^r . Аналогичным образом рассчитывается экономия теплоты в натуральном и денежном выражении.

3.2.3. Утепление наружных стен

В Беларуси на протяжении последних нескольких лет успешно применяется собственная многослойная система утепления, все компоненты которой (за исключением минераловатных плит утеплителя) производятся отечественными заводами. Она получила название «Термошуба». Это легкий теплоизоляционный материал с защитой тонкослойной армированной штукатуркой, прошедший необходимые испытания и выдержавший расчетные требования. Данным материалом утепляют ранее построенные здания (проводят т.н. термореновацию), что позволяет, помимо прочего, улучшить их внешний вид, а в ряде случаев защитить разрушающиеся фасады. «Термошубу» применяют также для утепления вновь строящихся зданий.

По оценке специалистов доля потерь теплоты через наружные стены составляет около 34% от тепловой мощности на отопление. Возможная экономия теплоты при утеплении стен в соответствии с требуемыми нормами может достигать 60%. Таким образом, за счет данного энергосберегающего мероприятия годовые затраты теплоты на отопление можно снизить на $34\% \cdot 0,6 = 20\%$.

Годовой расход теплоты на отопление с учетом утепления наружных стен рассчитывается аналогично предыдущим мероприятиям.

3.2.4. Утепление ниш под радиаторы с установкой отражающих экранов

Для размещения радиаторов под окнами внутри зданий сооружают ниши. Это позволяет улучшить архитектурный вид устанавливаемых отопительных приборов и увеличить полезно используемую площадь помещения. В месте расположения ниши стена имеет меньшую толщину, при этом температура воздуха в зоне ниши выше требуемой температуры 18°C на $10 - 15^{\circ}\text{C}$. Таким образом, ниши являются своеобразными мостиками холода и являются зонами повышенных теплопотерь. Для улучшения теплозащитных свойств наружных ограждений поверхность ниш подвергают тепловой защите, а для направления теплового потока внутрь помещения устанавливают с зазором между стенкой и радиатором отражающую поверхность из алюминиевой фольги или зеркальной илюминизированной пленки.

Доля потерь теплоты через ниши зависит от их количества и размеров. В среднем, утепление ниш под радиаторы позволяет экономить до $4 - 5\%$ теплоты на отопление. Расчет годовой потребности теплоты проводится аналогично другим методам утепления с учетом предыдущих энергосберегающих мероприятий.

3.2.5. Утепление кровли

При недостаточном значении термического сопротивления теплопередаче покрытия проводят дополнительную его теплоизоляцию засыпками (например, керамзитовыми) или различного рода утеплителями. По оценке специалистов экономия теплоты при утеплении кровли по сравнению со старыми утеплителями составляет 65% . При доле теплопотерь через покрытие в размере 10% снижение расхода теплоты на отопление составляет $6,5\%$ по сравнению с вариантом без утепления. Расчет годовой потребности теплоты на отопление с учетом утепления кровли проводится аналогично другим мероприятиям.

4. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

4.1. Общие сведения об экономии электроэнергии осветительными установками

В осветительных установках ежегодно расходуется в среднем около $13...14\%$ производимой электроэнергии, поэтому более эффективное ее расходование – масштабная и значимая задача. С другой стороны, экономия электрической энергии в светотехнических установках не должна достигаться за счет отключения части осветительных приборов или отказа от искусственного освещения при недостаточной освещенности, в том числе и от естественного света; необходимо безукоризненно соблюдать требования норм освещенности. Следует помнить, что потери от ухудшения условий освещения значительно превосходят стоимость сэкономленной таким образом электрической энергии.

Таким образом, экономия электрической энергии и затрат может быть получена за счет:

- совершенствования систем освещения;
- использования эффективных источников света;
- правильного выбора и рационального размещения светильников;
- применения новых осветительных приборов и устройств;
- организации эффективного управления освещением и его автоматизации;
- введения планомерной и качественной эксплуатации осветительных установок.

