

УДК 697.9: 613.15:620.9

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ

Т.И. Королева¹; Д.А. Василевич¹, И.В. Гапеев²

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь¹

Новополоцкое монтажное управление филиал ОАО «Трест Белсантехмонтаж №1»,

Республика Беларусь²

e-mail: t.koroleva@psu.by, 14tv.vasilevich.d@pdu.by, nmubstm@mail.ru

В целях оптимизации энергосбережения в зданиях учреждений образования дана оценка имеющегося потенциала энергосбережения и определены направления энергосберегающих мероприятий на примере проведенного энергетического обследования базовой школы в г. Новополоцке.

Ключевые слова: энергетический менеджмент, энергетическое обследование, энергосбережение, тепловая энергия, модернизация зданий, утилизация теплоты.

OPTIMIZATION OF ENERGY SAVING IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

T. Koroleva¹, D. Vasilevich¹, I. Gapeev²

¹Polotsk state University, Republic of Belarus,

²Montage department of Novopolotsk Subdivision OJSC "Trust Belsantehmontazh №1",

Republic of Belarus

e-mail: t.koroleva@psu.by, 14tv.vasilevich.d@pdu.by, nmubstm@mail.ru

In order to optimize energy-saving in the buildings of educational institutions, an assessment is made of the existing potential for energy-saving and the directions of energy-saving measures are determined by the example of an energy survey of a basic school in Novopolotsk.

Keywords: energy management, energy inspection, energy-saving, thermal energy, modernization of buildings, heat recovery.

Введение. Вопрос об энергоэффективности был и остается одним из приоритетных направлений в экономике Республики Беларусь. Актуальность энергосбережения и повышение энергетической эффективности зданий обусловлена высокими затратами и постоянным ростом тарифов на энергоресурсы. Высокий износ многих общественных зданий, недостаточная осведомленность работников бюджетной сферы о возможностях энергосбережения, отсутствие реальных стимулов у руководителей организаций к повышению энергетической эффективности – факторы, свидетельствующие о реальных преградах внедрения программ энергосбережения.

Основная часть. Проблема неэффективного и нерационального использования ресурсов требует комплексного подхода к управлению энергосбережением. Энергетическое обследование (энергоаудит) позволяет оценить существующие энергетические

расходы, выявить наибольшие потери энергии, определить потенциал энергосбережения и на основе полученных данных составить программу энергосберегающих мероприятий. Энергосберегающие мероприятия разрабатываются, согласно требованиям Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» [1].

Энергоаудит позволяет получить данные о существующем состоянии объекта для разработки комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности и оценки потенциала энергосбережения, а также дает возможность выявить причины энергопотерь и в конечном итоге снизить расходы на энергетические ресурсы.

Энергосбережение – именно та позиция, с которой сегодня необходимо рассматривать деятельность любого предприятия. Безусловно, важная роль здесь принадлежит нормированию и стандартизации, а также энергетическому обследованию, которое проводится в целях оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и обеспечения их экономии.

Для повышения эффективности энергосберегающих мероприятий большое значение имеет не только внедрение нового оборудования, передовых технологий, но и грамотно организованное управление энергопотреблением, то есть энергоменеджмент и энергоаудит на предприятиях, в организациях и зданиях.

Энергетический менеджмент представляет собой совокупность технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности использования энергоресурсов и являющийся частью общей структуры управления предприятием. Основная задача его состоит в проведении комплексного анализа энергопотребления и на его основе – проведение энергосберегающих мероприятий на предприятии.

Энергетический аудит – это обследование предприятия, организации или здания с целью сбора информации об источниках энергии, ее удельном потреблении на единицу выпускаемой продукции (или на 1 м³ объема обслуживаемого здания), разработка рекомендаций и технических решений по снижению энергетических затрат.

По результатам энергоаудита руководство предприятия должно получить:

- оценку текущего энергопотребления с достоверными данными по объемам потребления всех ресурсов и суммам средств, затрачиваемым на них, по предприятию или организации в целом, по отдельным участкам, и их удельные величины на каждый вид продукции.

