

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ

Ус А.Г., к.т.н., Генсировский А.Е., инж., Бахмутская В.В., инж.

В структуре расходной части теплового баланса Беларуси более 50 % потребления приходится на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий, в том числе и объектов социальной сферы (детские сады, школы, профессионально-технические училища, больницы и т.д.). Удельный расход теплоэнергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий в нашей стране значительно больше, чем в странах Западной Европы с похожим климатом. Это объясняется тем, что в этих странах раньше начала проводиться политика энергосбережения, приведшая к ужесточению норм энергопотребления для жилых и общественных зданий и позволившая значительно снизить потребление энергоресурсов. В настоящее время вопросам энергосбережения значительное внимание уделяется и в Беларуси. Так, например, для вновь вводимых и реконструируемых объектов гражданского строительства увеличены нормируемые сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.

Проведение мероприятий по повышению энергоэффективности требует значительных инвестиций. Так как внутренние инвестиционные источники Беларуси незначительны, возникает необходимость поиска и привлечения внешних инвестиций, что в настоящее время также связано с определенными трудностями. В 1998 г. появилась реальная возможность получения внешних инвестиций, возникшая с началом подготовки Проекта по повышению энергоэффективности в социальном секторе Республики Беларусь после подписания 17 апреля 1998 года Председателем Совета Министров Республики Беларусь Соглашения об авансовом займе (P3400-BY). Для подготовки и реализации Проекта Государственным комитетом по энергосбережению и энергетическому надзору РБ было создано специальное предприятие «Белинвестэнергосбережение», которое начало функционировать со 2 апреля 1998 года.

Выполнение проекта рассчитано на пять лет, на всей территории Беларуси. Суммарный объем финансирования составит 32 млн. долларов США, из них 20 млн. долларов – заем Всемирного Банка и 12 млн. долларов США – средства белорусского Правительства. Предполагается выполнить на объектах следующие работы:

- реконструкция котельных (замена устаревших котлов, перевод

на более дешевое топливо);

- автоматизация теплоснабжения (реконструкция ЦТП, ИТП, установка приборов учета и регулирования);
- реконструкция окон (замена, ремонт, уменьшение оконных проемов);
- замена освещения на более энергоэффективное;
- термомодернизация зданий;
- реконструкция участков тепловых сетей, примыкающих к объектам социальной сферы.

В 1999 – 2000 г.г. в рамках подготовки основного Проекта на ряде объектов социальной сферы были реализованы пилотные мероприятия. Некоторые объекты, на которых выполнялись работы, были показаны миссии Всемирного Банка 16 – 21 сентября 1999 г. Выполнение работ получило положительную оценку со стороны миссии.

В рамках реализации Проекта 12 – 13 сентября 2000 г. в Государственном комитете по энергосбережению и энергетическому надзору прошел учебный семинар с представителями предприятий, выполняющих энергетический аудит, целью которого стала подготовка специалистов к работе по обследованию объектов социальной сферы по проекту Всемирного Банка. В работе семинара приняли участие представители Всемирного Банка, Госкомэнергосбережения, РУП «Белинвестэнергосбережение», около 20 предприятий со всей республики. От Гомельской области на семинаре были Технический центр «Системы и технологии», РУП ГИЦ «Ресурс», ГГТУ им. П.О. Сухого.

Участники семинара были ознакомлены с критериями выбора объектов для теплотехнической реконструкции. Критерии определялись, исходя из следующих принципов:

- получения максимально возможного энергосбережения на реконструируемых объектах с целью возврата в установленные сроки предоставляемого займа, а также накопления средств за счет экономии для продолжения работ по энергосбережению из собственных источников;
- распределения объектов, подлежащих реконструкции, пропорционально возможностям каждой области республики;
- тиражирования в дальнейшем подобного вида мероприятий на другие объекты социальной сферы.

Перечень таких объектов включает около семисот зданий больниц, детских садов, школ, расположенных во всех областях республики.

