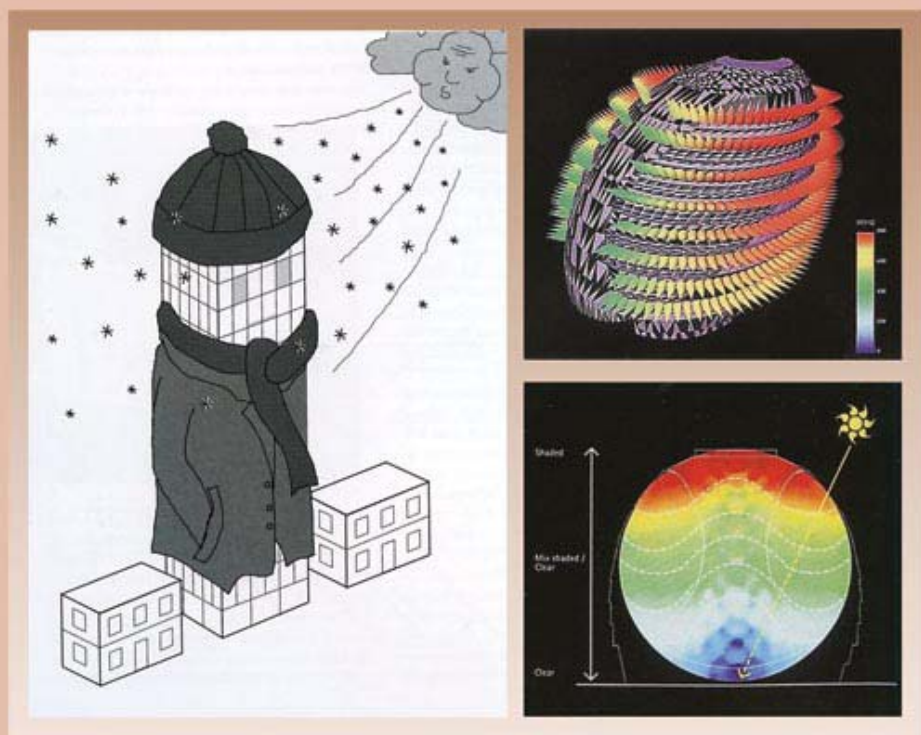


В.С. Беляев Ю.Г. Граник Ю.А. Матросов

# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ТЕПЛОЗАЩИТА ЗДАНИЙ



В.С. Беляев, Ю.Г. Граник, Ю.А. Матросов

# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ТЕПЛОЗАЩИТА ЗДАНИЙ

*Рекомендовано Государственным образовательным учреждением  
высшего профессионального образования «Московский государственный  
строительный университет» в качестве учебного пособия  
для студентов ВПО, обучающихся по направлению  
270100 – «Строительство» по специальности  
270102 – «Промышленное и гражданское  
строительство»*



Издательство АСВ  
Москва  
2012

### Рецензенты:

заведующий кафедрой Архитектуры МГСУ, профессор *А.К. Соловьев*; кандидат архитектуры, доцент кафедры Архитектуры МГАКХиС *В.А. Банников*; заведующий лабораторией технического обследования зданий ОАО «ЦНИИЭП жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища)», кандидат технических наук *Ю.В. Барков*.

**Беляев В.С., Граник Ю.Г., Матросов Ю.А.**

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ТЕПЛОЗАЩИТА ЗДАНИЙ.** Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 400 с.

**ISBN 978-5-93093-838-8**

Рассмотрены аспекты энергоэффективности и тепловой защиты гражданских зданий, а также здания с эффективным использованием тепловой энергии, представлены современные методы теплотехнических расчетов, теплоэффективные ограждающие конструкции, нетрадиционные средства экономии тепловой энергии, методы улучшения теплового и воздушного режимов помещений.

Даны технические решения систем воздушно-лучистого отопления, утилизации тепла уходящего воздуха, наружных стен, совмещенных с вентиляционными устройствами, гелиоустановок, тепловых насосов, ветряных двигателей.

Рассмотрены особенности проектирования энергоэкономичных новых и эксплуатируемых жилых зданий, включая архитектурные и объемно-планировочные решения.

Отдельная глава посвящена учету влияния воздухообмена на тепловой и воздушный режимы здания.

Приведены новые данные по методам теплотехнических расчетов в соответствии с современными нормативными требованиями, в том числе примеры расчетов влажностного режима наружных стен с вентилируемым воздушным зазором.

Использование учебного пособия позволит правильно и более оперативно выбрать техническое решение, имеющее высокую степень энергоэффективности и теплозащиты.

Книга предназначена для широкого круга специалистов-инженеров, занимающихся вопросами проектирования зданий, а также преподавателей, аспирантов и студентов вузов строительного профиля.

Общее научное редактирование выполнено *В.С. Беляевым*.

