РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК
ГУП «МОСГИПРОНИСЕЛЬСТРОЙ»
АКАДЕМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ТЕПЛОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ, МЕТОДИЧЕСКИЕ И ПРОЕКТНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЯХ РОССИИ

Т о м 1. Концепция энергосбережения в школьных зданиях при их реконструкции

Москва 2001

gost.e-ecolog.ru

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ:

РААСН:

Научный руководитель работы, академик РААСН, д-р техн. наук профессор *С.Н. Булгаков*; Консультант по архитектуре, академик РААСН, засл. арх. России *В.С. Егерев*.

ГОСИНКОР

Научный консультант канд. техн. наук *Б.А. Фурманов*

ГУП «Мосгипронисельстрой»:

Засл. строитель РФ, канд. техн. наук *А.Г. Бейрит*; канд. техн. наук *В.А. Заренин*, канд. техн. наук *А.И. Мангушев*; арх. *В.И. Маслов*; засл. строитель РФ, канд. техн. наук *А.С. Мирошниченко*; арх. *Е.А. Тархова*; арх. *Л.Ф. Ульяхина*; засл. экономист РФ, канд. экон. наук В.В. Устименко.

Академический центр теплоэнергоэффективных технологий:

Академик РААСН, д-р техн. наук, профессор *С.А. Чистович*; член-корр. РААСН, д.т.н., проф. *В.К. Аверьянов*, *Н.Н. Алексеев*, *И.В. Дроздова*, *А.Г. Михайлов*, *О.А. Миткевич*, канд. техн. наук А.И. *Тютюнников*, д-р техн. наук *А.Б. Федоров*, *А.С. Шутов*.

Утвержден и введен в действие приказом Госстроя России

от 29 декабря 2000 г. № 309

Аннотация

Настоящие методические рекомендации по составу, порядку разработки, согласованию и утверждению документации на энергосберегающую реконструкцию школьных зданий (далее — рекомендации) являются документом, обобщающим многочисленные государственные нормативные документы, разработанные на основе действующего законодательства. Кроме того, проанализированы и использованы региональные нормы и рекомендации, в том числе Москвы и Московской области.

В рекомендациях рассматриваются следующие вопросы: права и обязанности заказчика (инвестора); состав и порядок подготовки исходно-разрешительной документации для разработки проекта реконструкции школьных зданий; проведение комплексного технического обследования конструкций и инженерных систем для постановки здания на реконструкцию; стадии проектирования, состав и содержание проектно-сметной документации; разработка проекта организации реконструкции; порядок разработки раздела теплозащиты и энергоэффективности; согласование и утверждение проектно-сметной документации; порядок передачи объекта под реконструкцию и эксплуатацию.

Текст разделов рекомендаций сопровождается вынесенными в приложениях обязательными и рекомендуемыми формами и таблицами для заполнения при комплексном техническом обследовании здания школы, при разработке предпроектной и проектной документации.

Рекомендации направлены на оказание практической помощи всем участникам инвестиционного процесса при разработке предпроектной и проектной документации для энергосберегающей реконструкции школьных зданий. Их применение позволит разрабатывать вышеуказанную документацию по единой методологии, представленной в томах 1—6, в одинаковых объеме и форме во всех регионах Российской Федерации с учетом их климатических и региональных особенностей.

Состав комплекта научно-технической, методической и проектной документации, разработанной в рамках реализации подпрограммы «Энергосбережение в школах России», утвержденного и введенного в действие Госстроем России.

Том 1 • Концепция энергосбережения в школьных зданиях при их реконструкции

Том 2 • Архитектурно-планировочные и энергосберегающие решения реконструируемых школьных зданий

Том 3 • Технические решения и проектная документация по модернизации систем отопления и теплоснабжения, вентиляции, электроснабжения школьных зданий

Том 4 • Технические решения и проектная документация по утеплению ограждающих конструкций реконструируемых школьных зданий

Том 5 • Методические рекомендации по экономической оценке энергосберегающих мероприятий

Том 6 • Методические рекомендации по энергосберегающему режиму эксплуатации школьных зданий

Том 7 • Методические рекомендации по составу, порядку разработки, согласованию и утверждению документации на энергосберегающую реконструкцию школьных зданий

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ... 3

1. Исходная ситуация ... 5

2. Цель и задачи работы ... 7

3. Основные направления энергосбережения в реконструируемых школах ... 8

3.1. Совершенствование архитектурно-планировочных решений ... 9

3.2. Утепление ограждающих конструкций ... 9

3.3. Модернизация инженерных систем и оборудования ... 11

3.3.1. Мероприятия при реконструкции систем отопления ... 12

3.3.2. Мероприятия при модернизации систем горячего и холодного водоснабжения ... 13

3.3.3. Мероприятия при модернизации систем вентиляции ... 13

3.3.4. Мероприятия при модернизации школьных котельных и теплоисточников ... 14

3.4. Организационно-технические меры ... 14

4. Выбор стратегии реконструкции и приоритетных энергосберегающих мероприятий ... 15

5. Научно-методические рекомендации по экономической оценке энергосберегающих мероприятий в школьных зданиях и определению сроков окупаемости затрат ... 16

5.1. Создание методических основ экономической оценки энергосберегающих мероприятий ... 17

5.2. Классификация энергосберегающих мероприятий, их ранжирование по степени эффективности и отбор наиболее экономичных мероприятий для школьных зданий ... 21

6. Результаты работы ... 22

7. Заключение ... 23

Приложение 1. Основные термины и определения ... 24

Введение

Рост мировых цен на энергоносители и стремление к экономному расходованию природных энергоносителей (нефти, газа, угля и пр.), запасы которых не безграничны, остро поставили задачу энергосбережения во всех сферах производства, в том числе и при эксплуатации зданий различного назначения, включая школы. В связи с этим были повышены требования к теплозащите ограждающих конструкций (стены, окна, покрытия и пр.) зданий и требования к созданию эффективных энергетических систем и оборудования, включая новые подходы к их созданию и режимам эксплуатации.