Установление эффективного освещения напрямую связано с тарифной политикой. Анализ показывает, что самые эффективные источники света оправдываются при высоких тарифах на электрическую энергию. Установленные в Республике Беларусь низкие тарифы на электроэнергию – мощный социальный фактор, который тормозит повсеместное внедрение эффективных технологий в освещении.

Приоритетный и наиболее эффективный способ уменьшения установленной мощности осветительной установки – использование источников с высокой световой отдачей. В большинстве осветительных установок целесообразно применять газоразрядные источники света при обязательном выполнении требований к их техни-

ческим параметрам, вытекающим из специфики выполняемой в данном помещении работы, т.е. к спектральному составу, яркости, пульсации светового потока и т.п. Если такие ограничения отсутствуют, предпочтение отдавать тому источнику, который обеспечивает возможность создания наиболее экономичного освещения.

В производственных помещениях должно обеспечиваться отключение рядов осветительных приборов, расположенных параллельно окнам, что может дать снижение на 5...10%, а в помещениях с совместным (естественным и искусственным) освещением рекомендуется производить включение и отключение отдельных групп осветительных приборов в зависимости от уровня освещенности, создаваемого естественным светом в различных зонах помещения. Эта мера дает экономию электрической энергии порядка 10...20%.

В РБ применяются светильники с энергосберегающими люминесцентными лампами производства различных отечественных предприятий:

- ЗАО «Торговый сервис» (г.Минск);
- ООО «Торговый дом «Светотехника» (г.Минск);
- СП «Трепласт» ООО (г. Брест);
- ОАО «Лидский завод электроизделий» (г.Лида);
- ЗАО «Электромеханический завод» (г.Молодечно);
- ООО «ЭлитСветМонтаж» (г.Минск);
- ОАО «Электротехпром» (г.Минск);
- ООО «Электрет» (г.Минск).

Кроме того, в РБ сегодня работают более 50 фирм, которые являются дилерами зарубежных компаний, выпускающих светильники с энергосберегающими источниками света.

Наибольшее распространение получили светильники ООО «Электрет» с люминесцентными лампами мощностью 36 Вт и электронным пускорегулирующим устройством, что обеспечивает экономию электроэнергии и повышенную светоотдачу по сравнению с дроссельным исполнением. Они применяются для освещения общественных помещений, в т.ч. учебных.

В связи с улучшенной светоотдачей люминесцентных ламп достижение нормативной освещенности при их применении на рабочих местах осуществляется меньшим количеством ламп по сравнению с лампами накаливания. Количество энергосберегающих ламп зависит от количества светильников (в одном светильнике может содержаться 2 – 6 ламп накаливания). Согласно техническим харак-

теристикам срок эксплуатации энергосберегающих ламп в 8 раз превышает срок эксплуатации ламп накаливания.

Чаще всего в светильниках применяются лампы накаливания мощностью 60, 75 и 100 Вт (наиболее распространены лампы мощностью 60 Вт).

4.2. Замена ламп накаливания энергосберегающими люминесцентными лампами

Для расчета экономии электроэнергии от применения данного мероприятия необходимо сравнить годовые расходы электроэнергии по двум вариантам.

Годовой расход электроэнергии, кВт·ч, определяется по следующему выражению:

$$W_{\text{осв}} = P \cdot T \cdot k_c \cdot k_{\text{доп}},$$

где P – суммарная установленная мощность ламп, кВт;

T – время работы светильника за расчетный период (можно принять согласно рекомендациям таблицы 4.1), ч/год; k_c – коэффициент спроса (можно принять равным 0,7); $k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное число часов работы светильников в пасмурное время (можно принять равным 1,02...1,05).

Суммарная установленная мощность светильников зависит от количества ламп и их мощности, кВт

$$P = P_{\text{л}} \cdot n,$$

где $P_{\text{л}}$ – мощность одной лампы, кВт; n – количество ламп, шт.