**ISBN 978-5-93093-838-8**

© Издательство АСВ, 2012

© Беляев В.С., Граник Ю.Г.,  
Матросов Ю.А., 2012

## Оглавление

<b>Предисловие .....</b>	<b>6</b>
<b>Введение .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Основные положения.....</b>	<b>17</b>
1.1. Энергоэффективность, нормативные требования .....	17
1.2. Теплопотери гражданских зданий.....	40
1.3. Расчетные параметры воздуха .....	43
1.4. Региональные особенности проектирования жилых зданий .....	52
1.5. Оценка энергопотребления зданий в целом .....	53
<b>2. Архитектурно-конструктивные решения     энергоэкономичных зданий .....</b>	<b>62</b>
2.1. Объемно-планировочные решения .....	62
2.2. Стены .....	66
2.2.1. Наружные стены зданий высотой до 75 м .....	66
2.2.2. Наружные стены высотных зданий .....	91
2.3. Светопрозрачные конструкции .....	97
2.3.1. Светопрозрачные фасадные конструкции .....	97
2.3.2. Окна .....	100
2.4. Наружные ограждения, утилизирующие тепло (НОУТ).....	133
2.5. Крыши .....	147
2.6. Повышение тепловой эффективности зданий при ремонте и реконструкции .....	152
<b>3. Вторичные энергоресурсы .....</b>	<b>172</b>
3.1. Использование тепла уходящего воздуха.....	172
3.2. Использование солнечной энергии .....	180
3.3. Тепловые насосы.....	194
3.4. Использование энергии ветра .....	210
3.5. Управление системами отопления и вентиляции .....	218
<b>4. Воздушный режим зданий.....</b>	<b>223</b>
4.1. Воздухообмен зданий и экология .....	223
4.2. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций.....	237

4.3. Влияние фильтрации воздуха на теплозащиту зданий .....	245
<b>5. Энергетический и теплотехнический контроль зданий ..</b>	<b>256</b>
5.1. Энергетический контроль зданий .....	256
5.2. Контроль качества теплозащиты зданий.....	257
5.3. Тепловизионный контроль качества теплозащиты зданий .....	263
5.4. Контроль воздухопроницаемости ограждающих конструкций .....	265
<b>6. Теплозащита и энергоэффективность .....</b>	<b>270</b>
6.1. Расчет энергоэффективности в соответствии с неактуализированным СНиП 23-02 .....	270
6.1.1. Выбор уровня теплозащиты .....	270
6.1.2. Эффективность систем теплоснабжения.....	273
6.1.3. Тепловой баланс здания .....	276
6.1.4. Выбор отдельных элементов .....	287
6.1.5. Расчет площадей и объемов.....	287
6.1.6. Энергетический паспорт здания.....	289
6.1.7. Оценка соответствия теплозащиты здания нормативным требованиям.....	292
6.2. Расчет энергоэффективности зданий в соответствии с актуализированным СНиП 23-02 (СП 50.13330-2010).....	292
6.2.1. Методика расчета теплозащитной характеристики зданий .....	292
6.2.2. Проектирование наружных ограждающих конструкций на основе требований по теплозащите зданий в целом .....	293
<b>7. Новые здания с повышенной энергетической эффективностью.....</b>	<b>296</b>
<b>8. Примеры расчетов .....</b>	<b>309</b>
8.1. Энергетический паспорт.....	309
8.2. Расчет влажностного режима вентилируемых навесных фасадных систем .....	328

8.3. Расчет температуры вентилируемых фасадных систем .....	341
8.4. Расчет температур глухих участков стен за остеклением.....	345
8.5. Расчет теплого чердака .....	348
8.6. Расчет теплого техподполья .....	352
8.7. Расчет открытого чердака.....	358
8.8. Расчет энергоэффективности многоэтажного здания .....	364
8.8.1. Общая характеристика здания.....	364
8.8.2. Основные объемно-планировочные показатели ....	365
8.8.3. Наружные ограждающие конструкции .....	365
8.8.4. Теплотехнический расчет перекрытий техподполья.....	366
8.8.5. Теплотехнический расчет теплого чердака .....	368
8.8.6. Окна, балконные и входные двери.....	373
8.8.7. Сопротивление воздухопроницанию .....	374
8.8.8. Определение расчетного температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности отражающих конструкций.....	376
8.8.9. Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период .....	377
8.9. Расчет энергоэффективности здания в соответствии с актуализированным СНиП 23-02 .....	387
<b>Литература .....</b>	<b>394</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Политика государства в настоящее время направлена на повышение энергетической эффективности российской экономики, включая строительный комплекс и ЖКХ. Известно, около 40% всего добываемого в нашей стране топлива расходуется на теплоснабжение зданий, и в первую очередь жилых зданий. Поэтому Президентом РФ поставлена задача существенно сократить это энергопотребление и тем самым повысить на 40% энергетическую эффективность российской экономики. Необходимо отметить непрерывный рост стоимости невозобновляемой первичной энергии (топлива), так как растет себестоимость ее добычи, транспортировки и преобразования, а также постепенного истощения запасов первичной энергии. При этом стоимость сэкономленной энергии на порядок дешевле вновь добываемой.

С потреблением невозобновляемой энергии происходит выброс двуокиси углерода в атмосферу, которая, по мнению многих ученых, приводит к глобальному изменению климата. Поэтому энергосбережение и повышение энергоэффективности также направлены на борьбу с этим явлением.