Вступая в XXI век, Россия имеет на своем балансе школьные здания на 25 миллионов мест. В основном это школьные здания, построенные до 1995 года, с использованием традиционных материалов, объемно-планировочных и конструктивных решений в соответствии с требованиями существовавших норм.

Для обеспечения требуемого микроклимата в помещениях школьных зданий государство вынуждено ежегодно расходовать на отопление зданий 2,5 миллиона тонн условного топлива или около 350 миллионов долларов, что составляет 1,75% годового бюджета в ценах 1999 года.

В настоящее время все школы по теплотехническим характеристикам наружных стен, окон, дверей, покрытий, перекрытий над подвалами, а также по инженерному оборудованию не соответствуют современным требованиям строительной теплотехники. Каждое такое здание представляет очаг непроизводительных выбросов тепла в атмосферу. По экспертным оценкам энергопотребление школьных зданий у нас превышает аналогичные показатели северных стран Европы в 3,5-4 раза. Причин этому множество, начиная от нерациональных , с позиций энергосбережения, как уже было сказано ранее, архитектурных, объемно-планировочных решений,

включая недостаточную толщину стен (здания построены по старым нормам строительной теплотехники), избыточные площади остекления, негерметичность заделки проемов, некачественные утеплители, а также их недостаточная толщина в кровельных покрытиях и цокольных перекрытиях, нерегулируемые системы отопления, вентиляции и электроосвещения, несоблюдение режима эксплуатации школьных зданий и др.

Дальнейшая эксплуатация школьных зданий в существующих решениях без их реконструкции приведет не только к двух - трехкратному перерасходу энергоресурсов, но и выбытию большей части этих зданий.

Задачей данной работы является разработка комплекса технических и организационных мероприятий, способствующих энергосбережению и продлению жизненного цикла эксплуатации школьных зданий, осуществляемых при их ремонте и реконструкции, а также разработка экономического механизма реализации этих мероприятий, состава, порядка согласования и утверждения проектно-сметной документации при их проведении.

При этом технические и технологические решения в основном ориентированы на использование отечественных технологий, материалов, изделий и приборов и на реализацию первоочередных малозатратных энергосберегающих мероприятий.

Основные термины, встречающиеся в данной работе (тома 1-6), и их определения приведены в Приложении1.

1. ИСХОДНАЯ СИТУАЦИЯ

Анализируя типовые проекты, по которым были построены школьные здания в последние 30 лет (до 1995 года) , следует отметить, что по объемно-планировочным решениям это, как правило, различные по конфигурации в плане строения П-, Г-, Н-образной форм и прямоугольные с внутренним двором, полученные путем объединения с помощью переходов и галерей нескольких прямоугольных корпусов. Ширина основных корпусов до 12 м, т.е. это, как правило, узкокорпусные здания с большой площадью наружного остекления. Особенно большие избыточные площади остекления имеются в переходах и соединительных галереях. Под зданиями в большинстве своем устроены подвалы или техподполья, где проложены основные коммуникации (тепловые, водопроводные и канализационные сети). Кровли, в основном, совмещенные плоские с внутренними водостоками. Гидроизоляционный ковер многослойный из рубероида на битумной мастике: утеплители, в основном, насыпные с низкими теплотехническими характеристиками. Объединенные корпуса имеют много входных дверей. Окна выполнены с двойным остеклением в деревянных спаренных или раздельных переплетах, качество столярки низкое.

По конструктивным решениям школы представляют собой здания с продольными и поперечными несущими стенами или каркасно-панельными системами. Наружные стены зданий выполнены из мелкоштучных изделий (кирпич, мелкие блоки), крупноразмерных однослойных блоков или панелей. В панельных зданиях поперечные несущие стены железобетонные, наружные - керамзито-бетонные или газобетонные. В крупноблочных зданиях стены выполнены из керамзитобетонных блоков. В каркасно-панельных зданиях несущий железобетонный каркас и навесные

керамзитобетонные панели. Перекрытия и покрытия выполнены из сборных железобетонных плит.

Школы, построенные до 60-х годов, как правило, с кирпичными стенами и наборными перекрытиями: по несущим деревянным или металлическим балкам. Крыши - скатные с вентилируемым чердачным пространством. На основании результатов обследований школ, выполненных ГУП «Мосгипронисельстрой» в различных районах Московской области (Павлово-Посадский, Ступинский, Талдомский, Луховицкий, Нарофоминский и др.), а также результатов обследований, выполненных другими организациями в различных регионах России, можно отметить общие недостатки, свойственные этим постройкам, влияющие на тепловой режим и микроклимат внутренних помещений школьных зданий России.

Сложные по конфигурации в плане здания трудно сориентировать с учетом инсоляции и розы ветров. Кроме того, из-за сложных рельефов площадок, на которые попадают такие здания при привязке, и ошибок при выполнении планировочных работ, устройстве отмосток, часто не обеспечивается равномерный отвод атмосферных вод от здания. В результате дождевые и талые воды попадают в подвальные помещения и скапливаются в них, этому способствуют и течи в трубопроводах из-за нерадивого отношения служб эксплуатации.