Таблица 4.1 – Максимум осветительной нагрузки при освещении общепроизводственных объектов

Наименование потребителей	T , ч/год
Административные помещения (здания)	1150
Гаражи, мастерские санузлы	600
Наружное освещение	3500

Экономия электрической энергии при замене ламп, кВт·ч, за год составит

$$\Delta W = W_{\text{ЛН}} - W_{\text{ЛЛ}},$$

где $W_{\text{ЛН}}$ - годовой расход электроэнергии при использовании ламп накаливания ЛН, кВт-ч; $W_{\text{ЛЛ}}$ - годовой расход электроэнергии при замене ЛЛ на люминесцентные лампы, кВт-ч.

Экономия в денежном выражении, USD,

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ЛЛ}} = \Delta W \cdot T_{\mathcal{E}},$$

где $T_{\mathcal{E}}$ – тариф на электроэнергию, USD/кВт-ч (численное значение выдается преподавателем).

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Автоматизация отпуска теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение зданий

В систему автоматического регулирования отпуска теплоты на отопление входят: регулирующий клапан, перекрывающий поток воды; блок управления; датчики температуры; циркуляционный насос. Капиталовложения в систему автоматизации зависят от мощности системы отопления и стоимости отдельных видов оборудования. В каждом конкретном случае требуется выполнять детальный расчет затрат, но для предварительной оценки стоимости данного мероприятия можно воспользоваться данными таблицы 5.1.

В оборудование автоматики системы вентиляции входят: блок управления, регулирующий клапан и датчики температуры. Подходы к определению затрат на автоматизацию системы вентиляции такие же, как и для системы отопления, но уровень затрат несколько ниже (см. таблицу 5.1).

Таблица 5.1 – Капиталовложения в систему автоматического регулирования отопления и вентиляции

Мощность системы, кВт	Затраты на автоматизацию, USD	
	Системы отопления	Системы вентиляции
менее 100	1000	300
100...250	2000	500
251...500	5000	1000
501...1000	6000	1500

В оборудование автоматики системы горячего водоснабжения входят: блок управления, регулирующий клапан и датчики температуры. Часто вместе с установкой регулирующего оборудования производят замену скоростных водонагревателей, так называемых бойлеров, на высокоэффективные пластинчатые теплообменники. Данные по затратам на установку такого оборудования можно принять по таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Капиталовложения в систему автоматического регулирования горячего водоснабжения

Мощность системы, кВт	Затраты на автоматизацию, USD	Затраты на пластинчатый теплообменник, USD
менее 100	300	800
100...250	500	1000
251...500	700	3000
501...1000	1000	5000

Реконструкция окон с заменой остекления в двойных переплетах на стеклопакеты

Стоимость реконструкции окон с заменой остекления в двойных переплетах на стеклопакеты можно принять равной 100 USD/м² окна.

Тогда затраты на данное мероприятие, USD, можно определить по выражению

$$S_{\text{ост}} = C_{\text{ост}} \cdot A_{\text{ост}} = 100 \cdot A_{\text{ост}},$$

где $C_{\text{ост}}$ - стоимость реконструкции 1 м² стеклопакета, равная 100 USD;

$A_{\text{ост}}$ - площадь остекления здания по заданию, м².

Стоимость установки третьего остекления в существующие окна составляет примерно 50 – 60 USD/м².

Утепление ограждающих конструкций здания

Стоимость утеплителя наружных стен («Термошуба») с монтажом составляет 30 USD/м² наружной стены.

Стоимость утепления 1 м² ниш под радиаторы с установкой отражающих экранов составляет 5 USD.

Стоимость утепления 1 м² кровли составляет примерно 10 USD.

Затраты на вышеперечисленные мероприятия определяются, исходя из площади соответствующих утепляемых наружных ограж-

дений, приведенных в задании (таблица 1.3 приложения 1), аналогично стеклопакетам.

Замена светильников системы освещения

Стоимость энергосберегающего светильника внутреннего освещения с люминесцентной лампой мощностью 36 Вт составляет 14 USD. Эта цена учитывает тот факт, что за время срока службы энергосберегающей люминесцентной лампы (около 8000 часов) экономятся средства на приобретение 8 ламп накаливания, срок службы которых составляет, в среднем, 1000 часов.