ЦНИЭП жилища имеет успешный опыт работы в области энергосбережения в РФ за последние 10 лет. В сотрудничестве с рядом других организаций (НИИСФ, АВОК) были разработаны прогрессивные федеральные нормы по энергосбережению в зданиях – СНИП 23-02 «Тепловая защита зданий», по которым было построено и реконструировано за период с 2002 по 2008 г. свыше 360 млн кв. м жилья, или 12% от всего фонда жилых зданий РФ. За счет повышения энергоэффективности к концу 2010 г. получено суммарное энергосбережение 50 млн т у.т., что также означает суммарное снижение выбросов CO<sub>2</sub> на 106 млн т.

Основные позиции СНИП 23-02 нашли отражение в ФЗ № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности»: установление требований по энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, по методу нормирования удельного расхода энергии, по классификации многоквартирных домов по энергетической эффективности, по требованиям к энергетическому паспорту здания, по энергетическим обследованиям (энергоаудиту).

Согласно Техническому регламенту № 384-ФЗ «О безопасности зданий и сооружений» (Ст. 42 ч. 2), принятому Государственной Думой в конце 2009 г., СНИПы становятся с 2010 г. опять легитимными наравне со сводами правил – «...строительные нормы и пра-

вила, утвержденные до дня вступления в силу настоящего Федерального закона, признаются сводами правил», однако со статусом добровольным к применению. Под добровольностью понимается возможность выбора более жестких норм, чем указанные СНиПах. До 1 июля 2012 г. необходимо осуществить актуализацию СНиПов, признаваемых в соответствии с ТР № 384-ФЗ сводами правил, и превратить их в базовые или минимально необходимые, как это и принято в европейских странах.

Проблема энергосбережения и повышения энергетической эффективности должна решаться комплексно путем применения эффективных теплоизоляционных материалов, энергоэкономичных наружных ограждающих конструкций, энергоэффективных объемно-планировочных решений, использования энергетически эффективных систем отопления и вентиляции, а также вторичных энергоресурсов, в том числе энергии солнца, утилизации уходящего тепла и т.п.

Энергоэффективность проектных решений как в нашей стране, так и зарубежом оценивается по степени их соответствия нормативным удельным показателям расхода тепла на единицу площади или объема жилых и общественных зданий.

В условиях внедрения положений новых нормативных документов важно понимать принцип нормирования тепловых потерь зданий, уметь разбираться в физических понятиях их основных теплотехнических параметров. Не менее важно выполнять инженерный анализ теплового и воздушного режима зданий при разных климатических условиях.

В книге рассматриваются вопросы рационального использования и сохранения энергии в жилых и общественных зданиях, а также показаны пути повышения энергоэффективности новых и реконструируемых зданий в ближайшее десятилетие в соответствии с ФЗ № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».

Представлены современные методы теплотехнических расчетов, теплоэффективные ограждающие конструкции, нетрадиционные средства экономии тепловой энергии, методы улучшения теплового и воздушного режимов помещений.

На основе анализа отечественного и зарубежного опыта проектирования и строительства приводятся рекомендации по проектированию наружных ограждений, вентиляционных систем, использующих вторичные энергоресурсы. Приводятся технические решения наружных стен ограждений, контролирующих и регулирующих



автоматических устройств для систем инженерного обеспечения зданий. Уделяется внимание методам тепловых расчетов рассматриваемых систем.

Рассматриваются вопросы микроклимата и санитарно-гигиенические условия в гражданских зданиях. Приводятся результаты отечественных и зарубежных исследований таких зданий и их конструкций, направленные на улучшение комфорта помещений.

*Введение, гл. 1, 6, 7, 8 написаны совместно к.т.н. В.С. Беляевым и Ю.А. Матросовым; гл. 2 (за исключением §2.4, §2.6) совместно д.т.н. Ю.Г. Граником и к.т.н. В.С. Беляевым; гл. 3, 4, §2.4, 2.6 – к.т.н. Беляевым В.С..*

*Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры «Отопление и вентиляция» МГСУ, а также профессору, зав. кафедрой архитектуры МГСУ А.К. Соловьеву за ценные замечания, сделанные при редактировании книги.*

## Введение

По данным топливно-энергетического баланса 2007 г., общее потребление первичной энергии в РФ составило 955 млн т у.т. Расход энергии жилищно-коммунальным хозяйством страны в год – 146 млн т у.т., а с учетом сферы услуг, комбыта и строительства – 223 млн т у.т. При этом расходы тепла на отопление жилых домов с каждым годом все больше увеличиваются за счет вводимых в эксплуатацию зданий, а невозстанавливаемые запасы природного топлива истощаются.

В большинстве стран мира разработаны национальные энергетические программы и созданы специальные органы для активного проведения их в жизнь.

Энергетическая политика России определяется разработанным в 1995 г. документом «Основные направления энергетической политики Российской Федерации на период до 2010 г.», утвержденным указом Президента РФ от 7 мая 1995 г. № 472, где в качестве одной из основных задач предложено осуществлять «реализацию потенциала энергосбережения за счет создания и внедрения высокоэффективного топливо- и энергопотребляющего оборудования, теплоизоляционных материалов и строительных конструкций».