Высокая влажность в подвальных помещениях приводит к насыщению влагой конструкций цокольного этажа и, как следствие, к размораживанию кладки или защитного слоя бетона, интенсивной коррозии арматуры, отслаиванию защитного слоя и т. п. Из-за некачественной пароизоляции и утепления водяные пары, а также холодный воздух проникают через цокольные перекрытия в помещения первого этажа, нарушая их тепловой и влажностный режим. Несоблюдение режима

эксплуатации или неисправности в вентиляционных системах, низкая температура теплоносителя в сетях или перебои с топливом, участившиеся в последнее время во многих регионах России, низкое термическое сопротивление наружных ограждений (некачественная заделка стыков панелей и уплотнение окон, старая столярка, течи в кровле и многое другое) еще более дестабилизируют температурно-влажностный режим и как следствие — конденсат на окнах и стенах, вода на подоконниках, сырые углы, мокрые пятна на потолках и т.п.

В настоящее время все обследованные, а предположительно и другие школы по теплотехническим характеристикам наружных стен, окон, дверей, покрытий, перекрытий над подвалами, а также по эксплуатационным характеристикам инженерного оборудования не соответствуют действующим требованиям строительной теплотехники.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Главной целью данной работы является разработка комплекта научно-технических, методических и проектных рекомендаций по энергосбережению при эксплуатации школьных зданий.

Рекомендации предназначены для администраций различного уровня, у которых школьные здания находятся на балансе, и иных владельцев эксплуатируемых школ, а также для проектных организаций , разрабатывающих проектную документацию по реконструкции и ремонту школьных зданий.

Рекомендации позволят в реальных экономических условиях , после обязательного натурного обследования школьных зданий, осуществить выбор, предусмотреть в проекте и реализовать наиболее рациональный состав энергосберегающих мероприятий включающий:

- повышение теплозащиты наружных ограждений;

- улучшение архитектурно-планировочных решений школьных зданий;
- реконструкцию инженерных систем и модернизацию оборудования;
- модернизацию теплотрасс, котельных и тепловых пунктов;
- выбор эффективных режимов эксплуатации зданий, их энергетических систем и инженерного оборудования, обеспечивающих требуемый микроклимат помещений и проектную долговечность.

Вариантность возможных и предлагаемых решений позволит владельцам школьных зданий и проектировщикам осуществить выбор стратегии реконструкции и приоритетных энергосберегающих мероприятий с учетом финансового обеспечения и наличия отечественных технологий, материалов, изделий, оборудования и приборов , необходимых для реализации энергосберегающих мероприятий.

В рекомендациях по эксплуатации школьных зданий особое внимание обращено на соблюдение энергосберегающего регламента их обслуживания.

3. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ШКОЛАХ

Комплекс энергосберегающих мероприятий можно объединить в следующие главные направления:

- совершенствование архитектурно-планировочных решений;
- утепление ограждающих конструкций;
- модернизация инженерных систем и оборудования;
- организационно-технические меры.

3.1. Совершенствование архитектурно-планировочных решений

В составе комплекса энергосберегающих мероприятий при реконструкции школьных зданий приоритетное место занимают те из них, реализация которых позволяет одновременно улучшить архитектурно-эстетический облик и их планировочные решения.

К числу таких мероприятий относятся:

- создание архитектурно-выразительных фасадов при утеплении наружных стен и замене оконных заполнений;
- устройство мансардных этажей и скатных кровельных покрытий;
- устройство входных тамбуров;
- уменьшение площади световых проемов до нормативных значений, ликвидация излишнего остекления лестничных клеток, переходов, вестибюлей, рекреаций, спортивных залов, бытовых и хозяйственных помещений.

3.2. Утепление ограждающих конструкций

Данное направление связано с разработкой комплекса мероприятий, обеспечивающих выбор вариантов эффективных технических решений с повышенным уровнем теплозащиты ограждающих конструкций, учитывающих архитектурно-планировочные решения реконструируемых школьных зданий.

При этом решаются следующие задачи:

- отбор наиболее эффективных строительных материалов и видов утеплителей для разработки технических решений ограждений с повышенным уровнем теплозащиты при реконструкции;

- технические решения наружных стен с повышенным уровнем теплозащиты для всех климатических зон России и различных конструкций существующих стен в реконструируемых школах;
- конструктивные решения участков стен при сокращении площадей световых проемов;
- технические решения сопряжений новых окон с повышенным сопротивлением теплопередаче и наружных стен при реконструкции школьных зданий;
- технические решения покрытий или чердачных перекрытий с повышенным уровнем теплозащиты при реконструкции школ с устройством плоских бесчердачных покрытий, а также крыш со скатной кровлей и чердаком;
- технические решения перекрытия цокольного этажа с повышенным уровнем теплозащиты при реконструкции школ;
- санация стыков в ограждающих конструкциях и щелей в оконных проемах;
- устройство гидроизоляции подвалов;
- разработка таблиц и графиков подбора конструкций и толщины утеплителя для определения наиболее экономичного варианта наружного ограждения при реконструкции.

В общих потерях тепловой энергии потери ее через оконные проемы составляют 40-50%, а через наружные стены- до 20-30%. Более трети тепловой энергии теряется через вентиляционные системы. В системе технических мер по энергосбережению предусматривается дополнительное утепление и стен, и окон. При этом следует учитывать, что утепление окон обходится в 3 раза дешевле, чем утепление стен, а дает больший удельный эффект. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе приоритетов утепления наружных стен и заполнений оконных проемов.