- программу мероприятий по энергосбережению, содержащую систему мер организационного, правового и технического характера, направленных на постоянное и планомерное снижение издержек, при улучшении производственных, экономических и экологических показателей предприятия и условий труда персонала.

В программу должны быть включены как энергосберегающие мероприятия, так и меры по созданию системы энергоменеджмента: внедрение системы контроля и поощрения достижений, повышение мотивации и обучение персонала, порядок пересмотра и корректировки программы. Таким образом, энергетическое обследование может указать на перспективные направления деятельности, на основе которых необходимо организовать и проводить практическую работу по повышению энергетической эффективности предприятия.

Энергетический аудит может быть предварительным или подробным; простым или сложным; разовым, периодическим или перманентным (непрерывным).

Для оценки эффективности использования энергии проводится обследование по следующим семи направлениям:

1. Состояние технического учета:
 - способы учета (расчетный, приборный, опытно-расчетный);
 - оснащенность приборами расхода ТЭР (электросчетчики, теплосчетчики, расходомеры газа и жидкости);
 - формы получения, обработки и представления информации о контроле расхода энергии по цехам, участкам, энергоемким агрегатам;
 - соответствие схемы учета энергии структуре норм.
2. Состояние нормирования ТЭР:
 - наличие утвержденных в установленном порядке норм расхода энергоресурсов;
 - охват нормированием статей потребления энергоресурсов;
 - структура норм и ее соответствие технологии и организации производства;
 - динамика норм и удельных расходов за три предшествующие обследованию года.
3. Определение резервов экономии энергоресурсов на основании обследования энергопотребляющего оборудования, технологических процессов, состояния использования возобновляемых энергоресурсов.
4. Участие предприятия в регулировании графиков электрической нагрузки энергосистемы:
 - предусматриваемые мероприятия по использованию энергоемкого оборудования в качестве потребителей-регуляторов;
 - режим работы предприятия в условиях ограничения мощности энергосистемы в осенне-зимний период.
5. Перечень и краткое описание важнейших организационно-технических мероприятий по экономии топлива и энергии, намеченных на текущий год планами предприятия и рекомендуемых по результатам проведения целевого обследования.
6. Выявленные источники нерационального расходования энергии и топлива и оценки величины потерь.
7. Основные показатели, характеризующие состояние использования энергии на предприятии.

Потребление тепловой энергии для отопления зданий составляет значительную долю в балансе энергопотребления.

Согласно статистике в коммунальный сектор Республики Беларусь направляется более 56% произведенной тепловой энергии. С учетом использования тепловой энергии для горячего водоснабжения, а также для административных и производственных зданий, можно оценить долю тепловой энергии, направляемой на отопление близкой к 55-60%.

Данные свидетельствуют о значительном потенциале снижения энергопотребления за счет совершенствования конструкций зданий и систем поддержания микроклимата в них, поскольку наиболее высоким является именно потребление тепловой энергии.

Теплоизоляция и герметизация зданий являются эффективными направлениями в плане снижения потерь тепловой энергии при отоплении зданий.

Если рассмотреть физические основы процесса теплообмена здания с окружающей средой, то большая часть потерь тепла из зданий происходит за счет процесса теп-

лопередачи (Q_T) и при инфильтрации (Q_I), обусловленной воздухообменом внутренних помещений:

$$Q = Q_T + Q_I \quad (1)$$

при этом теплопередача через стену определяется по зависимости [2]:

$$Q_T = k \cdot \Delta t \cdot F = \frac{(t_g - t_n) \cdot F}{\left(\frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}\right)} \quad (2)$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°C);

Δt – перепад температур, °C;

F – поверхность теплообмена, м²;

α_g – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C);

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C);

δ_i – толщина i -слоя материала стены, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности i -слоя материала стены, (м²·°C)/Вт;

t_n – температура наружного воздуха, °C;

t_g – температура воздуха внутри помещения, °C;

n – количество слоев материала стены.