Государственное регулирование энергоэффективности является одним из важнейших приоритетов высшего руководства развитых стран. В мире происходит непрерывный рост цен на энергоносители. Так, например, если в период разработки в России энергосберегающих норм 10 лет назад один баррель нефти стоил 7–8 долл. США, то в 2009 г. – около 70 долл., т.е. в 10 раз дороже. Поэтому российский сценарий Энергетической стратегии на период до 2030 г. направлен на реализацию значительного потенциала энергосбережения и энергоэффективности, а также на защиту малообеспеченных слоев населения от роста стоимости энергии. Политическая поддержка энергосбережения и энергоэффективности решает две важнейшие задачи – повышает энергетическую безопасность страны за счет значительной экономии энергии и дает возможность своевременно подготовить страну к возможным последствиям изменения климата. В докладе Международного энергетического агентства «Рекомендации по вопросам политики энергоэффективности» 2009 г. отмечается, что повышение энергоэффективности в экономиках 14 развитых стран с 1990 г. позволило сократить в 2004 г. энергопотребление на 14% по сравнению с уровнем энергопотребления, который был бы без повышения энергоэффективности. В этом же документе констатируется, что «по-

вышение энергоэффективности в новых зданиях является особенно целесообразным и должно занимать центральное место в политических мерах по повышению энергоэффективности в строительстве. Усилия по повышению энергоэффективности новых зданий должны предприниматься на соответствующем правительственном уровне посредством введения стандартов энергоэффективности в строительных нормах, которые устанавливают минимальные требования энергоэффективности для всех новых зданий. ...Правительства, имеющие в настоящее время обязательные стандарты энергоэффективности для новых зданий, должны значительно ужесточить эти стандарты».

В последние два года энергосбережение и повышение энергоэффективности стали одними из основных направлений политики государства в России. Президентом РФ в 2009 г. было объявлено пять ключевых направлений развития российской экономики, среди которых на втором месте стоят энергоэффективность и энергосбережение. Понимая важность энергосбережения и повышения энергетической эффективности, Президент РФ подписал Указ № 889 от 4 июня 2008 г. «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики», где поставил задачу снижения к 2020 г. энергоемкости валового внутреннего продукта (ВВП) РФ не менее чем на 40% по сравнению с 2007 г., в том числе принять меры по техническому регулированию, направленные на повышение энергетической и экологической эффективности таких отраслей экономики, как электроэнергетика, строительство, жилищно-коммунальное хозяйство, транспорт. Снижение до 40% энергоемкости ВВП возможно как за счет структурной перестройки экономики (19,1%), так и за счет повышения ее энергоэффективности (20,9%). Повышение энергоэффективности также тесно связано и с экологией. При достижении поставленной Президентом РФ цели снижения энергоемкости ВВП на 40% к 2020 г. выбросы углекислого газа России могут снизиться на 44%.

Во исполнение указа Президента РФ Министерство экономического развития РФ в 2009 г. разработало проект федерального закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», который был доработан ГД и принят в ноябре 2009 г. в третьем окончательном чтении. После подписания Президентом РФ он получил номер 261-ФЗ. Прежний Закон «Об энергосбережении», принятый в 1996 г., был отменен. Новый закон также вносит ряд изменений в отдельные законодательные акты РФ, в том числе в ФЗ «О техническом регулировании» и Градостроительный кодекс РФ.

Энергосбережению и повышению энергоэффективности в строительном комплексе и ЖКХ в этом законе посвящен целый ряд статей. В их числе:

– введение требований по энергоэффективности новых зданий, строений, сооружений с запретом на ввод их в эксплуатацию без соответствия установленным требованиям; требования по энергетической эффективности должны включать показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, ... и требования к архитектурным, конструктивным и инженерно-техническим решениям (ст. 11 ч. 2);

– каждые пять лет показатели энергоэффективности подлежат пересмотру в целях повышения энергетической эффективности зданий (ст. 11 ч. 4);

– введение энергетического паспорта здания с его заполнением по проектным данным и по данным энергетического обследования; энергетический паспорт ...должен содержать информацию об объемах используемых энергетических ресурсов, о показателях энергоэффективности, о потенциале энергосбережения и перечне мероприятий по энергосбережению (ст. 15);

– введение классов энергоэффективности зданий с обязательным информированием о классе энергоэффективности, например, вывешивание маркировки класса энергоэффективности на фасаде многоквартирного дома и поддержание ее в исправном состоянии; класс энергетической эффективности многоквартирного дома определяется органом государственного строительного надзора (ст. 12 ч. 1 и ч. 2);

– оснащении многоквартирных домов, зданий, строений, сооружений (как существующих, так и вводимых в эксплуатацию после строительства, реконструкции и капитального ремонта) приборами учета энергоресурсов с установлением сроков их введения, исполнителей и ответственности (ст. 11 ч. 6);

– проверка соответствия вводимых в эксплуатацию зданий требованиям по энергетической эффективности и оснащенности приборами учета и проектной документации осуществляется органами государственного строительного надзора (ст. 11 ч. 8);