В процессе проведения комплекса мероприятий по утеплению ограждающих конструкций возникает уникальная возможность без привлечения дополнительных, сверх требуемых на утепление средств создания привлекательного образа школы, который в устаревших типовых зданиях со стенами из кирпича, керамзитобетонных блоков, с железобетонным каркасом и навесными панелями зачастую непрезентабелен. В связи с этим, архитектурно-эстетические аспекты при решении данного направления будут учитываться параллельно с утеплением фасадов.

Вышеперечисленные мероприятия возможно проводить как в полном объеме, так и частично, в зависимости от финансирования.

3.3.Модернизация инженерных систем и оборудования

Данное направление охватывает комплекс мероприятий , связанных с реконструкцией инженерных систем и оборудования школьных зданий, а также автономных школьных котельных, теплопунктов, теплотрасс и др. При этом можно выделить основной комплекс инженерно-технических мероприятий , способствующих энергосбережению:

- оснащение контрольно-измерительными приборами технических систем, внедрение новых схемных решений и энергоэффективного оборудования;
- осуществление в процессе реконструкции, ремонтных работ, ежегодной подготовки помещений школы к зиме комплекса мероприятий, способствующих повышению их теплоизоляционных свойств и снижающих непроизводительные потери тепла с инфильтрацией;
- организация на основе современных систем учета и нормирования качественного энергонадзора за энергопотреблением;
- развитие новых экономических и правовых механизмов стимулирования энергосбережения;

- формирование информационно-образовательной системы повышения профессионального уровня в области энергосбережения специалистов, обслуживающих школьные здания, а также учителей и школьников.

При реконструкции существующих школьных зданий будут решаться проблемы, связанные с модернизацией систем отопления, горячего и холодного водоснабжения, вентиляции, а также (при соответствующих возможностях) теплопунктов, школьных котельных и теплоисточников.

3.3.1 Мероприятия при реконструкции систем отопления:

- установка приборов учета и регулирования;
- установка (при отсутствии пофасадного регулирования) групповых (на аудиторию) термостатов, с возможностью программного регулирования;
- внедрение позонных (пофасадных) систем с возможностью программного регулирования;
- тепловая изоляция трубопроводов нижней и верхней разводки;
- наладка (с помощью балансировочных клапанов или шайб) отопительных систем;
- химическая промывка существующих (сохраняемых при реконструкции) отопительных систем;
- замена изношенных отопительных приборов на малоинерционные конверторного типа;
- позонная установка отопительно-вентиляционных агрегатов с утилизацией тепла вытяжного воздуха;
- установка (при наличии плавательных бассейнов и душевых) для нужд СО и горячего водоснабжения тепловых насосов.

3.3.2.Мероприятия при модернизации систем горячего и холодного водоснабжения:

- установка приборов учета;
- очистка существующих трубопроводов от накипи;
- замена металлических трубопроводов на полимерные ;
- установка водосберегающих приборов и арматуры;
- создание локальных электроводоподогревательных установок с отключением от централизованной системы ГВ;
- дросселирование избыточных напоров воды;
- создание установок утилизации тепла условно чистых сбросных вод (из бассейнов, душевых и др);
- теплоизоляция трубопроводов горячего водоснабжения;
- внедрение АСУ ТП.

3.3.3.Мероприятия при модернизации систем вентиляции:

- максимальное развитие централизованных вентиляционных систем и оборудование их теплоутилизаторами ;
- создание утилизационных установок на воздуховодах естественной вентиляции;
- проектирование систем фронтальной вентиляции в расчетных объемах аудиторий за время перемен;
- установка автономных комбинированных систем кондиционирования воздуха и обогрева (сплит-системы и др);
- частотное регулирование производительности вентиляторов;
- разработка АСУ ТП.

3.3.4. Мероприятия при модернизации школьных котельных и теплоисточников:

- устройство (при высоких тарифах на тепло, большой протяженности тепловых сетей до школы, низком качестве изоляции теплопроводов) автономных котельных (подвальных , в пристройке, крышных, блочно-модульных и др.);
- оборудования котельной приборами учета энергоресурсов, топлива и воды;
- замена газовых горелок, автоматики безопасности и регулирования на более современные;
- установка в котельных экономайзеров (теплоутилизаторов);
- применение аппаратов обработки воды для предотвращения накипи (ультразвуковая, магнитная и др);
- переход (при твердом топливе)на котлоагрегаты с « кипящим слоем »;
- переход на электроотопление с использованием ночного тарифа;
- устройство котлоагрегатов длительного пиролизного горения на местных видах топлива (дрова, торф, опилки, щепа, мусор и др);
- внедрение АСУ ТП.

3.4.Организационно-технические меры

Данное направление охватывает решение следующих вопросов:

- организация учета и контроля электропотребления при ночном и дневном режимах работы;
- регулирование режимов работы отопительных систем в рабочие, субботние, воскресные дни, а также в период школьных каникул;
- регулирование режимов работы вентиляционных систем (автоматическое включение и отключение со школьным звонком, по показаниям соответствующих приборов контроля и т. п.).