Из зависимости (2) вытекает, что величины теплопередачи и соответственно потеря тепла из зданий определяются толщиной ограждающих конструкций и их теплофизическими свойствами. Теплоизолирующий эффект различных конструкционных материалов зависит от их пористости. Поскольку воздух имеет меньший коэффициент теплопроводности, чем бетон и металл, то пористые материалы будут иметь меньшие значения теплопроводности чем однородные.

Если рассмотреть характер распределения теплотерь через ограждающие конструкции зданий, то в среднем оно выглядит следующим образом: стены - 42-49%; окна - 32-36%; подвальные и чердачные перекрытия - 11-18%; входная дверь - 5-15%.

Подобные тенденции можно проследить и в строительной практике нашей страны. В этом отношении наиболее проблемными зданиями являются здания 60-80х годов постройки прошлого века. В последующем нормы к теплотехническим параметрам строящихся зданий стали более жестким. Нормы проектирования в этой области регламентируются документом [3], который был введен в действие с 01.07.2007 года, а через два года произошло повышение уровня требований к теплотехническим параметрам ограждающих конструкций (в том числе зданий школ) в 1,25-1,70 раза в соответствии с изменениями к этому документу, что отражает текущую политику государства в строительстве с ориентацией на энергосбережение.

Окна играют важную роль в оформлении интерьеров помещений и фасадов зданий. Проблемные окна могут привести к бесполезной трате огромного тепловой энергии на отопление.

Наиболее распространенным способом модернизации окон является замена традиционных конструкций оконных проемов на герметичные. Установка герметичного ок-

на снижает потери за счет уменьшения притока холодного воздуха через окно и повышения сопротивления теплопередаче через площадь стеклопакета.

Применение герметичных оконных конструкций позволяет существенно снизить теплопотери за счет ликвидации поступления холодного воздуха извне помещения через неплотности в окнах и увеличения сопротивления теплопередаче через площади остекленных проемов. Однако применение герметичных оконных конструкций может привести к проблемам, связанным с недостаточной вентиляцией, повышенной влажностью в помещениях и появлением грибковых поражений [4].

Для поддержания нормативной влажности в помещениях водяной пар должен удаляться вместе с воздухом, выводимым из помещений с помощью систем вентиляции.

В традиционных конструкциях окон свежий воздух поступал в помещения через неплотности в оконных переплетах, а из зданий воздух отводился через вытяжную систему вентиляции. При монтаже герметичных оконных стеклопакетов воздухообмен нарушается, особенно если недостаточно часто проветривают помещения. При увеличении концентрации водяного пара в здании вода начинает конденсироваться на поверхностях с более низкими температурами и приводит к появлению грибковых поражений стен.

Для того чтобы избежать проблем с влажностью требуется увеличить кратность воздухообмена в помещении. Это достигается либо простейшими методами за счет более интенсивного проветривания путем открытия окон, либо модернизацией систем вентиляции с применением системы вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха в теплообменнике, что позволяет автоматизировать процесс поддержания нужных параметров внутреннего воздуха.

Система вентиляции с децентрализованным притоком и централизованным отводом воздуха приведена на рисунке 1.

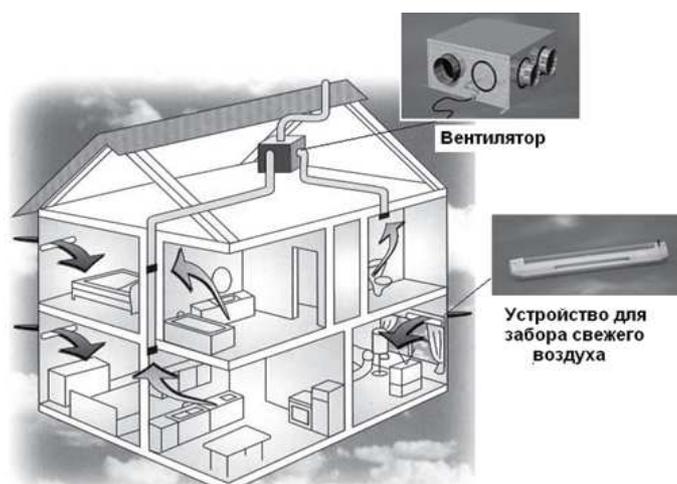


Рисунок 1. – Система вентиляции с децентрализованным притоком и централизованным отводом воздуха