– собственники зданий ... обязаны обеспечить соответствие установленным требованиям по энергетической эффективности и по оснащению приборами учета (ст. 11 ч. 9), ... вправе требовать от застройщика безвозмездного устранения выявленных несоответствий либо возмещения произведенных ими расходов по их устранению (ст. 11 ч. 10);

– введение требований по обязательному и добровольному энергетическому обследованию зданий, строений, сооружений и организаций (ст. 15), причем обязательному обследованию подлежат организации государственной и муниципальной собственности; за бюджетной организацией сохраняются средства, сэкономленные благодаря проведению мероприятий по энергосбережению (ст. 16);

– основными целями энергетических обследований являются получение объективных данных о величинах ...потребляемых энергетических ресурсов, определение показателей энергетической эффективности, определение потенциала энергосбережения, разработка мероприятий по повышению энергетической эффективности (ст. 15 ч. 2);

– создание системы государственного информационного обеспечения в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, распространение рекламы, пропагандирующей правильное потребление энергоресурсов (ст. 9).

Законом повышена ответственность субъектов РФ за мероприятия по энергосбережению (ст. 14). В том числе:

– в составе показателей оценки эффективности деятельности исполнительной власти субъектов РФ должны быть утверждены показатели энергосбережения и повышения энергоэффективности;

– региональные, муниципальные программы в области энергосбережения и повышения энергоэффективности должны содержать: значения целевых показателей, перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности и источники финансирования;

– значения целевых показателей энергосбережения и повышения энергоэффективности должны отражать: изменения в фонде ЖКХ и коммунальной инфраструктуре, оснащенности приборами учета, увеличение количества случаев объектов, имеющих высокий класс энергетической эффективности, и объектов, использующих вторичные или возобновляемые энергетические ресурсы.

В этой же статье (ст. 14 ч. 8) указано, что «решение о строительстве объекта по производству тепловой энергии может быть принято только при условии обоснования невозможности или экономической нецелесообразности удовлетворения потребности в тепловой энергии за счет мероприятий по энергосбережению. Выбор между реконструкцией объекта по производству тепловой энергии и нового объекта должен выполняться таким образом, чтобы минимизировать совокупные затраты».

Статья 10 посвящена повышению энергоэффективности энергопотребляющих приборов и искусственного освещения. «Производимые на территории РФ и импортируемые для оборота в РФ товары ...должны содержать информацию о классе их энергетической эффективности в технической документации, прилагаемой к этим товарам, в их маркировке, на их этикетках. Указанное требование распространяется на товары из числа: 1) бытовых энергопотребляющих устройств с 1 января 2011 года; 2) компьютеров, других компьютерных электронных устройств и организационной техники с 1 января 2012 года; 3) иных товаров с даты, установленной Правительством РФ» (ст. 14 ч. 1). «С 1 января 2011 года к обороту на территории РФ не допускаются электрические лампы накаливания мощностью 100 ватт и более, которые могут быть использованы в цепях переменного тока в целях освещения» (ст. 10 ч. 8). Необходимо отметить, что энергопотребляющие приборы и искусственное освещение в той или иной степени преобразуют затрачиваемую ими электрическую энергию в тепловую (так называемые бытовые тепловыделения), которая учитывается в тепловом балансе зданий и сооружений.

В комплексе нормативных правовых законодательных актов Правительства устанавливаются обязательные требования к энергетической эффективности, включая требования к зданиям и сооружениям и меры повышения энергоэффективности в новом жилом фонде.

Требования по энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений, устанавливаемые Министерством регионального развития Российской Федерации, включают:

1) нормируемые показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении, в том числе:

показатели, отражающие удельный расход тепловой энергии, используемой на отопление здания, строения, сооружения за отопительный период (на 1 кв. м площади или на 1 куб. м объема);

показатели, отражающие удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение;

показатели, отражающие удельный расход электрической энергии на электроснабжение здания, строения, сооружения (в многоквартирных домах, включая общедомовые нужды (освещение помещений общего пользования, обеспечение работы лифтов и проч.));

показатели, отражающие удельный расход газа, воды, затрачиваемых на газоснабжение и водоснабжение здания, строения, сооружения;

2) требования к влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям;

3) требования к отдельным элементам и конструкциям, зданий, строений, сооружений и к их свойствам, к используемым в зданиях, строениях, сооружениях устройствам и технологиям, а также требования к применяемым при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте зданий, строений, сооружений технологиям и материалам, обеспечивающие экологическую безопасность и позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта, так и в процессе эксплуатации.

Обеспечение энергосберегающих факторов в существующих и проектируемых жилых зданиях России – одна из главных задач в настоящее время. Обеспечение комфортности, требуемых санитарно-гигиенических параметров должны также учитываться при формировании политики в области жилищного строительства.

Современное жилое здание является энергетической системой, взаимодействующей с окружающей средой и зависящей от физической сущности процессов, происходящих во всех ее элементах. В свою очередь, эти процессы связаны между собой и внешними климатическими воздействиями, определенными зависимостями.

Совокупность процессов, характеризующих уровень комфортности помещений, обусловленной конструктивными, объемно-планировочными и другими факторами, формирует тепловой и воздушный режим помещений. Как правило, именно качество этих режимов должно служить критерием для оценки эффективности и качества жилища. В действительности в настоящее время качество теплового и воздушного режима не всегда соблюдается, люди живут в условиях либо «кислородного голодания» и духоты, либо в условиях сквозняков и холода в результате недотопа помещений.

