

**Строительство
и архитектура**

bhv

Г. М. Бадьин

Строительство и реконструкция МАЛОЭТАЖНОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА



Геннадий Бадьин

**Строительство
и реконструкция
МАЛОЭТАЖНОГО
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО
ДОМА**

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2011

УДК 38.3
ББК 69
Б15

Бадьин Г. М.

Б15 Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 432 с.: ил. + CD-ROM — (Строительство и архитектура)

ISBN 978-5-9775-0590-1

Обобщены и систематизированы практические рекомендации и научно-методические советы по строительству и реконструкции малоэтажного энергоэффективного дома в соответствии с отечественными и зарубежными стандартами и нормами потребления энергии. Рассмотрены архитектурно-планировочные и инженерные решения строительства коттеджей и домов загородного типа с максимально комфортными условиями проживания. Описана теплоизоляция стен и крыш, герметизация и гидропароизоляция, установка энергосберегающих окон, защита фундаментов и подвалов от промерзания, утепление стен и др. Рассмотрен монтаж солнечных коллекторов, тепловых насосов и фотогальванических установок. Уделено внимание устройству систем отопления, энергоснабжения и вентиляции. Показано использование экологически чистых строительных материалов, конструкций и технологий. Компакт-диск содержит дополнительную справочную информацию по тематике книги.

Для специалистов строительной отрасли, студентов и учащихся строительных специальностей, а также застройщиков загородных домов и коттеджей

Рецензент:

А. И. Шишкин, д-р техн. наук, проф., директор Института экономики Карельского научного центра РАН

УДК 38.3
ББК 69

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Игорь Шишигин</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Ольга Кокорева</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Караваевой</i>
Корректор	<i>Виктория Пиотровская</i>
Дизайн серии	<i>Инны Тачиной</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 27.04.11.

Формат 60×90^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 27.

Тираж 2000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.60.953.Д.005770.05.09 от 26.05.2009 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-5-9775-0590-1

© Бадьин Г. М., 2011
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2011

Оглавление

Введение	1
Анализ существующей ситуации	3
Концепция пассивного дома	3
Концепция здания с нулевым энергопотреблением	5
Концепция активного дома	8
Ситуация с энергосберегающим строительством в России	8
Перспективы	14
Глава 1. Градостроительные и архитектурно- планировочные решения по энергосбережению	17
Градостроительные решения, предлагаемые отечественными специалистами	17
Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения	19
Ширококорпусные дома	20
Жилые дома вторичной застройки	22
Роль ШКД и ДВЗ в реализации программы энергосбережения	24
Типы зданий в малоэтажном строительстве	32
Градостроительные решения в малоэтажном строительстве	33
Требования и особенности архитектурно-строительного проектирования в малоэтажном строительстве	35
Выбор земельного участка	35
Разработка архитектурного проекта	42
Проектирование энергосберегающих и пассивных домов	45
Примеры эскизных проектов пассивных домов	54
Куполообразные дома	59

Проектирование домов в соответствии с "зелеными стандартами"	69
Местоположение здания	72
Расположение площадки застройки	72
Возобновляемые источники энергии	73
Ориентация	75
Учет формы здания	78
Заключение	80

Глава 2. Общетеоретические принципы функционирования энергосберегающих и пассивных домов81

Общие понятия тепловой защиты зданий	87
Ощущение комфорта в помещениях	87
Теплоизоляция здания	93
Расчет теплоизоляции	96
Тепловые мостики	106
Конструирование зданий без "тепловых мостиков"	110
Примеры решения проблемы "тепловых мостиков"	113
Герметичность здания	123
Проблемы обеспечения герметичности зданий	124
Обеспечение герметичности здания при строительстве новых домов	131
Образование плесени на стенах и перекрытиях	133
Диффузия пара	136
Принцип оптимизации теплоизоляции	140
Выбор теплоизолирующих материалов	140
Качество теплоизоляции для пассивных домов	145
Заключение	146

Глава 3. Обзорная информация о конструктивных решениях по теплоизоляции зданий147

Типовые варианты теплоизоляции различных конструктивных элементов здания	150
Комплексная система термоизоляции	150
Навесные вентилируемые фасады	151

Теплоизоляция с внутренней стороны наружных стен здания.....	152
Теплоизоляция двойных стен	153
Теплоизоляция скатов крыши.....	154
Теплоизоляция скатов крыши под стропилами	155
Установка теплоизоляции поверх стропил.....	156
Утепление плоской кровли	157
Теплоизоляция межэтажных перекрытий	157
Теплоизоляция подвальных перекрытий.....	158
Выбор остекления	159
Выбор строительных материалов и их экологическая оценка.....	162
Сводная информация о строительных материалах, применяющихся в теплоизоляции.....	164
Заключение.....	179
Глава 4. Подземные части зданий.....	181
Защита фундаментов и стен подвалов от деформаций морозного пучения	188
Утепление оснований фундаментов.....	192
Утепление основания крыльца	194
Защита подъездов к гаражу от деформаций, вызванных морозным пучением грунтов	194
Конструкции цокольной части загородного дома	197
Конструкции фундаментов	202
Фундамент с теплым подпольем и кирпичным цоколем	202
Конструкция фундамента с забиркой	203
Фундамент из асбоцементных труб	205
Конструкция плавающего фундамента.....	207
Гидроизоляция и утепление фундаментов	209
Утепление стен подвалов и перекрытий над ними.....	212
Утепление цоколя	222
Утепление стен подвалов и фундаментов	224
Утепление фундамента по периметру дома	226