В зданиях образовательных учреждений предлагается производить децентрализацию систем вентиляции помещений путем внедрения специальных местных приточно-вытяжных теплоутилизационных установок [5].

Модернизация систем отопления представляет такое исполнение схемы отопления, которое позволяет регулировать поступление теплоты к каждому отопительному прибору. Эти отопительные системы являются более гибкими и создают условия для энергосбережения. Такой способ регулирования предусматривает использование вместо механических вентилей термостатических регуляторов.

Значительный интерес вызывает и преобразование солнечной энергии в электрическую или тепловую для использования в зданиях. Это может быть реализовано двумя методами: термомеханическим и фотоэлектрическим.

Таким образом, дальнейшая стратегия энергосбережения должна разрабатываться по следующим главным направлениям:

- **сокращение расхода электрической энергии** за счёт внедрения электропотребляющего (в первую очередь – осветительного) оборудования имеющего более высокий класс энергоэффективности;

- **сокращение потребления тепловой энергии** в результате улучшения тепловой изоляции нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов, повышения эффективности теплообмена в теплообменных устройствах, улучшения тепловой устойчивости зданий и сооружений;

- **внедрение установок утилизации** теплоты удаляемого воздуха в системах вентиляции и солнечных коллекторов, для нагрева воды в плавательном бассейне;

- **снижение объёмов потребления ТЭР** за счёт совершенствования методов управления энергопотреблением.

Общая количественная оценка имеющегося максимального потенциала энергосбережения в зданиях школ, исходя из существующих современных технологий представлена на рисунке 2.



Рисунок 2. – Удельный вес слагаемых перспективного потенциала энергосбережения в зданиях школ

Заключение. Проведенное энергетическое обследование здания Базовой школы №10 г.Новополоцка, включая инструментальное, в целях энергосбережения показало необходимость:

- тепловой модернизации ограждающих конструкций с заменой окон;
- модернизации системы вентиляции плавательного бассейна с установкой утилизатора теплоты удаляемого воздуха;
- модернизации вентиляции учебных классов с целью создания комфортных условий пребывания учащихся;
- замены отопительных приборов и установки регулирующей арматуры на ветках отопления.

Комплекс аналогичных мероприятий можно рекомендовать для учебных заведений, построенных по проектам, разработанным до утверждения Изменения 1 к [3] от 01.07.2009г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об энергосбережении [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь, 8 янв. 2015г., №239-3 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь, 11.01.2015 г., 2/2237.
2. Самойлов, М.В. Основы энергосбережения: учеб. пособие / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев. – Минск: Изд-во БРЭУ, 2002. – 198 с.
3. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.04-43-2006* (02250). – Введ. 29.12.2006 (с отменой СНБ 2.04.01-97), переиздание (март 2015г.) с Изменениями №1-№6. – Минск: Минстройархитектуры, 2015. – 47 с.
4. Ануфриев, В.Н. Энергосбережение в зданиях: Производственно-практическое издание / В.Н. Ануфриева, Н.А. Андреевко.–Минск: Изд-во МОО "Экопроект Портнерство", 2011. – 76 с.
5. Нияковский, А.М. К вопросу модернизация систем вентиляции общеобразовательных школ/ А.М. Нияковский // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации [Электронный ресурс]: электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет, 2018. – 399–403 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

Об издании – [1](#), [2](#)

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова.*

Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 09.09.2020.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>