Был проведен краткий курс по энергетическому обследованию и практические занятия с использованием компьютерной техники. Представлена стандартная форма выполнения отчета по энергоаудиту в формате Microsoft Excel и определен необходимый объем и качество.

информации, предоставляемой в отчете. Все отчеты должны были быть выполнены и представлены в этой стандартной форме и полностью отвечать требованиям Заказчика, в качестве которого выступало предприятие «Белинвестэнергосбережение». В ходе семинара был представлен список объектов, на которых необходимо провести энергоаудит и определены задачи для каждого предприятия, выполняющего энергетический аудит.

Энергоаудит необходимо было провести в течение сентября - декабря 2000 г.

В течение этого периода сотрудниками кафедры «Электроснабжение» ГГТУ им. П.О.Сухого было проведено энергетическое обследование 15-ти объектов, на которых было обследовано 35 зданий. Большинство объектов расположено в г. Гомеле (11 объектов, 25 обследованных зданий), в г. Добруше – 1 объект (4 здания), в г. Речица – 3 объекта (6 зданий). В г. Гомеле были обследованы 8 ПТУ (СПТУ №126, СПТУ №79, ВПУ электротехники, СПТУ №30, СПТУ №78, СПТУ №230, СПТУ №34, СПТУ №67), Гомельская областная специализированная клиническая больница (туббольница), общежития туббольницы, Гомельский областной диагностический медико-генетический центр). В г.Речица были обследованы: Речицкая центральная районная больница, Пульмоно-фтизиатрическое отделение Речицкого ТМО, Детская поликлиника. В г.Добруше была обследована Добрушская центральная больница. Результаты проведенной работы были положительно оценены Заказчиком.

При проведении энергоаудита объектов социальной сферы работа разбивалась на несколько этапов:

1. Сбор исходных данных, анализ полученной информации, предварительная выработка предложений по повышению энергоэффективности;
2. Анализ состояния ограждающих конструкций. Определение коэффициентов теплопередачи. Расчет теоретически необходимого расхода теплоты на отопление. Определение годового потребления тепла на 1 м^2 общей площади;
3. Предложение и оценка мероприятий по повышению энергоэффективности (расчет энергосбережения от внедрения мероприятия, капиталовложений и срока окупаемости);
4. Формирование пакетов энергосберегающих мероприятий с выделением и оценкой трех пакетов – быстро-, средне- и долгоокупаемых мероприятий.

Перед проведением энергоаудита был составлен опросник, который содержал вопросы для получения необходимой предварительной

информации об обследуемом объекте.

I этап обследования состоял в следующем:

1. Энергоаудит каждого объекта начинался с работы с технической документацией (техническими паспортами зданий, котельной, тепловых узлов, строительной документацией).
2. Проводилось обследование ограждающей оболочки здания. Оно включало в себя обследование крыши, стен, окон, пола первого этажа. В ходе обследования получали следующие исходные данные:
 - конструкция наружных стен (материал стен – кирпич, ж/б панели и т.д.) и их состояние;
 - конструкция и состояние крыши (конструкция – плоская совмещенная или скатная кровля; наличие чердака или технического этажа; наличие утеплителя, толщина слоя утеплителя; выяснялось, есть ли жалобы на течь крыши; время проведения последнего ремонта);
 - состояние окон (материал рам; есть ли неплотности; как открываются-закрываются; жалобы на сквозняки и т.д.);
 - конструкция пола (деревянный на лагах; ж/б; мозаичный и т.д.).
3. Выполнялось обследование системы теплоснабжения объекта. Определялся источник теплоснабжения объекта (собственная котельная или теплосети). Далее обследовалось оборудование котельной или теплоузла, от которого запитан объект – определялся тип и состояние котлов; состояние изоляции трубопроводов теплоснабжения, тип и состояние теплообменника на ГВС, состояние задвижек. Определялась схема подключения (через элеваторный узел, с циркуляционным насосом или другая схема); существует ли пофасадное разделение системы отопления или нет; есть ли автоматика регулирования на отопление и ГВС, ее тип; состояние отопительных приборов. В ходе обследования отмечалось, есть ли жалобы на отопление и вентиляцию.
4. Обследовалось состояние учета электроэнергии и тепловой энергии. Определялось место установки счетчиков, их тип. Собиралась информация о тепло- и электропотреблении за последние 2 – 3 года.
5. Обследовалась система освещения.
6. Составлялся предварительный список предложений по повышению энергоэффективности.