Фундаменты нового поколения.....	227
Технология утепления и дренажа фундамента	228
Устройство малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах.....	230
Технические решения утепления стен подвала от Сен-Гобен Изовер.....	235
Заключение.....	236
Глава 5. Стены и фасады	237
Классификация стен	238
Архитектурно-конструктивные элементы стен	245
Деформационные швы	247
Герметизация стыков, швов и трещин строительных конструкций.....	252
Теплосберегающие конструкции и технологии наружных стен	257
Кирпичные стены.....	262
Блоки из легких бетонов и керамические блоки.....	276
Заключение.....	306
Глава 6. Крыши	307
Вопросы проектирования крыш.....	311
Скатные крыши.....	315
Плоские крыши.....	320
Материалы для кровельных покрытий.....	324
Рулонные и мастичные кровельные материалы	324
Черепица и волнистые кровельные материалы	331
Технические требования и конструктивные решения кровель	333
Утепление кровли.....	336
Пароизоляция кровли и гидроизоляция кровли	336
Схемы устройства кровельного покрытия плоской кровли ...	344
Инверсионные кровли	347
Зеленые кровли	350
Кабельная антиобледенительная система "Теплоскат"	354

Глава 7. Окна	357
Требования к современным окнам.....	358
Конструкция окон.....	359
Остекление.....	366
Стеклопакеты.....	371
Теплоизоляция (теплозащита)	373
Материалы для изготовления рам	383
Мансардные окна.....	391
Установка окон	391
Заключение автора.....	399
Список литературы.....	403
Приложение. Описание компакт-диска	405
Предметный указатель.....	407

Благодарности

Автор выражает признательность и глубокую благодарность за содействие и реальную помощь в подготовке и выпуске данной книги зам. главного редактора Игорю Шишигину. Я также высоко ценю труд выпускающего редактора Ольги Кокоревой — за кропотливую и трудоемкую работу по подготовке, структурированию материалов, а также помощь с переводом текстов некоторых стандартов и научных статей, на которые даются ссылки в книге. Наконец, огромную помощь в сборе материала и программного обеспечения автору оказала студентка гр. ПЗ-5 СПбГАСУ Наталия Быстрова, чья дипломная работа получила высокую оценку раздела НИР своего дипломного проекта и принесла ей диплом инженера-архитектора с отличием.

Бадьин Г. М.

Об авторе

Бадьин Геннадий Михайлович, д. т. н., профессор кафедры технологии строительного производства СПбГАСУ, заслуженный работник высшего профессионального образования РФ, лауреат государственной премии правительства России по науке и технике за 2005 г., почетный доктор Петрозаводского университета, член секции строительства Восточно-Европейского союза экспертов, член редакционного совета международного журнала по инженерным наукам International Engineering Journal Society (<http://www.iaeng.org/>), автор более 200 научных трудов, 17 изобретений и патентов, 2 учебников, 19 монографий и учебных пособий, а также 5 справочников для строителей, среди которых "Справочник по измерительному контролю качества строительных работ", "Справочник технолога-строителя" и др.

Введение

Регулярное повышение цен на электроэнергию и энергоносители делает вопрос улучшения энергетической эффективности зданий и снижения энергопотребления особенно актуальным. Цены на энергоносители, как и на другие природные ресурсы, растут постоянно и неуклонно, и так было всегда. Например, анализ колебаний цен на нефть на протяжении почти 150 лет в зависимости от войн, эмбарго, политических и экономических мер, предпринимавшихся правительствами различных государств в ответ на экономические и политические кризисы, можно найти здесь: <http://www.wtrg.com/prices.htm>. На рис. В.1 приведены графики, отражающие динамику роста цен на нефть и природный газ за последние 11 лет (по данным Vattenfall¹).

Эта общая тенденция сохраняется — так, на рис. В.2 представлены аналогичные графики, отражающие динамику роста цен на энергоносители на момент начала работы над этой книгой (ноябрь 2010 г.).

Не слишком сильно отличаются и данные, предоставляемые отечественными аналитиками (см., например,

<http://www.market-pages.ru/rinoktexanaliz/38.html>,

<http://www.oilru.com/dynamic.phtml>).

В связи с дефицитом энергоресурсов минимизация тепловых потерь в зданиях стала важнейшей задачей в области строительства и реконструкции зданий и сооружений. Это — приоритетное направление развития технологий строительных материалов, разработки новых изделий и оборудования. Решить эту проблему

¹ Vattenfall — шведская энергетическая компания, полностью принадлежащая государству и являющаяся одной из ведущих в Северной Европе (см. <http://www.vattenfall.com/en/our-company.htm>).

можно за счет разработки энергетически экономичных планировочных и конструктивных решений, внедрения новых строительных материалов и изделий с высоким коэффициентом сопротивления теплопередаче, применения энергетически эффективного оборудования и экономичных систем энергообеспечения.



Рис. В.1. Динамика роста цен на топливную нефть и природный газ (уровень на январь 1999 = 100). Источник: Vattenfall

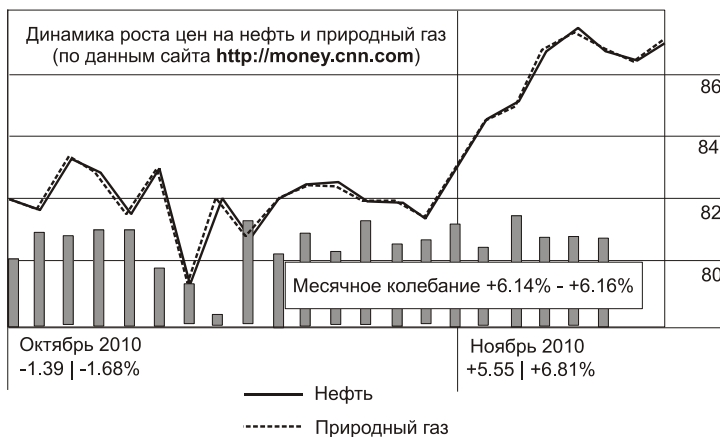


Рис. В.2. Динамика роста цен на топливную нефть и природный газ на октябрь и ноябрь 2010 года (по данным сайта <http://money.cnn.com>)