Поскольку охлаждение помещений в холодный период года происходит также через щели и неплотности в окнах, стремление к повышению теплозащитных качеств ограждений связано с уменьшением воздухопроницаемости окон за счет применения герметизирующих прокладок. Это, с одной стороны, снижает теплопотери, с другой – понижает количество свежего воздуха, поступающего в помещение, – оно значительно ниже требуемого. Увеличение воздухопроницаемости окон дало бы возможность увеличить воздухообмен, однако это вызвало бы переохладение помещения, перерасход теп-

ла и т.п., что в действительности и имеет место в нижних этажах многоэтажных зданий.

В настоящее время при проектировании оконных заполнений жилых зданий имеется тенденция к уменьшению размеров форточек и клапанов, служащих для проветривания помещений. С уменьшением же размеров вентиляционных отверстий при сохранении их количества дутье от вентиляционных отверстий усиливается. Проветривание через форточки, узкие остекленные створки окон в холодный период года создает относительное улучшение качества воздуха помещений лишь на период их открывания. Этот способ проветривания ведет к переохлаждению помещений, перерасходу тепла, простудным заболеваниям.

Достигнуть стабильного поступления наружного воздуха во все помещения многоэтажного здания можно при механической вытяжной вентиляции и регулируемом притоке, воздушном отоплении и кондиционировании помещений.

Наряду с отдельными преимуществами упомянутые системы вентиляции имеют существенные недостатки. Качество воздушного режима помещений при воздушном отоплении и кондиционировании резко ухудшается в связи с уменьшением необходимых человеку отрицательно заряженных ионов в воздухе, поступающем в помещение.

Преимущества воздушного отопления и кондиционирования помещений перед естественной вентиляцией в улучшении воздушного режима помещений будут заметны, если не касаться повышения эксплуатационных и строительных затрат. Тем более это преимущество сходит на нет, если говорить о составе воздуха, проходящего через упомянутые механические системы.

Как известно, экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) не должна приводить к ухудшению комфорта проживания, а наоборот – способствовать улучшению санитарно-гигиенических условий в жилых зданиях. Этот эффект может быть достигнут за счет комплексного подхода: совершенствования объемно-планировочных решений, улучшения теплозащитных качеств ограждающих конструкций, систем инженерного обеспечения зданий и совершенствования методов теплотехнических расчетов\* в части учета конкретных условий эксплуатации зданий.

Энергосбережение в зданиях при решении практических задач сокращения общего расхода невозобновляемых энергоресурсов (угля, газа, нефти и др.) реализуется путем применения эффективных

---

\* Приведенные в тексте методы и примеры расчетов должны корректироваться с окончательным вариантом актуализированного СНиП 23.02 «Тепловая защита зданий».



теплоизоляционных материалов, энергоэкономичных конструкций наружных стен, существенного увеличения теплозащиты эксплуатируемого фонда и т.п.

Здание как энергетическая система формирует тепловой и воздушный режим (ТВР) помещений. При этом система отопления и вентиляции наряду с наружными ограждениями играет решающую роль. Оптимизация ТВР должна иметь целью как экономию топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), так и обеспечение требуемых систем вентиляции, в частности от загрязненности атмосферы. Поэтому экологически чистым источником энергии в будущем должен быть отдан приоритет.

Поиски резервов экономии тепла приводят к решениям, использующим нетрадиционные источники электроэнергии: вторичные энергоресурсы, энергию солнца, тепло удаляемого воздуха, а также тепло, теряемое через наружные ограждения.

Учитывая, что при определенных соотношениях цен на строительство и энергию экономически нецелесообразно утеплять стены больше определенной величины, следует изыскивать пути получения энергоэкономичных конструкций нетрадиционными способами, например, используя их как накопители тепла (массивные), гелиовоздухонагреватели, утилизаторы уходящего тепла и т.п.

Основные типы стеновых элементов, использующих тепло помещения, следующие: изменяемые наружные ограждения; ограждения, экранирующие тепловой поток; ограждения типа регенеративных теплообменников – рекуперативные теплообменники.

В настоящее время в нашей стране создается нормативная и организационная основа для широкого применения солнечной энергии в народном хозяйстве. Разработаны нормы проектирования жилых и общественных зданий с солнечными пассивными системами отопления. Создаются специализированные организации по монтажу солнечных установок теплоснабжения.

Таким образом, использование вторичных источников энергии открывает большие перспективы в проектировании энергоэкономичных и энергоактивных зданий. Велики резервы в области автоматизации систем теплоснабжения, сокращения энергоемкости системы кондиционирования воздуха, архитектурно-планировочных и конструктивных решений, повышения энергоэффективности существующих гражданских зданий и т.п.

Данное учебное пособие поможет овладеть основными принципами проектирования энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий, которые направлены на решение задач по повышению энергетической эффективности народного хозяйства.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

## 1.1. Энергоэффективность, нормативные требования

Основными путями экономии энергии в гражданских зданиях являются повышение тепловой эффективности строительных конструкций, архитектурно-планировочные решения, инженерные системы; использование нетрадиционных видов энергии.