4. ВЫБОР СТРАТЕГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ И ПРИОРИТЕТНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

В данном разделе к определяющим можно отнести следующие факторы:

- результаты натурных обследований состояния конструкций и инженерных систем здания;
- год строительства, техническое состояние здания;
- схемные решения и уровень автоматизации инженерных систем;
- условия и возможные объемы финансирования ремонтных и реконструктивных строительно-монтажных работ;
- дополнительные условия (льготные тарифы и налоги, кредитная поставка оборудования и материалов на безвозвратной основе, шефская помощь в выполнении строительно-монтажных работ и др.);
- профессиональный уровень эксплуатационного персонала и наличие в районе функционирования школ фирм по гарантированному обслуживанию технических и энергетических систем;
- планируемые сроки реконструкции (летний период, год и др.);
- виды топлива и источники теплоснабжения (централизованная система, локальная котельная и др.).

Все мероприятия ранжируются по принципу минимума финансовых, материальных и трудовых затрат при максимуме эффекта по энергосбережению.

По этому признаку на предпочтительное место выйдут организационные мероприятия.

5. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЯХ И ОПРЕДЕЛЕНИЮ СРОКОВ ОКУПАЕМОСТИ ЗАТРАТ

Одним из основных критериев эффективности реконструкции школьных зданий является их более низкое энергопотребление, позволяющее, в последующем, окупить затраты на выполненную модернизацию.

В зависимости от сроков окупаемости затрат на реализацию энергосберегающих мероприятий их можно подразделить на малозатратные, среднезатратные и мероприятия при коренной реконструкции школьных зданий (табл. 5.1—5.3).

Суммарная эффективность от нескольких внедренных энергосберегающих мероприятий не в полной мере и не всегда эквивалентна сумме их- раздельных эффектов. Допускается определять суммарный эффект сложением для практически не связанных систем (водоснабжение, электроснабжение, отопление и др.). В остальных случаях эффект определяется на стадии ТЭО специальным расчетом.

Малозатратные мероприятия, как правило, являются и быстроокупаемыми и наиболее эффективными. Однако только с их помощью нельзя достигнуть существенного сокращения энергетических затрат. Наибольший эффект достигается внедрением комплекса мероприятий, имеющих различные сроки окупаемости.

5.1 Создание методических основ экономической оценки энергосберегающих мероприятий

Таблица 5.1

Малозатратные энергосберегающие мероприятия

№ п.п.	Мероприятия	Эффект	Ориентировочный срок окупаемости
1	2	3	4
1	Диагностика, химическая промывка и наладка внутридомовых систем водоснабжения и отопления школьных зданий	Экономия тепла 15÷20%	2÷3 года
2	Диагностика, теплоизоляция разводящих трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения в подвалах и на чердаках зданий	Экономия тепла 5÷7%	0,5÷1 год
3	Наладка тепловых сетей , установка балансировочных вентилей или шайб в системах отопления и горячего теплоснабжения школьных зданий	Экономия тепла 3÷15%	2÷4 года
4	Установка приборов регулирования и учета тепловой энергии (термосчетчики, термостаты) в системах отопления, газоснабжения и водоснабжения школьных зданий, в т.ч. устройство пофасадных систем регулирования в системах отопления	Экономия тепла 10÷15%	0,5÷1год
5	Устройство автоматики программного регулирования тепловой нагрузки в школьных зданиях	Экономия тепла 25÷40%	3÷4,5 года
6	Установка водомеров в системах горячего и холодного водоснабжения	Сокращение водоразбора на 30÷40%	0,5÷1 год
7	Установка ресурсосберегающей водоразборной арматуры и оборудования (душевых сеток, водоразборных смесительных устройств, стабилизаторов давления, смывных бачков и др.)	Снижение расхода воды на 10÷15%	1÷3 года
8	Дооборудование отопительных котельных экономайзерами	Экономия тепла 7÷10%	2÷4 года
9	Дооборудование автономных и квартальных котельных экономичными газовыми горелками	Экономия топлива 3÷5%	3÷6 лет
10	Устройство входных тамбуров	Экономия тепла 2÷5%	
11	Создание индивидуальных автоматизированных тепловых пунктов управления теплогидравлическими режимами комплекса школьных зданий	Экономия тепла до 30%	
12	Уменьшение площади световых проемов	Экономия тепла 4÷8%	2÷7 лет
13	Замена существующих оконных переплетов на более герметичные	Экономия тепла 5÷10%	2÷7 лет
14	Реализация механизма необходимой заинтересованности в энергосбережении инженерно-технического и управленческого персонала школ: внедрение многоставочных тарифов; введение нормативов для школ по расходованию ресурсов; введение премиальной системы оплаты труда инженерно-техническому персоналу в зависимости от эффекта энергосбережения	Экономия тепла и ресурсов при эксплуатации на 10÷15%	

Таблица 5.2

Среднезатратные энергосберегающие мероприятия

№ п.п.	Мероприятия	Эффект	Ориентировочный срок окупаемости
1	2	3	4
1	Замена внешних теплопроводов на трубопроводы с повышенными теплогидроизоляционными качествами	Экономия тепла 3÷7%	6÷10 лет
2	Установка теплоутилизаторов в системах вентиляции и воздушного отопления школьных зданий	Экономия тепла 10÷20%	5÷8 лет
3	Дооснащение существующих общеобменных систем вентиляции зданий локальными фильтровентиляционными системами и местными установками кондиционирования воздуха	Экономия тепла 5÷15%	1,5÷6 лет
4	Оснащение котельных автоматизированными системами управления технологическими процессами, замена отопительных котлов и оборудования	Экономия ресурсов 15÷25%	2,5÷4,5года
5	Создание школьных диспетчерских систем учета и распределения тепла, воды, воздуха, электроэнергии, газа и др.	Экономия ресурсов 10÷15%	1,5÷8,5 лет
6	Устройство локальных (для части здания) систем теплоснабжения в реконструируемых помещениях (при дефиците тепла)	Экономия тепла 7%	3÷12 лет