Анализ существующей ситуации

Тема энергосбережения в строительстве получила развитие во второй половине 70-х годов XX века, вследствие осознания необходимости экономии энергетических ресурсов после мирового экономического кризиса 1974 года. Сама идея энергетически эффективного строительства зародилась на фоне кризиса строительной отрасли, который был связан с неодинаковой степенью развития строительных технологий, относящихся к ограждающим конструкциям здания и его инженерным системам.

Концепция пассивного дома

Как раз в то время (вторая половина 70-х годов XX века) было реализовано несколько проектов энергетически эффективных зданий, но повсеместное внедрение энергосберегающих технологий ограничивалось отсутствием соответствующих строительных норм и стандартов. Однако к середине 80-х годов прошлого века в ряде стран Европы, например, в Дании, Швеции и Германии, такая нормативная база была сформирована. Примерно тогда же немецкий архитектор Вольфганг Файст (Wolfgang Feist) разработал концепцию так называемого "пассивного дома" (Passivhaus). На настоящий момент "пассивный дом" представляет собой строительный стандарт, следование которому позволяет не только экономить энергию, но и создавать максимально комфортные условия для проживания. При этом "пассивный дом" экономичен и оказывает минимальное негативное влияние на окружающую среду. В наиболее благоприятных обстоятельствах "пассивный дом" не требует дорогостоящего отопления вообще! Это достигается за счет того, что "пассивный дом" использует для отопления преимущественно внутренние тепловые ресурсы. Чтобы достичь этого, необходимо максимально утилизировать тепло выбросов, а также за счет эффективной теплоизоляции обеспечить минимизацию тепловых потерь. Надо отметить, что к принципу работы "пассивного дома" сначала относились с недоверием и в самой Германии, где эта концепция и была разработана. Однако практика показала эффективность данного метода строительства,

и все заказчики остались в высшей степени довольны полученными результатами.

Первый экспериментальный проект "пассивного дома" в истории Германии был реализован в 1991 г. в городе Дармштадт. Авторами архитектурной части проекта являются архитекторы проф. Ботт (Bott), Риддер (Ridder) и Вестермайер (Westermeyer); разработкой и реализацией проекта руководил доктор Вольфганг Файст. Здание было полностью построено в 1991 г., и с октября 1991 г. в нем проживают четыре семьи. Это здание нуждается в столь малом количестве тепла, что его жильцы действительно могли бы отказаться от отдельной системы отопления: расходы на отопление составляют менее 1 л жидкого топлива в год на 1 м² отапливаемой площади¹. В 1996 году в Дармштадте был создан Институт пассивного дома (Passivhaus Institut)². В течение нескольких лет его сотрудники разработали эффективные проектно-конструкторские решения, которые позволили начать массовое строительство энергетически эффективных домов. Согласно статистике, к 1999 году в Германии было построено около 300 таких зданий, а к середине 2007 года — уже более 7000. Современному пассивному дому требуется на 90% энергии меньше, нежели обычному, а годовой расход тепла в нем не превышает 15 кВтч/(м²×год). Такие показатели достигаются за счет эффективной теплоизоляции ограждающих конструкций здания. По причине минимального теплообмена с окружающей средой "пассивные дома" часто называют "термосами". Не менее важную роль играют интеллектуальные системы отопления с высоким КПД, а также возврат (рекуперация) тепла в системах вентиляции в сочетании с пассивным использованием солнечной энергии за счет увеличения площади остекления с южной стороны зданий.

Помимо Германии, энергетически эффективные здания строятся и в других странах Европы — Швеции, Финляндии, Дании и Швейцарии. Хорошим примером реализации концепции пассивного дома является Исследовательский центр группы компаний ROCKWOOL в Хедехузене (Hedehusene), Дания, признанный

¹ Более подробно о конструкции этого дома, который полностью оправдал возложенные на него ожидания, можно прочесть здесь: <http://www.passiv-rus.ru/?page=54>.

² См. http://www.passiv.de/index_phi.html, <http://www.passiv-rus.ru/>.

одним из наиболее энергетически эффективных зданий не только в Европе, но и во всем мире (см. <http://tinyurl.com/355gdkf>). При его строительстве применялись решения, которые позволили исключить возможность возникновения "мостиков холода" (thermal bridges). Тепловые потери через ограждающие конструкции значительно снижены благодаря применению теплоизоляции собственного производства. Помимо этого, в здании установлены трехслойные окна VELUX с низкой теплопроводностью, а работа вентиляции оптимизируется при помощи компьютерной системы.

Приобретенный опыт успешно применяется при реализации других проектов энергетически эффективных зданий. В качестве примера можно привести проект по реконструкции жилого дома в датском городе Нестервед (Næstved)¹, построенного в 70-х годах XX века. Использование теплоизоляции из минеральной ваты ROCKWOOL обеспечило снижение потребляемой на отопление энергии почти на 70%. Эксперимент особенно важен, так как доказывает наличие значительного потенциала энергосбережения в сооружениях постройки 70-х годов, что особенно актуально для нашей страны, где повышение энергетической эффективности существующих зданий является одним из наиболее приоритетных направлений.