Добиться этого можно следующими мероприятиями: увеличением теплозащиты стен, в том числе стыков, окон, чердаков и т.п.; улучшением влажностного режима наружных ограждений, применением, например, теплоотражающих покрытий, пленок, ставень, в том числе на световых проемах; уменьшением площади наружной поверхности здания, проектированием фасадов с учетом ветровой защиты, рациональной планировкой помещений; применением более усовершенствованных систем отопления и вентиляции, например, воздушно-лучистого, автоматизацией систем отопления с пофасадным регулированием, автоматизацией управления микроклиматом зданий; утилизацией тепла вытяжного воздуха, уходящего через наружные ограждения, и т.п.

Создание энергоэкономичных зданий связано с усовершенствованием всех его составных элементов. Эти элементы также связаны между собой.

Энергоэкономичным называется здание, в котором при проектировании, строительстве и эксплуатации осуществлено максимальное количество мероприятий, направленных на экономию топливно-энергетических ресурсов. Энергоэкономичными могут быть как жилые, так и общественные здания.

К жилым зданиям относятся квартирные дома, гостиницы, общежития и дома для престарелых. Общественные здания – это школы, техникумы, институты, торговые здания, предприятия общественного питания, здания зрелищного, культурно-просветительного и лечебно-оздоровительного назначения, административные и др.

Каждое здание – энергетическая система, которая формирует свой тепловой режим.

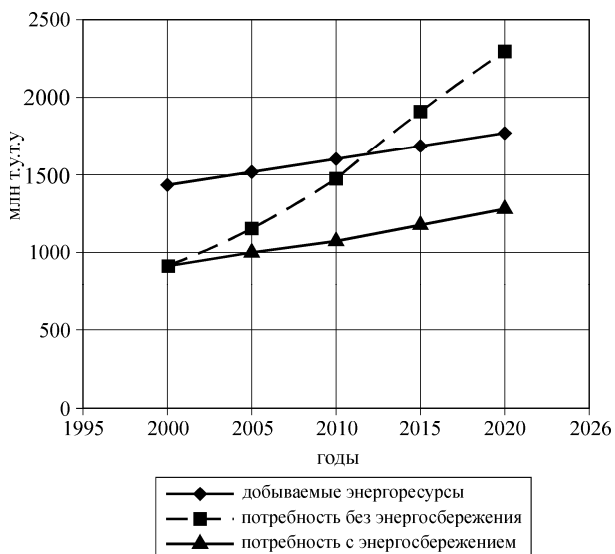
Тепловой режим помещений зависит от:

- теплообмена между системами обогрева-охлаждения;
- теплозащиты наружных ограждающих конструкций;
- внутренних и наружных условий;
- воздушного и влажностного режимов помещений и ограждений.

Все эти факторы должны учитываться при разработке технических решений в процессе проектирования зданий.

В основу нормирования энергосбережения в зданиях в России был заложен принцип поэтапного снижения расходов тепловой энергии на отопление зданий. Принципиальным отличием новых теплотехнических норм от старых является то, что первые технические нормы регламентировали санитарно-гигиенические аспекты теплозащиты наружных ограждений. В дальнейшем был осуществлен переход на учет также и экономической целесообразности повышения тепловой защиты наружных ограждений. В современных же нормах учитывается на первом месте тепловая эффективность всего здания.

Основные принципы энергетической политики и обеспечения энергетической безопасности страны установлены в документе «Энергетическая стратегия России на период до 2020 г.», одобренном Правительством РФ 23.10.2000 г. В разделе «Энергоэффективность и энергоёмкость» формирование перспективного спроса на энергоресурсы» приведен прогноз роста развития производства энергоресурсов и роста потребности ТЭР с учетом повышения энергоэффективности и без нее при умеренном экономическом росте (рис. 1.1).



**Рис. 1.1. Прогноз развития первичных энергоресурсов и энергопотребления России: добываемые энергоресурсы; потребность без энергосбережения; потребность с энергосбережением**

Распределение потенциала энергосбережения за счет технических средств, по данным Министерства экономического развития РФ (МЭР РФ), промышленность и строительство могут обеспечить по одной третьей части энергосбережения за счет технических средств и около одной четверти ЖКХ.

По объему потребления энергии на душу населения Россия немало отстает от европейских стран, однако около трети этой энергии расходуется вхолостую. Так, например, потери при транспортировке тепловой энергии в России достигают 35–50%, а в европейских странах они составляют не более 5–10%.