Стоимость энергосберегающего светильника наружного освещения с люминесцентной лампой мощностью 36 Вт составляет 21 USD.

В качестве источников света для системы наружного освещения объектов как правило применяются лампы высокого давления ДРЛ-125, ДРЛ-250 и ДРЛ-400 (мощность ламп 125, 250 и 400 Вт соответственно), которые заменяются на энергосберегающие ДНАТ. Эквивалентность замены ламп можно определить по табл. 5.3 (по световому потоку). Например, лампа ДРЛ-125 мощностью 125 Вт заменяется на лампу ДНАТ-70 мощностью 70 Вт; лампа ДРЛ-250 мощностью 250 Вт заменяется на лампу ДНАТ-150 мощностью 150 Вт.

Стоимость энергосберегающего светильника наружного освещения с наиболее часто используемой лампой ДНАТ мощностью 150 Вт составляет 56,5 USD.

Таблица 5.3 – Технические характеристики ламп высокого давления для системы наружного освещения

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Светоотдача, лм/Вт	Тип цоколя
ДРЛ	125	6500	52,0	E 27
	250	14000	56,0	E 40
	400	24000	58,0	E 40
ДНАТ	70	6500	92,8	E 27
	100	10000	100,0	E 40
	150	17200	114,6	E 40
	250	33000	132,0	E 40
	400	55000	137,0	E 40

6. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА ОБЪЕКТАХ

Программа – это документ, отражающий комплекс организационных, технических, экономических мероприятий, взаимоувязанных по ресурсам, исполнителям, срокам реализации, источникам финансирования и направленных на решение задач энергосбережения на отдельном объекте. Составляется данный документ на год. Мероприятия, намеченные Программой, могут быть включены в Программу по энергосбережению более высокого уровня (региональную и отраслевую), для чего предприятию или организации нужно заблаговременно подать необходимые документы на включение своего объекта в соответствующую программу.

Республиканские программы разрабатываются на каждые предстоящие 5 лет, начиная с 2001 года. Департамент по энергоэффективности при Государственном комитете по стандартизации по согласованию с Министерством экономики в срок до 1 ноября года, предшествующего началу реализации разработанной республиканской программы, вносит ее на рассмотрение Совета Министров РБ.

Отраслевые программы бывают как долгосрочные, так и краткосрочные сроком на 1 год. Как правило, они формируются к 15 сентября года, предшествующего их реализации.

Региональные программы (областные, городские, районные, муниципальные) разрабатываются на 1 год в срок до 1 декабря года, предшествующего их реализации, и представляются на согласование Департаменту по энергоэффективности и Министерству экономики. Данные программы должны предусматривать основные направления энергосбережения, обеспечивающие выполнение установленных заданий по снижению потребления ТЭР; перечень мероприятий по реализации основных направлений энергосбережения с указанием конечных результатов и их экономической эффективности, в том числе сроков окупаемости, планируемых затрат и источников финансирования, исполнителей программы и сроков выполнения намеченных мероприятий; мероприятия по энергосбережению, актуальные для региона на ближайший период, с указанием мер по их реализации.

На предприятии также составляется Программа мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов. Данный документ включает перечень мероприятий, срок их внедрения, годовую экономию энергоресурсов в именованных единицах и тонах условного

топлива, годовой экономический эффект, срок окупаемости и источники финансирования мероприятий.

Форма, по которой составляется Программа мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов, представлена в таблице 2.1 приложения 2.

Для удобства сопоставления различных видов энергоресурсов их расход сравнивается с расходом так называемого условного топлива.

За условное принято такое топливо, при сгорании 1 кг которого выделяется 7000 ккал или 29300 МДж теплоты, что соответствует хорошему сухому малозольному углю. Для перевода единиц теплоты и электроэнергии в тонны условного топлива (т у.т.) существуют переводные коэффициенты: для перевода 1 ГДж теплоты в т у.т. коэффициент $K_T = 0,042$; для перевода тыс. кВт·ч в т у.т. - $K_E = 0,296$.