Концепция здания с нулевым энергопотреблением

Примерно в то же самое время, в США и Канаде получила развитие концепция "здания с нулевым энергопотреблением" (ZEB, Zero Energy Building). В целом концепция ZEB имеет ряд сходных черт со стандартом пассивного дома (Passivhaus), но существует и ряд отличий. ZEB уделяет повышенное внимание использованию альтернативных источников энергии, например, ветровых генераторов или солнечных батарей на основе фотоэлектрических преобразователей.

В рамках ZEB в США уже построено несколько экспериментальных энергетически эффективных зданий. Одно из них — жи-

¹ Подробнее об этом проекте см. <http://tinyurl.com/32cez3p>.

лой дом в городе Хоупвелл (Hopewell), штат Нью-Джерси (New Jersey). Интерес представляет тот факт, что дом этот является полностью энергонезависимым. Он практически сразу же был назван "идеальным" или "солнечно-водородным". Этот дом был построен американским инженером Майком Стризки (Mike Strizki), который и прославился на весь мир благодаря этому проекту. С технологией ему помогли компании Sharp, Swagelok (<http://www.swagelok.com/>, <http://www.swagelok.ru/landingpages/index-ru.htm>) и Proton Energy Systems (<http://www.protonenergy.com/>). Летом солнечные батареи обеспечивают на 60% больше энергии, чем необходимо для комфортного проживания. Избыток идет на расщепление воды и получение водорода, который используется для обогрева в холодные месяцы, когда солнечного тепла недостаточно¹. Осенью 2006 года дом перешел на полностью автономное энергообеспечение, в результате чего Майк Стризки с тех пор не платит ни цента ни за электричество, ни за газ, ни даже за бензин. Автомобиль Майка работает на водородном двигателе и был выпущен на заводах Форда в количестве всего 10 экземпляров для проверки того, как он поведет себя в "крэш-тестах". Каждый экспериментальный экземпляр обошелся Форду в три миллиона долларов. Майк Стризки ездит на этом автомобиле, начиная с 2000 года. Автомобиль этот действительно экологически чист — на выхлопе у него чистая вода, а для заправки его водородом Майку требуется не больше 10 минут².

¹ Подробнее об этом проекте см.

<http://tinyurl.com/2u6fvn2>,

<http://www.hopewellproject.org/pages/project.html>, <http://tinyurl.com/2vcyg6p>.

² В настоящее время экспериментальные экземпляры "водородных автомобилей" производят многие крупнейшие корпорации, включая Toyota, Honda, BMW, Renault. Что же касается крэш-тестов, то они показали, что автомобили на водороде будут безопаснее бензиновых. См. <http://www.rosinvest.com/news/36468/>. Естественно, чтобы такие автомобили получили распространение, необходимо и соответствующее развитие водородной автомобильной инфраструктуры. И такая инфраструктура уже создается — так, к концу 2006 года во всем мире функционировало более 140 водородных автомобильных заправочных станций. Из общего количества заправочных станций, построенных в 2004—2005 году, всего 8% работают с жидким водородом, остальные с газообразным. В США и Канаде развиваются так называемые "водородные шоссе" — см. <http://www.hydrogenhighway.ca.gov>. — *Прим. ред.*

Все энергетическое хозяйство этого "солнечно-водородного дома" состоит из 56 солнечных панелей, которыми оборудована крыша гаража. В том же гараже у Майка стоит электролизер: семейству Майка необходимо в среднем 10 кВтч электричества на один день, в то время как в обыкновенный летний день солнечные батареи дают до 90 кВтч. Избыточную электроэнергию Майк запасает в виде газообразного водорода и хранит его в баллонах. Батарея топливных элементов, которые соединяют водород с кислородом, вырабатывая электричество, расположена рядом с гаражом. На всякий случай, у Майка всегда есть 100 полностью заряженных аккумуляторов.

Необходимо отметить, что запуск в серию зданий с нулевым энергопотреблением сегодня сложен по причине высокой стоимости некоторых инженерных решений. Так, строительство небольшого по площади "солнечно-водородного" дома Майка Стризки в Хоупвелле обошлось ему в сумму порядка полумиллиона долларов США (100 тыс. долл. личных накоплений + 400 тыс. долл. гранта, полученного от New Jersey Board of Public Utilities¹). За последние годы более широкое распространение получила альтернатива ZEB — целевая общенациональная программа Near-Zero Energy House (NZEH), которая ставит своей целью снижение энергопотребления без перехода к самостоятельному обеспечению энергией. В рамках этой программы наибольшее внимание уделяется пассивным способам снижения энергопотребления: повышению энергетической эффективности ограждающих конструкций, сокращению утечек нагретого воздуха через системы естественной вентиляции и внедрению энергосберегающих архитектурно-планировочных решений. В процессе реализации NZEH на текущий момент построено несколько сотен энергетически эффективных зданий. Уровень потребления энергии в них снижен на 50% по сравнению с обычными домами.

Основными факторами снижения потребления энергии создатели NZEH считают эффективную теплоизоляцию ограждающих конструкций, которая должна обеспечивать минимальные утечки нагретого воздуха, а также "экономичный" дизайн. Под этим

¹ См. http://en.wikipedia.org/wiki/New_Jersey_Board_of_Public_Utilities.

термином подразумевается необходимость проектирования домов с учетом ориентации фасадов по сторонам света, количества и размеров оконных проемов, формы и размеров кровельных выступов. Все эти меры в совокупности способны обеспечить экономию энергии на отоплении зданий вплоть до 60—70%.