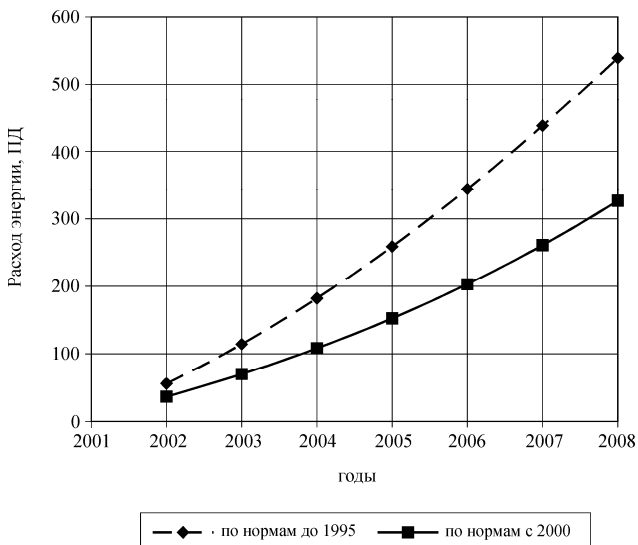
Таблица 1.1

Распределение потенциала энергосбережения по секторам экономики к 2020 г. за счет технических средств

Сектор экономики	Потенциал энергосбережения	
	млн т у.т.	%
Топливоно-энергетический комплекс (ТЭК)	120–135	32
Промышленность и строительство	110–140	31
Транспорт	23–30	7
Сельское хозяйство	12–15	3
Жилищно-коммунальное хозяйство	95–110	26
Прочие	3–5	1

Создание нового поколения норм теплозащиты, стандартов и методов энергетических и теплотехнических расчетов зданий с эффективным использованием энергии явилось ключевым в энергосбережении строительного комплекса.

Следует отметить, что при росте фонда жилых зданий неизбежен рост энергетических затрат на их отопление. Своевременная разработка нового поколения энергосберегающих норм и введение их в действие затормозили этот рост. Расчетное увеличение по топливу, затраченному на выработку тепловой энергии в систему теплоснабжения этих зданий за 2002–2008 г., приведено на *рис. 1.2* (сплошная линия). Годовые расходы по топливу, затраченному на выработку тепловой энергии в систему теплоснабжения к концу 2008 г., возросли только на 322 ПДж по сравнению с 538 ПДж, если бы не были введены эти нормы (пунктирная линия). Разница площадей, ограниченных этими двумя линиями, показывает энергосберегающий эффект – около 771 ПДж (см. *рис. 1.2*).



**Рис. 1.2. Рост расходов первичной энергии (по топливу) на отопление вновь построенных зданий, ПДж**

Введение в действие в 2003 г. СНиП 23.02.2003 «Теплозащита зданий» существенно повысило требования к теплозащите зданий.

В связи с тем, что до выпуска настоящего пособия действовал неактуализированный СНиП 23-02, а его актуализированная редакция может выйти после выполнения пособия в данной книге приводятся методы расчета и требования к теплозащите зданий для упомянутых вариантов.

В неактуализированных нормах СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» установлены две группы обязательных к исполнению взаимосвязанных критериев тепловой защиты здания и способы проверки на соответствие этим критериям, основанные на:

а) нормируемых значениях сопротивления теплопередаче для отдельных ограждающих конструкций тепловой защиты здания, рассчитанных на основе нормируемых значений удельного расхода тепловой энергии на отопление и сохраненных от прежнего СНиП;

б) нормируемом удельном расходе тепловой энергии на отопление здания, позволяющем варьировать теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий (за исключением производственных зданий) с учетом выбора систем поддержания микроклимата и теплоснабжения для достижения нормируемого значения этого показателя.

В актуализированном СНИП 23-02 установлены следующие группы обязательных к исполнению показателей тепловой защиты зданий:

а) приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше нормируемых значений;

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований пунктов а, б и в.

В отличие от неактуализированной редакции СНИП 23-02 в актуализированном СНИП 23-02 для оценки теплозащиты зданий введен показатель удельной теплозащитной характеристики.

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания,  $k_{об}^{тп}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), следует принимать в зависимости от отапливаемого объема здания и градусо-суток отопительного периода района строительства по *табл. 1.2* с учетом примечаний.

Таблица 1.2

Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания

Отапливаемый объем здания, $V_{от}, м^3$	Значения $k_{об}^{тп}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С), при значениях ГСОП, °С сут/год				
	1000	3000	5000	8000	12000
300	0,957	0,708	0,562	0,429	0,326
600	0,759	0,562	0,446	0,341	0,259
1200	0,606	0,449	0,356	0,272	0,207
2500	0,486	0,360	0,286	0,218	0,166
6000	0,391	0,289	0,229	0,175	0,133
15000	0,327	0,242	0,192	0,146	0,111
50000	0,277	0,205	0,162	0,124	0,094
200000	0,269	0,182	0,145	0,111	0,084

*Примечание.* Для промежуточных величин объема зданий и ГСОП, а также для величин отпливаемого объема здания, превышающих 200 000 м<sup>3</sup>, значения  $k_{об}^{тп}$  рассчитываются по формулам:

Учебное пособие

Владимир Сергеевич Беляев,  
Юрий Григорьевич Граник,  
Юрий Алексеевич Матросов

# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ТЕПЛОЗАЩИТА ЗДАНИЙ

Редактор: *В.Ш. Мерзлякова*  
Дизайн обложки: *Н.С. Романова*  
Компьютерная верстка: *О.В. Лютова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60×90/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. 25 п.л. Тираж 500 экз. Заказ №

ООО «Издательство АСВ»  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511  
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru), <http://www.iasv.ru/>