По II этапу:

1. Проводился анализ состояния ограждающих конструкций здания;

2. Определялись коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций с учетом их состояния;
3. Выполнялся расчет градусо-дней для г. Гомеля и расчет теплопотерь через ограждающие конструкции. Проводился анализ структуры теплопотребления;
4. Экспертным путем определялся воздухообмен (в зависимости от состояния окон) и рассчитывался расход теплоэнергии на нагрев инфильтрирующегося воздуха;
5. Рассчитывался теоретический расход теплоэнергии на отопление с учетом КПД системы отопления здания;
6. Определялась величина годового потребления тепла на 1 м² общей площади.

По III этапу:

1. Уточнялся список мероприятий по повышению энергоэффективности, проведение которых целесообразно. Конкретизировалось содержание мероприятий;
2. Производилась оценка мероприятий (расчет энергосбережения от внедрения мероприятия, капиталовложений и срока окупаемости).

По IV этапу:

1. Формировались пакеты энергосберегающих мероприятий. Всего формировалось 5 пакетов: пакет № 1 – наиболее «легкий» (только быстроокупаемые мероприятия); пакет № 5 – наиболее «тяжелый» (максимальная величина энергосбережения и большой срок окупаемости); остальные пакеты мероприятий находятся посередине между пакетами №№ 1 и 5 по величине энергосбережения и окупаемости.
2. Выделялись три пакета – минимальный, средний, максимальный (соответственно пакет А – минимальное энергосбережение, В – среднее, С – максимальное).

Все расчеты производились по стандартной форме в пакете Excel и акомвиде предоставлялись Заказчику. В ходе проводимой работы была сформирована достаточно большая база данных, позволяющая проводить разносторонний анализ состояния объектов с точки зрения энергоэффективности.

Результаты проведенного энергоаудита позволили выполнить:

- анализ состояния ограждающих конструкций;
- анализ структуры расхода теплоэнергии на отопление здания;
- анализ состояния отопительной системы.

Состояние ограждающих конструкций

а) Наружные стены

Наружные стены практически всех обследованных зданий находятся в хорошем и удовлетворительном состоянии. Однако сопротивление теплопередаче стен как старых, так и недавно построенных зданий не удовлетворяет современным требованиям (СНБ 2.04.01–97). Коэффициент теплопередачи стен варьировался в пределах $k = 1,0...1,3$ Вт/м²·°С, тогда как требуемое значение $k \leq 0,5$ Вт/м²·°С ($R_{т,норм} = 2,0...2,5$ м²·°С/Вт) в зависимости от типа стен. *Вывод:* необходимо наружное утепление стен с доведением R_t до требований СНИП. Кроме того, в местах расположения ниш для отопительных приборов необходимо дополнительное утепление.

б) Крыша

При обследовании большинства зданий с плоскими совмещенными кровлями отмечалось низкое качество такой кровли, течь крыши. При обследовании зданий со скатными крышами жалобы на течь поступали реже. Однако, коэффициент сопротивления теплопередаче и в том, и в другом случае не соответствовал требованиям СНБ 2.04.01–97 ($R_{т,норм} = 3,0$ м²·°С/Вт). *Вывод:* в случае плоской крыши без технического этажа рекомендовалось устройство скатной крыши с дополнительным утеплением; в случае плоской крыши с техническим этажом возможен качественный ремонт с дополнительным утеплением по чердаку; в случае скатной крыши – ремонт и дополнительное утепление по чердаку. Во всех случаях сопротивление теплопередаче крыши должно быть доведено до требований СНИП.