Подводя некоторые итоги, можно сказать, что зарубежное энергетически эффективное строительство на данном этапе развивается в русле использования технологий пассивного энергосбережения. Прямое доказательство — концепция Passivhaus и программа Near-Zero Energy House, в рамках которых осуществляется массовое строительство энергетически эффективных зданий.

Концепция активного дома

В последнее время набирает силу концепция системы "активного дома" (active house). Базовым принципом "активного дома" является объединение решений, разработанных Институтом пассивного дома (Германия), технологий "Умного дома" и использования альтернативной энергетики. Здания, выстроенные в соответствии с этой концепцией, тратят на собственные нужды минимум энергии. В дополнение к этому, они еще и сами вырабатывают энергию в таких количествах, что могут не только обеспечивать собственные потребности (освещение, обеспечение энергией бытовой техники, и даже подогрев воды в бассейне), но и поставлять ее в сети центрального снабжения, за что в большинстве стран можно получать деньги. Таким образом, "активный дом" становится источником дохода, а не затрат. К примеру, в Дании разработчики первого в мире активного дома утверждают, что этот дом полностью окупит себя за 30 лет (см. <http://www.activehouse.info/>).

Ситуация с энергосберегающим строительством в России

Говоря о внедрении энергетически эффективных технологий в российском строительстве, прежде всего, следует отметить, что энергопотребление в зданиях старой постройки достигает 600 кВтч/(м²×год).

В то же время, большинство домов, сданных в эксплуатацию после выхода СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий", потребляют порядка 350 кВтч/(м²×год), что незначительно превышает показатели немецких зданий постройки 70-х — начала 80-х годов XX века. В первую очередь, такая ситуация обусловлена тем, что проблемам энергосбережения в СССР уделялось недостаточно внимания: гораздо более важным считалось снижение капитальных затрат на строительство.

Строительство энергетически эффективных домов в России находится на начальной стадии развития: сказывается отсутствие механизмов стимулирования и проработанных концепций энергосбережения в строительстве, аналогов немецкого стандарта Пассивного дома (Passivhaus). Одним из главных факторов, сдерживающих внедрение энергосберегающих технологий, является то, что строительство 1 м² жилой площади в энергетически эффективном жилом доме в среднем обходится на 8—12% дороже, чем строительство 1 м² традиционного для России жилого помещения. Поэтому многим компаниям выгодно финансировать строительство "энергорасточительных" жилых домов и этим обеспечивать себе более высокую прибыль.

Несколько иной подход к энергосбережению складывается в строительстве объектов коммерческой недвижимости, где заказчик стремится к повышению теплотехнических характеристик здания и снижению эксплуатационных расходов. При этом дополнительные затраты на повышение энергетической эффективности здания окупаются в течение 7—10 лет эксплуатации. Поэтому энергосберегающие технологии получили несколько более широкое распространение в строительстве объектов коммерческой недвижимости: банков, административных, офисных и торговых сооружений.

На сегодняшний день энергопотребление существующих жилых и общественных зданий в России в среднем примерно в 3 раза превышает аналогичные показатели в технически развитых странах Скандинавии со сходными природно-климатическими условиями. Абсурдность сложившейся ситуации подчеркивается тем, что в действительности повышение энергетической эффективности зданий не только экологически целесообразно, но и экономи-

чески выгодно. Планируемое вступление России во Всемирную торговую организацию (ВТО) приведет к приближению тарифов на тепло к уровню цен в западных странах и к снижению внутренней процентной ставки, которая сейчас составляет 15—20%. Правительство РФ подтвердило, что рост тарифов ЖКХ после этого составит примерно 20% ежегодно. А с 2011 года оптовые цены на природный газ будут рассчитываться по формуле, равной доходности с его экспортными продажами. Нельзя не отметить и тот факт, что необходимость внедрения энергосберегающих технологий в отечественном строительстве обусловлена и более суровыми, чем в Европе, климатическими условиями. В подтверждение можно привести такой показатель, как градусо-сутки отопительного периода¹, который является основным критерием для оценки суровости климата. Его среднее значение для стран Западной Европы составляет 2000, тогда как для европейской части России — 5000.

По этим причинам, за последние 10 лет в России все же началось строительство энергетически эффективных домов. Например, за период с 1998 по 2002 проект многоквартирного дома с низким энергопотреблением был реализован в микрорайоне Москвы Никулино-2. Его особенностью стало применение тепловой насосной установки для горячего водоснабжения, а также наружных ограждающих конструкций с повышенной теплозащитой. В данный момент похожие программы реализуются в Юго-Восточном и Северо-Западном округах Москвы.

¹ Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) — условная единица измерения превышения средней суточной температуры над заданным минимумом ("базовой температурой"). Вычисляется как сумма отклонений среднесуточной температуры от базовой температуры за заданный промежуток времени по следующей формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер.}}) \times Z_{\text{от.пер.}}$$

где:

$t_{\text{в}}$ — расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая в соответствии с нормами проектирования соответствующих зданий и сооружений;

$t_{\text{от.пер.}}$ — средняя температура, °С, периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С;

$Z_{\text{от.пер.}}$ — продолжительность (в сутках) периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С.

В 2000 году в Санкт-Петербурге был реализован проект реконструкции пятиэтажного панельного дома (ул. Торжковская, 16). Использование эффективной теплоизоляции ROCKWOOL для тепловой защиты ограждающих конструкций здания и применение других энергосберегающих технологий позволили сократить энергопотребление реконструированного здания за весь отопительный сезон на 51% по сравнению с другими домами данного типа. По расчетам проектировщиков, ресурс такого модернизированного здания составляет не менее 50—60 лет.