Таблица 5.3

Мероприятия при коренной реконструкции школьных зданий

№ п.п.	Мероприятия	Эффект	Ориентировочный срок окупаемости
1	2	3	4
1	Устройство электродоводочных и аккумуляционных систем, использующих как правило сниженный ночной тариф; дооборудование ТП котлоагрегатами , теплонасосными установками и др.	Ресурсосбережение, экологический эффект	1÷4 года
2	Устройство двухтрубной системы отопления (СО) с установкой современных отопительных приборов и устройств регулирования при покомнатной горизонтальной разводке СО и установке термостатов	Экономия тепла 20%	3÷9 лет
3	Создание систем горячего водоснабжения с теплонасосными установками с использованием теплоты условно чистых вод и вытяжного воздуха в банях, бассейнах, душевых и др.	Экономия тепла 10÷40%	3÷7 лет
4	Устройство позонных школьных СО , оборудованных компьютерными системами учета теплопотребления и регулирования теплового режима. Устройство напольных и лучистых систем отопления в отдельных зонах школьных зданий	Экономия тепла до 30%	7÷14 лет
5	Устройство автономных или пиковых котельных в школьных комплексах	Ресурсосбережение, экологический эффект	1÷4 года
6	Использование электроотопительных доводчиков в комплексе с местными кондиционерами, тепловыми насосами и сплит-системами	Сокращение теплопотерь на 20÷25%	10÷20 лет
7	Утепление наружных стен	Сокращение теплопотерь на 40÷50%	5÷20 лет
8	Устройство чердаков	Сокращение теплопотерь на 4÷6%	3÷10 лет
9	Устройство позонных теплообменников и аккумуляторов горячей воды, установка ресурсосберегающей арматуры и приборов, утилизация тепла условно сбросных вод и вытяжного воздуха	Ресурсосбережение	4÷17 лет

Основным экономическим показателем каждого энергосберегающего мероприятия принимается срок окупаемости затрат, необходимых на его осуществление. В методике расчета сроки окупаемости затрат определяются в целом по реконструируемому школьному зданию и по

отдельным энергосберегающим мероприятиям, даются понятия каждого экономического показателя, необходимого для расчета срока окупаемости.

При реконструкции школьных зданий с целью энергосбережения окупаемость инвестиций характеризует период времени, в течение которого авансируемые затраты обеспечивают в соизмеримых размерах получение экономии по издержкам в сфере эксплуатации.

В число экономических показателей, для которых разрабатываются понятия и порядок их определения, входят: окупаемость инвестиций и срок окупаемости, капитальные вложения, экономия энергозатрат, издержки в сфере эксплуатации школьных зданий.

Предварительная проработка темы показывает, что имеется группа энергосберегающих мероприятий, непосредственно связанных с экономией энергии (например, установка регулирующей подачу тепла арматуры) и другая, более обширная группа, охватывающая работы по реконструкции , направленные на утепление стен школьных зданий, оконных и дверных проемов и др. Наличие этих двух групп с небольшими различиями предполагает неодинаковый подход к методике определения сроков окупаемости. По первой группе мероприятий достаточно исчислить экономию затрат на потребляемые энергоносители до и после проведения энергосберегающих работ. По второй группе такой подход не будет ошибочным, но при этом будет занижена получаемая экономия и, наоборот, завышены сроки окупаемости. Проведение мероприятий по утеплению строительных конструкций предполагает не только экономию энергозатрат , но и экономию расходов в будущем периоде на проведение очередного капитального ремонта строительных конструкций , на восстановление и поддержание должного качества конструкций, возможна также разовая экономия при проведении ежегодного текущего ремонта. В связи с этим предполагается рассмотреть и учесть при расчете сроков окупаемости не

только экономию энергоресурсов, но и экономию по перечисленным издержкам в сфере эксплуатации.

5.2 Классификация энергосберегающих мероприятий, их ранжирование по степени эффективности и отбор наиболее экономичных мероприятий для школьных зданий

По каждому из энергосберегающих мероприятий школьных зданий рассчитывается срок окупаемости затрат при реконструкции. Стоимость энергоносителя, строительных конструкций и оборудования принимается в расчетах по текущим ценам 2000 года. Стоимость строительно-монтажных работ по реконструкции школьных зданий принимается по действующим строительным нормам и правилам, с учетом коэффициентов их перевода в цены текущего периода. По каждому из энергосберегающих мероприятий для школьных зданий определяется потребность в инвестициях на осуществление реконструкции, затраты на потребляемые энергоресурсы до и после проведения энергосберегающих мероприятий, издержки в сфере эксплуатации, срок окупаемости затрат по данному мероприятию.

Конкретные мероприятия по энергосбережению в школьных зданиях сопровождаются методическими пояснениями по их использованию применительно к различным вариантам их применения в практике реконструкции школьных зданий.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Результатом выполненной работы является комплект научно-технической, методической и проектной документации:

- **альбом концепции энергосбережения в школьных зданиях при их реконструкции. Том 1**
- **альбом архитектурно-планировочных и энергосберегающих решений реконструируемых типовых школьных зданий с таблицами состава энергосберегающих мероприятий. Том 2**
- **альбом технических решений и проектной документации по модернизации систем отопления и теплоснабжения, вентиляции, электроснабжения школьных зданий. Том 3**
- **альбом технических решений и проектной документации по утеплению ограждающих конструкций реконструируемых школьных зданий. Том 4**
- **методические рекомендации по экономической оценке энергосберегающих мероприятий. Том 5**
- **методические рекомендации по энергосберегающему режиму эксплуатации школьных зданий. Том 6**
- **методические рекомендации по составу, порядку разработки, согласованию и утверждению документации на энергосберегающую реконструкцию школьных зданий. Том 7**

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По экспертным оценкам реализация предлагаемых энергосберегающих мероприятий должна обеспечить при эксплуатации школ снижение расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию на 43-45%, электроэнергии – не менее 20%, сокращение потребления энергоносителей в 2 раза и соответственно финансовых затрат на их приобретение, доставку и переработку.