В графу «1» записывается наименование мероприятия, например, «Утепление наружных стен». Так как данное мероприятие приводит к экономии теплоты, то годовую экономию энергоресурсов требуется записать в графе «5» в единицах теплоты, т.е. в ГДж. Если мероприятие связано с экономией электрической энергии, то годовую экономию пишем в графе «4» в тыс. кВт·ч. Перевод в тонны условного топлива (графа «7») осуществляется через вышеприведенные коэффициенты.

В графу «9» записывается годовая экономия теплоты или электроэнергии по конкретному мероприятию в денежном выражении. Доллары США (USD) переводятся в рубли по расчетному курсу Нацбанка РБ, принятому для последующего года.

В графу «11» заносятся подсчитанные ранее затраты на мероприятие. Данные затраты могут быть расписаны по графам «12» - «16». Перевод долларов США в рубли осуществляется аналогично графе «9». Срок окупаемости, графа «10», рассчитывается как отношение затрат (графа 11) к годовому экономическому эффекту (графа 9).

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий [Текст].- Минск: Комитет по энергоэффективности при СМ РБ, 2003 – 53с.

2. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий (дополнение) [Текст].- Минск: Комитет по энергоэффективности при СМ РБ, 2006 – 22с.

3. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства [Текст] / Л.С. Герасимович, А.Г. Цубанов, Б.Х. Драганов, А.Л. Синяков. – Минск.: Ураджай, 1993 – 368с.

4. Методические указания по нормированию потребления тепловой и электрической энергии в учреждениях и организациях социальной сферы [Текст].- Минск: Комитет по энергоэффективности при СМ РБ, 2005 – 84с.

Дополнительная

5. Поспелова Т.Г. Основы энергосбережения [Текст] / Т.Г. Поспелова.- Минск: УП «Технопринт», 2000 – 352с.

6. Хутская Н.Г. Экологические аспекты энергетики и энергосбережения [Текст]: методическое пособие по курсу «Основы энергосбережения» для студентов технических специальностей / Н.Г. Хутская.- Минск: БГПА, 2000 – 20с.

7. Энергетический менеджмент в зданиях [Текст]: учебный курс. Комиссия Европейских сообществ. Программа TACIS. – Минск: Энергоцентр ЕС, 1995 – 36с.

8. Приборы для контроля и регулирования энергопотребления и энергоснабжения: каталог продукции, серия «Энергосбережение и энергоэффективность».- Минск: БелГИСС, 2007 – 54с.

9. Отопительное и нагревательное оборудование: каталог продукции, серия «Энергосбережение и энергоэффективность».- Мн.: БелГИСС, 2007 – 48с.

10. Осветительная аппаратура: каталог продукции, серия «Энергосбережение и энергоэффективность».- Минск: БелГИСС, 2007 – 52с.

Законодательная

11. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь [Текст].- Минск: Комитет по энергоэффективности при СМ РБ, 2002 – 22с.

Стандарты

12. СТБ 1346-2002. Энергосбережение. Общие положения [Текст]. - Минск: Госстандарт, 2002 – 11с.

13. СТБ 1776-2007. Энергетическое обследование потребителей топливно - энергетических ресурсов. Общие требования [Текст]. - Минск: Госстандарт, 2007 – 6с.

14. ТКП 45.-2.04.-43 – 2006. Строительная теплотехника [Текст]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2006. – 32 с.

15. СНБ 2.04.05– 98. Естественное и искусственное освещение [Текст]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 1999. – 22 с.