Основные причины нерационального расходования тепловой энергии:

- недостатки архитектурно-планировочных и инженерных решений отапливаемых лестничных клеток и лестнично-лифтовых блоков;
- недостаточное теплоизоляционное качество наружных стен, покрытий, потолков подвалов и прозрачных для света ограждений;
- несовершенство нерегулируемых систем естественной вентиляции;
- низкое качество и неплотности сопряжения деревянных оконных переплетов и балконных дверей;
- отсутствие приборов учета, контроля и регулирования на системах отопления и горячего водоснабжения;
- протяженная сеть наружных теплотрасс с недостаточной или нарушенной теплоизоляцией;
- устаревшие и непроизводительные типы котельного оборудования;
- недостаточное использование нетрадиционных и вторичных источников энергии.

Устранение перечисленных недостатков, проведение энергосберегающей политики, повышение общей энергетической эффективности экономики являются одной из центральных задач современного этапа экономического развития. Позиция государства по этому вопросу отражена в Федеральном законе № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные

акты Российской Федерации", принятом в ноябре 2009 года (см. <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html>). Этот закон, который в широких кругах сразу же стал известен как "закон об энергоэффективности", возлагает основную долю ответственности за его своевременную реализацию на органы местной исполнительной власти. Уже с 1 января 2011 года "не допускается ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов" (п. 6 ст. 11). Другие основные положения закона должны быть реализованы до начала 2013 года.

В свою очередь, положительным моментом является то, что в последнее время создаются целевые программы по повышению энергетической эффективности. Это Федеральная программа "Повышение эффективности энергопотребления в Российской Федерации", рассчитанная на период с 2008 по 2015, "Энергетическая стратегия России на период до 2020 года", а также Совместный проект Россия — ЕС "Энергоэффективность на региональном уровне в Архангельской, Астраханской и Калининградской областях".

Кроме того, были введены новые жесткие нормативы по теплозащите зданий и тепловым потерям трубопроводов и оборудования, определяемых СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий" и СНиП 41-03-2003 "Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов". С 1 января 2007 года введен ГОСТ 31309-2005 "Материалы строительные теплоизоляционные на основе минеральных волокон. Общие технические условия". В 2008-2009 годах произведено обновление стандартов по методикам определения свойств теплоизоляционных материалов. С 1 июля 2009 года введен в действие ГОСТ Р 52953-2008 (ЕН ИСО 9229:2004) "Материалы теплоизоляционные. Термины и определения". Национальный стандарт является модифицированным по отношению к европейскому стандарту ЕН ИСО 9229:2004 "Теплоизоляция — Определения терминов" (EN ISO 9229:2004 Thermal insulation — Definitions of terms).

АО "ТЕПЛОПРОЕКТ" разработало "Кадастр сырья для производства минераловатных изделий на основе горных пород". С помощью этого документа на основе отечественного сырья отрабатываются такие составы шихт, которые по своим характеристикам соответствуют шихтовым составам ведущих европейских фирм: PARTEC, ROCKWOOL, SAINT GOBAIN.

Международная организация по стандартизации (ISO) ведет разработку международного стандарта ISO 50001 Energy management systems — Requirements with guidance for use ("Системы энергоменеджмента — Требования с руководством по использованию"). В Европе формируется аналогичный стандарт EN 16001.

Как известно, действующее издание стандарта ISO 19011:2002 в России — ГОСТ Р ИСО 19011-2003) включает указания по проведению аудитов лишь двух систем: системы менеджмента качества (ISO 9001:2008) и системы экологического менеджмента (ISO 14001:2004). Предполагается, что область аудита будет расширена с учетом стандарта по энергетическому менеджменту.

Таким образом, формируется правовая и нормативная основа внедрения энергосбережения во всех областях строительства и ЖКХ. Программы по повышению энергетической эффективности призваны решить следующие задачи:

- модернизация нормативно-технической документации и системы сертификации, включая создание системы энергосберегающих стандартов в строительной отрасли;
- повышение энергетической и экологической эффективности продукции массового строительства;
- разработка и введение в действие рыночных механизмов, стимулирующих внедрение в городское строительство новых энергетически эффективных материалов, конструкций, оборудования;
- развитие экспериментального проектирования и строительства, включая создание и введение в действие механизмов инновационной стратегии строительного комплекса города, предусматривающее натурную апробацию эффективных материалов, технологий, оборудования на экспериментальных объектах;
- создание системы научно-технического обеспечения энерго-сберегающего домостроения и организацию научно-иссле-дова-

тельских и опытно-конструкторских разработок энергетически эффективных материалов, конструкций, технологий и оборудования.

Стратегия энергосбережения в сфере строительства и эксплуатации зданий и сооружений строится на системном подходе к выполнению энергосберегающих мероприятий градостроительного, архитектурно-планировочного, конструктивного, инженерного и эксплуатационного характера. Программно-целевой метод ориентирован на максимальную экономию топливных ресурсов при минимальных затратах средств и времени на достижение этой цели. По экспертным оценкам системная реализация энергосберегающих мероприятий позволяет сократить эксплуатационные энергетические затраты в жилищном секторе в 2,0—2,5 раза. При этом удельная доля энергосбережения за счет совершенствования градостроительных решений составит 10%, архитектурно-планировочных решений — 15%, конструктивных систем — 25%, инженерных систем, включая системы вентиляции — до 30%, а доля энергосбережения за счет совершенствования технологии эксплуатации, включая установку приборов учета, контроля и регулирования тепло-, водо- и электропотребления — до 20%.