Приложение 1

Основные термины и определения

Термин	Обозначение	Характеристика термина	Размерность единицы, величины
1	2	3	4
1. Общие положения			
1.1. Теплозащита зданий	—	Свойство совокупности ограждающих конструкций, образующих замкнутый объем внутреннего пространства здания, сопротивляться переносу теплоты между помещениями и наружной средой, а также между помещениями с различной температурой воздуха	—
1.2. Тепловой режим здания	—	Совокупность всех факторов и процессов, определяющих тепловой режим помещений здания	—
1.3. Теплопроводность	—	Свойство материала конструкции переносить теплоту под действием разности (градиента) температур на ее поверхностях	—
1.4. Конвективный теплообмен	—	Перенос теплоты с поверхности (на поверхность) ограждающей конструкции омывающим ее воздухом или жидкостью	—
1.5. Лучистый теплообмен	—	Перенос теплоты с поверхности (на поверхность) конструкции за счет электромагнитного излучения	—
1.6. Теплоотдача (тепловосприятие)	—	Перенос теплоты с поверхности конструкции в окружающую среду за счет конвективного и лучистого теплообмена	—
1.7. Теплопередача	—	Перенос теплоты через ограждающую конструкцию от взаимодействующей с ней среды с более высокой температурой к среде с другой стороны конструкции с более низкой температурой	—
1.8. Теплоусвоение поверхности конструкции	—	Свойство поверхности ограждающей конструкции поглощать или отдавать теплоту	—
1.9. Инфильтрация	—	Перемещение воздуха через материал и неплотности ограждающих конструкций вследствие ветрового и гравитационного напоров, формируемых разностью температур и давлений воздуха снаружи и внутри помещений	—
1.10. Тепловой поток	Q	Количество теплоты, проходящее через конструкцию или среду в единицу времени	Вт
1.11. Относительная влажность воздуха	φ	Отношение парциального давления водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного водяного пара при той же температуре	%
1.12. Теплоемкость	c	Количество теплоты, переданное массе материала при повышении его температуры на один градус Цельсия	кДж/°С

Продолжение прил. 1

1	2	3	4
1.13. Удельная теплоемкость	c_o	Отношение теплоемкости материала к его массе	кДж/(кг·°С)
1.14. Градусо-сутки	D_d	Показатель, равный произведению разности температуры внутреннего воздуха и средней температуры наружного воздуха за отопительный период на продолжительность отопительного периода	°С·сут
2. Материалы конструкции			
2.1. Коэффициент теплопроводности материала	λ	Величина, численно равная плотности теплового потока, проходящего в изометрических условиях через слой материала толщиной в 1 м при разности температур на его поверхностях один градус Цельсия	Вт/(м·°С)
2.2. Коэффициент теплоусвоения материала конструкции	S_m	Величина, численно равная квадратному корню из произведения круговой частоты колебания температуры, коэффициента теплопроводности и плотности	Вт/(м^2·°С)
2.3. Плотность материала	γ	Отношение массы материала к его объему	кг/м^3
2.4. Плотность сухого материала	γ_o	Отношение массы сухого материала к занимаемому им объему	кг/м^3
2.5. Плотность влажного материала	γ_w	Отношение массы материала, включая массу влаги в его порах, к занимаемому этим материалом объему	кг/м^3
2.6. Относительная массовая влажность материала	W	Отношение массы влаги к массе материала в сухом состоянии	—
2.7. Сорбционная влажность материала	W_s	Равновесная относительная влажность материала в воздушной среде с постоянной относительной влажностью и температурой	—
2.8. Коэффициент поглощения тепла солнечной радиации	β	Отношение теплового потока, поглощенного поверхностью материала, к падающему на нее потоку солнечной радиации	—
2.9. Коэффициент излучения поверхности	ε	Отношение величины теплового излучения единицей поверхности конструкции к величине теплового излучения единицей поверхности абсолютно черного тела при одинаковой температуре	—
2.10. Коэффициент паропроницаемости материала	μ	Величина, равная плотности стационарного потока водяного пара, проходящего в изотермических условиях через слой материала толщиной в один метр, в единицу времени при разности парциального давления в один Паскаль	мг/(м·ч·Па)