Исходные данные к расчетному заданию

Таблица 1.1 – Данные по последней цифре номера зачетной книжки

Последняя цифра	Наименование здания	Строительный объем, тыс. м ³	Удельная тепловая характеристика, Вт/(м ³ °С)		Расчетная внутренняя температура $t_{вн}$, °С	Количество работающих (детей, посетителей)	Число часов работы вентиляции Zв, ч	Количество светильников с ЛН,* св. /ламп
			отопления q_0	вентиляции $q_в$				
1	Административное здание	6	0,44	0,1	18	120	8	165/495
2	Клуб	5	0,43	0,29	16	100	16	83/415
3	Библиотека	4,8	0,42	0,25	16	50	16	100/400
4	Торговый центр	6,5	0,38	0,09	15	200	16	110/550
5	Детский сад	6	0,39	0,12	20	200	16	167/501
6	Ясли	4,5	0,44	0,13	20	40	16	125/375
7	Больница	8	0,42	0,33	20	200	8	133/665
8	Поликлиника	5	0,46	0,34	20	50	8	142/426
9	Школа	5	0,45	0,11	16	100	8	145/435
0	Лаборатория	5,5	0,43	1,19	16	25	16	115/460

*Замена светильников осуществляется следующим образом:

светильник с лампами накаливания ЛН мощностью 60 Вт (1-3 шт.) подлежит замене на энергосберегающий светильник с одной люминесцентной лампой ЛЛ мощностью 36 Вт; светильник с лампами накаливания ЛН мощностью 60 Вт (4-6 шт.) подлежит замене на энергосберегающий светильник с двумя ЛЛ мощностью 36 Вт.

Таблица 1.2 – Данные по предпоследней цифре номера зачетной книжки ([14])

Предпоследняя цифра	Область	Расчетная температура наружного воздуха, $t_{но}$, °С	Продолжительность отопительного периода $n_{от}$, сут	Средняя температура отопительного периода, $t_{ср.о}$, °С	№№ мероприятий по энергосбережению
1	Минская	-24	202	-1,6	1 – 7; 9
2	Могилевская	-25	204	-1,9	2 – 9
3	Гомельская	-24	194	-1,6	3 – 10
4	Гродненская	-22	194	-0,5	4 – 11
5	Брестская	-21	187	0,2	2; 4 - 10
6	Витебская	-25	207	-2,0	1; 5 - 11
7	Минская	-24	202	-1,6	1 – 5; 8 - 10
8	Могилевская	-25	204	-1,9	3; 5 - 11
9	Гомельская	-24	194	-1,6	2; 4 – 10
0	Гродненская	-22	194	-0,5	1 – 7, 11

Перечень энергосберегающих мероприятий:

1. Автоматизация отпуска теплоты на отопление
2. Автоматизация отпуска теплоты на вентиляцию
3. Автоматизация отпуска теплоты на горячее водоснабжение
4. Замена скоростного водоподогревателя на пластинчатый теплообменник
5. Замена светильников внутреннего освещения с лампами накаливания энергосберегающими с люминесцентными лампами

СОДЕРЖАНИЕ

Для заметок

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	3
1. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПО УКРУПНЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	4
2. ГОДОВЫЕ РАСХОДЫ ТЕПЛОТЫ	6
3. РАСЧЕТ ГОДОВЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛОТЫ С УЧЕТОМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ.	7
3.1. Автоматизация отпуска теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение зданий	7
3.2. Утепление наружных ограждений зданий	10
3.2.1. Реконструкция окон с заменой остекления в двойных переплетах на стеклопакеты	10
3.2.2. Установка третьего остекления в существующие окна	12
3.2.3. Утепление наружных стен	12
3.2.4. Утепление ниш под радиаторы с установкой отражающих экранов.	13
3.2.5. Утепление кровли	13
4. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ	14
4.1. Общие сведения об экономии электроэнергии осветительными установками	14
4.2. Замена ламп накаливания энергосберегающими люминесцентными лампами	16
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ	18
6. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА ОБЪЕКТАХ	21
ЛИТЕРАТУРА	23
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	28

Для заметок

Учебное издание

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Методические указания
к практическим занятиям*

Составители:

Коротинский Виктор Андреевич

Гаркуша Карина Эдуардовна

Андрейчик Алла Евгеньевна

Ответственный за выпуск *В.А. Коротинский*

Компьютерная верстка *А.И. Стебуля*

Подписано в печать 09.09.2009 г. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Ризография.

Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,45. Тираж 141 экз. Заказ 794.

Издатель и полиграфическое исполнение Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006. ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.

Пр-т Независимости, 99, к. 2, 220023, г. Минск.