Перспективы

Анализируя перспективы внедрения энергосберегающих технологий в российском строительстве, нельзя не учитывать большой процент домов, сданных в эксплуатацию до середины 90-х годов XX века. Согласно статистике, в некоторых городах доля зданий старой постройки достигает 80—85%. Таким образом, наравне с использованием энергосберегающих технологий в строительстве новых домов, приоритетное направление — это повышение энергетической эффективности уже существующих зданий и сооружений.

К числу факторов, стимулирующих развитие энергосбережения в России, можно отнести:

- повышение цен на энергоносители;
- увеличение объемов частного домостроения (коттеджей, дач), владельцы которых платят за фактически потребленную энер-

гию (водоснабжение, электричество, отопление), а не фиксированную стоимость коммунальных услуг, как владельцы квартир в многоквартирных домах;

- положительный международный опыт в сфере энергосбережения;
- появление новых энергосберегающих материалов, технологий.

Основной потенциал энергосбережения заложен в зданиях, построенных до 2000 года, до введения новых норм по энергетической эффективности зданий. В России практически 90% домов не соответствуют современным требованиям по энергопотреблению. Поэтому важным направлением в энергосбережении является модернизация существующих зданий с целью повышения их энергетической эффективности до действующих норм.

Впрочем, отдельные "прорывные" проекты есть и в России. Так, в Подмоскowie началось строительство первого в России "активного дома" — его первый камень был заложен вблизи поселков Власово и Крекшино в 20 километрах от Москвы (<http://www.smpl.ru/news/sector/546>). В соответствии с расчетными данными, этот дом должен производить энергии примерно на $9,4 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \times \text{год})$ больше, чем потребляет (рис. В.3).

Инициатором проекта выступила датская компания Velux, развивающая программу "Образцовый дом 2020", в рамках которой проектируются и строятся энергетически эффективные и экологически чистые экспериментальные "дома будущего" в различных странах Европы, в разных географических условиях. Первые два таких дома уже были построены в Дании в конце 2009 года, в течение 2010 года велось строительство экспериментальных домов в Великобритании, Германии, Австрии и Франции. "Активный дом" в России станет седьмым по счету. Завершиться его строительство должно в мае 2011 года. На данный проект возлагаются большие надежды, так как на его основе планируется выработать новый стандарт индивидуального жилого домостроения в России, максимально соответствующий требованиям современного общества и обеспечивающий здоровый образ жизни без ущерба для окружающей среды.

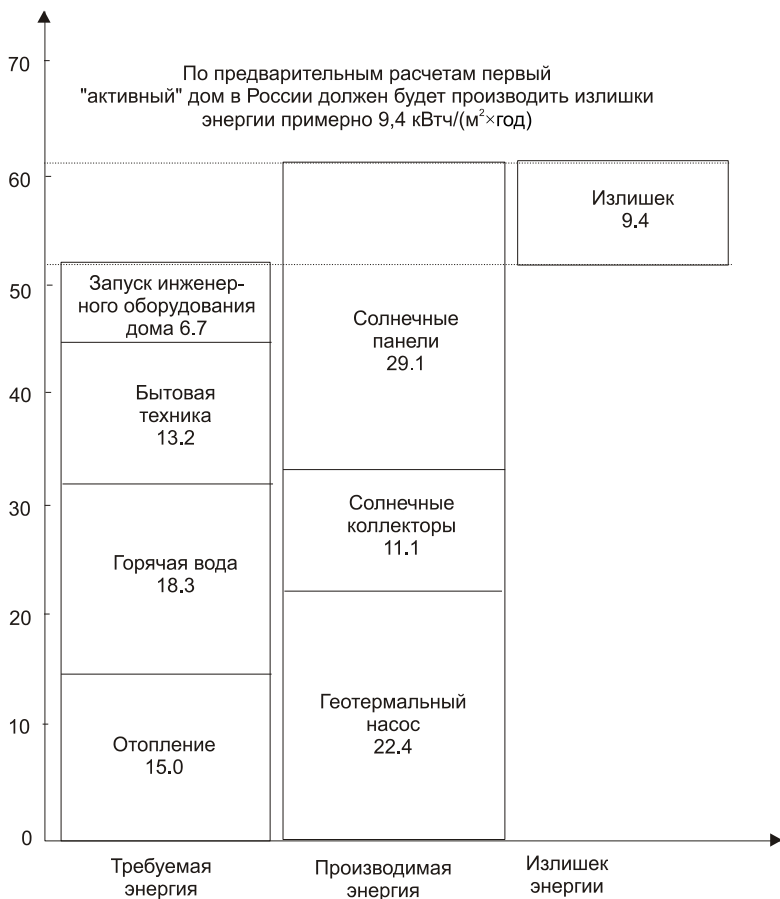


Рис. В.3. Проектное производство избыточной энергии первым "активным домом" в России

До ноября 2011 года построенный дом будет действовать как выставочный павильон. Информацию о ходе работ над этим проектом, новости, а также ссылки на проект в отечественной прессе можно найти на официальном сайте компании Velux: <http://tinyurl.com/6ct37le>.

Таким образом, можно констатировать определенные успехи России в области внедрения энергосберегающих технологий, хотя сделать предстоит еще очень многое.

Глава 1

Градостроительные и архитектурно- планировочные решения по энергосбережению

Граждане РФ практически ежедневно ощущают проблемы, вызванные кризисом теплоэнергетического комплекса страны. Тарифы на энергоносители постоянно возрастают. К сожалению, наше общество пока так и не научилось экономно использовать имеющиеся ресурсы, в России отсутствует должная координация в деятельности всех структур, причастных к этой проблеме. Поэтому неотложная задача настоящего времени заключается в том, чтобы за счет внедрения энергосберегающих технологий существенно снизить удельное энергопотребление в строительстве, на транспорте и в ЖКХ.