Продолжение прил. 1

1	2	3	4
3. Ограждающие конструкции здания			
3.1. Теплоустойчивость ограждающей конструкции	—	Свойство ограждающей конструкции, определяемое отношением амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности и амплитуды теплового потока при гармонических колебаниях	—
3.2. Воздухопроницаемость ограждающей конструкции	—	Свойство ограждающей конструкции пропускать воздух под действием разности давлений на наружной и внутренней поверхностях	—
3.3. Паропроницаемость ограждающей конструкции	—	Свойство материалов ограждающей конструкции пропускать влагу под действием разности парциальных давлений водяного пара на ее наружной и внутренней поверхностях	—
3.4. Коэффициент теплообмена (теплоусвоения или теплоотдачи)	α_{int} α_{ext}	Величина, численно равная тепловому потоку между поверхностью конструкции и окружающей средой, равная поверхностной плотности теплового потока при перепаде температур между поверхностью и окружающей средой в один градус Цельсия соответственно для внутренней и наружной поверхностей	Вт/(м^2·°С)
3.5. Сопротивление теплообмену (теплоотдаче или тепловосприятию)	R_{int} R_{ext}	Величина, обратная коэффициенту теплообмена	м^2·°С/Вт
3.6. Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции (трансмиссионный)	k^{tr}	Величина, численно равная поверхностной плотности теплового потока, проходящего через ограждающую конструкцию при разности внутренней и наружной температур воздуха в один градус Цельсия	Вт/(м^2·°С)
3.7. Термическое сопротивление слоя ограждающей конструкции	R	Величина, обратная поверхностной плотности теплового потока, проходящего через слой материала ограждающей конструкции при разности температур на его поверхностях в один градус Цельсия	м^2·°С/Вт
3.8. Термическое сопротивление ограждающей конструкции	R_k	Сумма термических сопротивлений всех слоев материалов ограждающей конструкции	м^2·°С/Вт
3.9. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции	R_o	Величина, обратная коэффициенту теплопередачи ограждающей конструкции	м^2·°С/Вт
3.10. Приведенный коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции	k^r	Средневзвешенный коэффициент теплопередачи теплотехнически неоднородной ограждающей конструкции	Вт/(м^2·°С)
3.11. Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	K_m^{tr}	Величина, численно равная среднему кондуктивному тепловому потоку, приходящемуся на единицу площади ограждающей оболочки здания при разности внутренней и наружной температур воздуха в один градус Цельсия	Вт/(м^2·°С)

Продолжение прил. 1

1	2	3	4
3.12. Приведенный (условный) инфильтрационный коэффициент теплопередачи	K_m^{inf}	Условный коэффициент теплопередачи (воздух—воздух) за счет переноса тепла воздухом, фильтрующимся через оболочку здания	Вт/(м^2·°С)
3.13. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции	R^r	Величина, обратная приведенному коэффициенту теплопередачи ограждающей конструкции	м^2·°С/Вт
3.14. Коэффициент теплоусвоения поверхности конструкции	Y	Отношение амплитуды гармонических колебаний поверхностной плотности теплового потока к амплитуде колебаний температуры этой поверхности	Вт/(м^2·°С)
3.15. Воздухопроницаемость ограждающей конструкции	G	Величина, численно равная массовому потоку воздуха через единицу площади поверхности ограждающей конструкции в единицу времени при постоянной разности давлений воздуха на ее поверхностях	кг/(м^2·ч)
3.16. Коэффициент воздухопроницаемости ограждающей конструкции	i	Воздухопроницаемость ограждающей конструкции, приходящаяся на один Паскаль разности давлений на ее поверхностях	кг/(м^2·ч·Па)
3.17. Сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции	R_a	Величина, обратная коэффициенту воздухопроницаемости ограждающей конструкции	м^2·ч·Па/кг
3.18. Сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции	R_{vr}	Величина, обратная потоку водяного пара, проходящего через единицу площади ограждающей конструкции в изотермических условиях в единицу времени при разности парциальных давлений внутреннего и наружного воздуха	м^2·ч·Па/кг
3.19. Общий коэффициент теплопередачи здания	K_m	Величина, равная сумме приведенного трансмиссионного и приведенного инфильтрационного коэффициента теплопередачи здания	Вт/(м^2·°С)
3.20. Тепловая инерция ограждающей конструкции	D	Величина, численно равная сумме произведений термических сопротивлений отдельных слоев ограждающей конструкции на коэффициенты теплоусвоения материала этих слоев	—
3.21. Коэффициент остекленности фасада здания	β	Отношение площади вертикального остекления к общей площади наружных стен	—
3.22. Коэффициент компактности здания	k_e^{des}	Отношение общей площади поверхности наружных ограждающих конструкций здания к заключенному в них отапливаемому объему здания	1/м

Продолжение прил. 1

1	2	3	4
4. Показатели эффективности			
4.1. Здание с эффективным использованием энергии		Здание и оборудование, использующее тепловую энергию для поддержания в здании нормируемых параметров, должны быть спроектированы и возведены таким образом, чтобы было обеспечено заданное энергосбережение, и чтобы здание и названное оборудование использовалось так, чтобы было обеспечено это энергосбережение	—
4.2. Потребность в тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода	Q_h^y	Количество теплоты за отопительный период, необходимое для поддержания в здании нормируемых параметров	кВт·ч
4.3. Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода	q_h^{des}	Количество теплоты за отопительный период, необходимое для поддержания в здании нормируемых параметров, отнесенное к единице общей отапливаемой площади здания	кВт·ч/м^2
4.4. Требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	q_h^{req}	Нормируемое значение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода	кВт·ч/м^2

Формат 60×84 1/8. Тираж 400 экз. Заказ № 350.

Государственное унитарное предприятие —
Центр проектной продукции в строительстве (ГУП ЦПП)
127238, Москва, Дмитровское ш., 46, корп. 2.

Тел/факс: (095) 482-42-65 — приемная.
Тел.: (095) 482-42-94 — отдел заказов;
(095) 482-41-12 — проектный отдел;
(095) 482-42-97 — проектный кабинет.

gost.e-ecolog.ru