в) Окна

В большинстве случаев наблюдалась следующая ситуация: в более старых зданиях (до 1980 г.), в случае, если не производилась замена, состояние окон было плохое, окна плохо открываются-закрываются, большая инфильтрация наружного воздуха через неплотности. В относительно новых зданиях (после 1980 г.) окна либо в удовлетворительном, либо в плохом состоянии. Коэффициент теплопередачи окон варьировался в пределах $k = 3,5...4,0$ Вт/м²·°С, что соответствует коэффициенту сопротивления теплопередаче $R_t = 0,25... 0,30$ м²·°С/Вт. То есть и в том, и в другом случае, сопротивление теплопередаче не удовлетворяет требованиям СНИП ($R_{т,норм} \geq 0,6$ м²·°С/Вт). *Вывод:* в большинстве случаев рекомендовался ремонт окон с установкой деревянного стеклопакета в одну из рам; в случае очень плохого состояния – замена на новые окна (двухкамерные стеклопакеты ПВХ) с возможным уменьшением площади остекления.

Проведя анализ состояния ограждающих конструкций и определив

коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций, можно рассчитать теплотери через ограждающие конструкции и проанализировать их структуру.

Структура расхода теплоэнергии на отопление здания

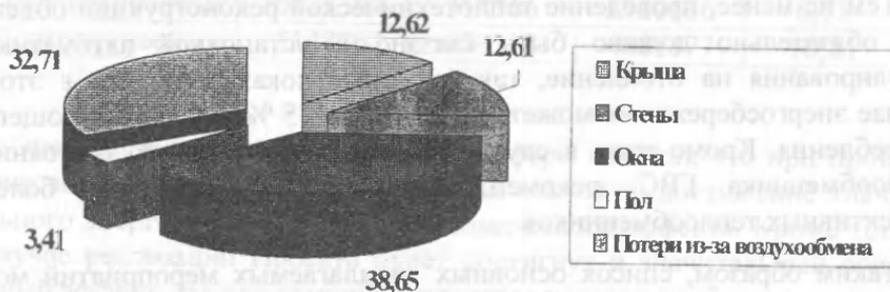
Структура расхода теплоэнергии на отопление (или структура потерь тепла через ограждающие конструкции) для большинства обследованных объектов примерно одинакова. Проанализируем структуру расхода тепла для одного из объектов – учебного корпуса ВПУ электротехники.

Структура расхода тепла приведена в табл. 1.

Таблица 1

| Направления потерь | Поверхность, м ² | Коэффициент теплопередачи, Вт/м ² ·°С | Потери, Вт/°С | % |
|----------------------------|-----------------------------|--|---------------|--------|
| Крыша | 721,00 | 1,20 | 865,20 | 12,62 |
| Стены | 720,00 | 1,20 | 864,00 | 12,61 |
| Окна | 662,20 | 4,00 | 2648,80 | 38,65 |
| Пол 1 этажа | 780,00 | 0,30 | 234,00 | 3,41 |
| Итого | | | 4612,00 | 67,29 |
| Потери из-за воздухообмена | | | 2242,16 | 32,71 |
| Суммарные потери | | | 6854,16 | 100,00 |

Рис. 1 Структура расхода теплоэнергии на отопление



Из диаграммы (рис. 1) видно, что наибольшие потери тепловой энергии связаны с окнами. Из-за плохого состояния окон и большого воздухообмена (из-за инфильтрации наружного воздуха через неплот-

ности) тепловые потери, связанные с окнами, составляют 71,36 % от суммарных потерь. Потери через крышу и наружные стены приблизительно одинаковы и составляют 12,62 и 12,61 % соответственно.