Градостроительные решения, предлагаемые отечественными специалистами

Во второй половине XX века на территории СССР, практически во всех крупных и средних городах, велось массовое жилищное строительство по типовым проектам индустриальных серий. За истекшие 40—50 лет эксплуатации большая часть этих домов устарела как морально, так и физически, и в настоящее время нуждается в безотлагательной реконструкции. Эксплуатационное энергопотребление существующих жилых и общественных зданий в России примерно в 3 раза превышает аналогичные показа-

тели в технически развитых странах со сходными природно-климатическими характеристиками. Более того, многие здания, построенные в конце 50—60-х годов прошлого века, на сегодняшний день являются ветхими и аварийными.

За последние 10—15 лет осуществлялись теоретические разработки, активно обсуждались энергосберегающие программы, был построен ряд экспериментальных объектов. Изучая зарубежный опыт и отдельные примеры реконструкции жилых домов первых индустриальных серий в городах России, Белоруссии и других стран СНГ, группа ученых, архитекторов и специалистов-проектировщиков под научным руководством академика С. Н. Булгакова разработала концепцию, технические решения и социально-экономические обоснования окупаемой реконструкции жилых домов пяти- и меньшей этажности по методу вторичной застройки реконструируемых кварталов и микрорайонов без сноса или с минимальным сносом существующих зданий и 2—3-кратным приростом жилых площадей. На настоящий момент вокруг этих тем ведется оживленная полемика, в ходе которой был выработан ряд реалистичных рекомендаций, которые должны помочь снизить энергопотребление зданий и сооружений. В частности, в области градостроительной политики были выработаны следующие рекомендации, краткая сводка которых приведена в работе [1]:

- Установить мораторий на расширение границ городов на сроки 20–30 лет. В течение этого периода развитие городов должно осуществляться за счет более рационального использования территорий, уплотнения застройки до нормативного уровня без освоения новых пригородных территорий и без увеличения протяженности магистральных теплопроводов, других энергосетей и транспортных маршрутов.
- Разработать технико-экономические обоснования комплексного использования традиционных централизованных и нетрадиционных систем теплоснабжения, в том числе локальных, с применением котельных контейнерного типа, размещаемых на крышах или вблизи отапливаемых зданий.
- Разработать программы завершения застройки жилых кварталов и микрорайонов с ликвидацией сквозных ветрообразую-

щих пространств и организацией замкнутых дворовых и внутриквартальных территорий.

- Разработать генеральные планы, программы и бизнес-планы вторичной застройки реконструируемых малоэтажных жилых кварталов. Проработать вопросы, связанные с утеплением ограждающих конструкций существующих домов в соответствии с новыми теплотехническими нормативами.
- Выработать планы перехода на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты и планы реконструкции тепловых сетей.
- Осуществить переход на использование крышных котельных для отопления и горячего водоснабжения с учетом прироста жилых площадей.
- Реализовать комплекс мер по экономии электроэнергии с организацией на основе этих кварталов энергетически эффективных зон городского хозяйства.
- Разработать программы использования подземного пространства (подземная урбанизация) для размещения стоянок автомашин, складских и вспомогательных помещений с использованием естественной теплоты земли или искусственных источников подогрева воздуха до положительной температуры.

Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения

Существенное влияние на удельные тепловые потери в жилых и общественных зданиях оказывают их объемно-планировочные решения и, в частности, такие показатели, как:

- соотношение площади ограждающих конструкций и общей площади зданий;
- соотношение площади оконных проемов и площади наружных стен;
- конфигурация зданий в плане, размещение их на рельефе и относительно сторон света.

В Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) разработана система так называемых ширококорпус-

ных жилых домов (ШКД) для массового строительства (авторы: акад. РААСН Рочегов А. Г., Булгаков С. Н.). Правительство РФ отметило эту работу и ее авторов премией.

Ширококорпусные дома

Ширококорпусные дома (ШКД) представляют собой одну из последних отечественных разработок. Принципиальное их отличие от домов типовых серий, строившихся до сих пор, состоит в увеличении ширины корпуса дома до 18—20 м (теоретически до 23,6 м) с соблюдением всех норм естественной освещенности, инсоляции, воздухообмена.

Поскольку ШКД почти в 1,5 раза шире обычных домов¹ (рис. 1.1), отношение полезной жилой площади к площади наружных стен увеличивается. За счет этого тепловые потери снижаются на 20—40%. По этой же причине, а также за счет возможности доведения площади жилья на один лестнично-лифтовой блок до нормативов, и более рационального использования участков застройки, стоимость квадратного метра жилья сокращается на 15—20% по сравнению с самыми экономичными сериями домов массовой застройки. Простое на первый взгляд изменение планировочных параметров ШКД обеспечивает целую гамму их преимуществ. Во-первых, повысилась планировочная маневренность — ШКД можно проектировать с любым набором квартир от 1 до 6 комнат в квартирах, расположенных как на одном, так и на двух уровнях. Во-вторых, ШКД на 20—25% экономичнее в эксплуатации, чем обычные.

На первых (нежилых) этажах таких домов без дополнительных пристроек можно размещать торговые предприятия, а в цокольных и подвальных этажах — двухрядные стоянки автомашин. Дома могут иметь любую этажность и разнообразную конфигурацию в плане (башенные, протяженные, угловые), широтную и меридиональную ориентацию, строиться на простом и сложном рельефе.

¹ Довольно полную информацию о домах различных серий (как обычных, так и ширококорпусных) см. здесь: <http://www.prime-realty.ru/tip/tip.htm>. — Прим. ред.