Таким образом, наиболее перспективна реконструкция окон с уплотнением и установкой стеклопакета в одну из рам (тройное остекление) либо установка стеклопакетов из ПВХ. Затем следует утепление крыши и наружное утепление стен.

Примерно такая же ситуация наблюдалась и на остальных объектах. Доля потерь через окна могла несколько изменяться, но, в целом, была наибольшей в структуре тепловых потерь.

Состояние отопительной системы

Фактическое потребление теплотенергии на отопление здания зависит также от КПД системы отопления, который, в свою очередь, зависит от состояния системы отопления (состояния изоляции трубопроводов, эффективности регулирования и др.).

Состояние отопительной системы на различных объектах резко отличалось. Были объекты как с хорошим состоянием оборудования теплоузла (теплообменник ГВС, трубопроводы, запорная арматура), так и с неудовлетворительным, причем состояние в большой степени зависело от возраста здания. Часто отмечались недостаточная изоляция или ее частичное отсутствие на трубопроводах отопления.

Практически на всех объектах установлены приборы учета тепловой энергии (счетчики на вводе в теплоузел).

Что касается автоматического регулирования теплоснабжения, то в подавляющем большинстве случаев автоматика регулирования стояла только на ГВС. Отсутствие автоматики на отопление объяснялось тем, что не выдерживается температурный график воды на вводе в теплоузел от теплосетей, поэтому установка автоматики не имеет смысла.

Тем не менее, проведение теплотехнической реконструкции объектов обязательно должно быть связано с установкой автоматики регулирования на отопление, так как опыт показывает, что в этом случае энергосбережение может составить до 15 % от существующего потребления. Кроме того, в случае неудовлетворительного состояния теплообменника ГВС, рекомендовалась установка новых, более эффективных теплообменников.

Таким образом, список основных предлагаемых мероприятий мог быть следующим:

1. Ремонт и утепление крыши (качественный ремонт плоской или двухскатной крыши + утепление по чердаку или техническому этажу);

2. Новая крыша (полная реконструкция крыши – замена плоской на двухскатную + утепление);
3. Новые окна (окна заменяются на новые, возможно, с уменьшением площади остекления);
4. Реконструкция окон (ремонт окон с установкой стеклопакета в одну из рам – тройное остекление);
5. Утепление стен;
6. Утепление ниш;
7. Регулирование теплопотребления + замена теплообменника (в случае, если теплообменник ГВС в плохом состоянии);
8. Замена котлов (в случае котельной);
9. Реконструкция системы освещения (с заменой светильников с лампами накаливания на светильники с люминесцентными лампами; замена старых светильников с люминесцентными лампами на новые, более эффективные с ЭПРА).

Для каждого мероприятия был просчитан энергетический и экономический эффект и сформированы пакеты мероприятий с выделением трех основных: минимального, среднего, максимального (соответственно пакет А – минимальное энергосбережение, В – среднее, С – максимальное).

В табл. 2 приведен суммарный (по объектам, обследованным ГГТУ) энергосберегающий и экономический эффект при проведении различных пакетов мероприятий по повышению энергоэффективности.

Таблица 2

Сводная результирующая таблица

| Итого при проведении мероприятий | Сбережение, кВт·ч | Сбережение, USD | Капиталовложения, USD | Срок окупаемости, лет |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Быстрокупаемых | 5335003 | 161798 | 485944 | 3,00 |
| Среднекупаемых | 10825309 | 314366 | 1920686 | 6,11 |
| Долгокупаемых | 15148762 | 433118 | 4681177 | 10,81 |

Выводы:

Энергоаудит объектов социальной сферы показал, что при проведении энергосберегающих мероприятий возможно достижение значительного энергосберегающего и экономического эффекта. Кроме того, в случае реализации Проекта будет достигнут и значительный социальный эффект, так как намного улучшатся условия пребывания людей в реконструированных зданиях. Реализация Проекта может быть первым и большим шагом в направлении повышения энергоэффективности объектов коммунально-бытового сектора и социальной сферы.