

# ВВЕДЕНИЕ

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 1980-х годов 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 для отопления в нем используются преимущественно внутренние тепловые ресурсы. Чтобы достичь этого, необходимо максимально утилизировать тепло выбросов, а также за счет эффективной теплоизоляции обеспечить минимизацию тепловых потерь. Следует отметить, что к принципу работы «пассивного дома» сначала относились с недоверием и в самой Германии, где эта концепция как раз и была разработана. Однако практика показала эффективность этого метода строительства, и все заказчики остались в высшей степени довольны полученными результатами.

Первый экспериментальный проект «пассивного дома» в истории Германии был реализован в 1991 году в городе Дармштадт. Авторами архитектурной части проекта явились архитекторы проф. Ботт (Bott), Риддер (Ridder) и Вестермайер (Westermeyer); разработкой и реализацией проекта руководил доктор Вольфганг Файст. Здание было полностью построено в 1991 году, сейчас в нем проживают четыре семьи. Само 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 м<sup>2</sup> отапливаемой

площади<sup>1</sup>. В 1996 году в Дармштадте был создан «Институт пассивного дома» (Passivhaus Institut)<sup>2</sup>. 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/(м<sup>2</sup> · 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 одним из наиболее энергетически эффективных зданий не только в Европе, но и во всем мире<sup>3</sup>. 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 еще одного примера можно привести проект по реконструкции жилого дома в датском городе Нестервед (Næstved)<sup>4</sup>, 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 прошлого века, что особенно актуально для нашей страны, где повышение энергетической эффективности существующих зданий является одним из наиболее приоритетных направлений.

---

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

<sup>2</sup> См. [http://www.passiv.de/index\\_phi.html](http://www.passiv.de/index_phi.html), <http://www.passiv-rus.ru/>.

<sup>3</sup> См. <http://tinyurl.com/355gdkf>.

<sup>4</sup> Подробнее об этом проекте см. <http://tinyurl.com/32cez3p>.

## 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 различий. 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 — жилой дом в городе Хоупвелл (Hopewell), штат Нью-Джерси (New Jersey). Интерес представляет тот факт, что этот дом 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<sup>5</sup> и Proton Energy Systems<sup>6</sup>. Летом солнечные батареи обеспечивают на 60 % больше энергии, чем необходимо для комфортного проживания. Избыток идет на электролиз воды для получения водорода, который используется для обогрева в холодные месяцы, когда солнечного тепла недостаточно<sup>7</sup>. Всё 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. 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, поскольку автомобиль Майка работает на водородном двигателе: 10 экземпляров таких автомобилей было выпущено на заводах Форда для проверки того, как они поведут себя в краш-тестах, и 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 минут.

<sup>5</sup> См. <http://www.swagelok.com/> и <http://www.swagelok.ru/landingpages/index-ru.htm>.

<sup>6</sup> См. <http://www.protonenergy.com/>.

<sup>7</sup> Подробнее об этом проекте см. <http://tinyurl.com/2u6fvn2>, <http://www.hopewellproject.org/pages/project.html>, <http://tinyurl.com/2vcyg6p>.

### **Водородные автомобили**

В настоящее время экспериментальные экземпляры «водородных автомобилей» производят многие крупнейшие корпорации, включая Toyota, Honda, BMW, Renault. Что же касается краш-тестов, то они показали, что автомобили на водороде будут безопаснее бензиновых<sup>8</sup>. Чтобы такие автомобили получили распространение, необходимо соответствующее развитие водородной автомобильной инфраструктуры. Такая инфраструктура уже создается: так, концу 2006 года во всем мире уже функционировало более 140 водородных автомобильных заправочных станций. Из общего количества заправочных станций, построенных 2004—2005 гг., всего 8 % работают с жидким водородом, остальные — с газообразным.

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 плюс 400 тыс. долл. гранта, полученного от New Jersey Board of Public Utilities<sup>9</sup>). 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 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 тому — концепция Passivhaus и программа Near-Zero Energy House, в рамках которых осуществляется массовое строительство энергетически эффективных зданий.

---

<sup>9</sup> См. [http://en.wikipedia.org/wiki/New\\_Jersey\\_Board\\_of\\_Public\\_Utilities](http://en.wikipedia.org/wiki/New_Jersey_Board_of_Public_Utilities)

## 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<sup>10</sup>.

## 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  $600 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ . В то же время большинство домов, сданных в эксплуатацию после выхода СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий», потребляют порядка  $350 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , 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  $1 \text{ м}^2$  жилой площади в энергетически эффективном жилом доме в среднем обходится на 8–12 % дороже, чем строительство  $1 \text{ м}^2$  традиционного для России жилого помещения. Поэтому многим компаниям выгодно финансировать строительство «энергорасточительных» жилых домов и этим обеспечивать себе более высокую прибыль.

<sup>10</sup> См. <http://www.activehouse.info>

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 экономически выгодно. Вступление России во Всемирную торговую организацию (ВТО) неуклонно приближает тарифы на тепло к уровню цен в западных странах. А с 2011 года оптовые цены на природный газ рассчитываются 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 этому можно привести такой показатель, как *градусо-сутки отопительного периода*, который является основным критерием для оценки суровости климата. Его среднее значение для стран Западной Европы составляет 2000, тогда как для европейской части России — 5000.

### **Градусо-сутки отопительного периода**

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.

По этим причинам за последние 10 лет в России все же началось строительство энергетически эффективных домов. Например, за период с 1998 по 2002 год 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.

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 этого типа. По расчетам проектировщиков, ресурс такого модернизированного здания составляет не менее 50–60 лет.

Основными причинами нерационального расходования тепловой энергии являются:

- 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 указанных недостатков, проведение энергосберегающей политики, повышение общей энергетической эффективности экономики — всё это ключевые задачи 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 ноябре 2009 года<sup>11</sup>. 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).

Положительным моментом является и то, что в последнее время создавались и создаются целевые программы по повышению энергетической эффективности. Это Федеральная программа «Повышение эффективности энергопотребления в Российской Федерации с 2008 по 2015 год», «Энергетическая

<sup>11</sup> См. <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html>

стратегия России на период до 2020 года», а также совместный проект России и ЕС «Энергоэффективность на региональном уровне в Архангельской, Астраханской и Калининградской областях», результаты которых еще предстоит проанализировать.

Кроме того, были введены новые жесткие нормативы по теплозащите зданий и тепловым потерям трубопроводов и оборудования, определяемые СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 взамен СНиП II-3–79) и СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» (актуализированная редакция СНиП 41-03–2003 взамен СНиП 2.04.14–88). С 1 января 2007 года введен в действие 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”).

ОАО «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 энергосберегающего домостроения и организацию научно-исследовательских 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

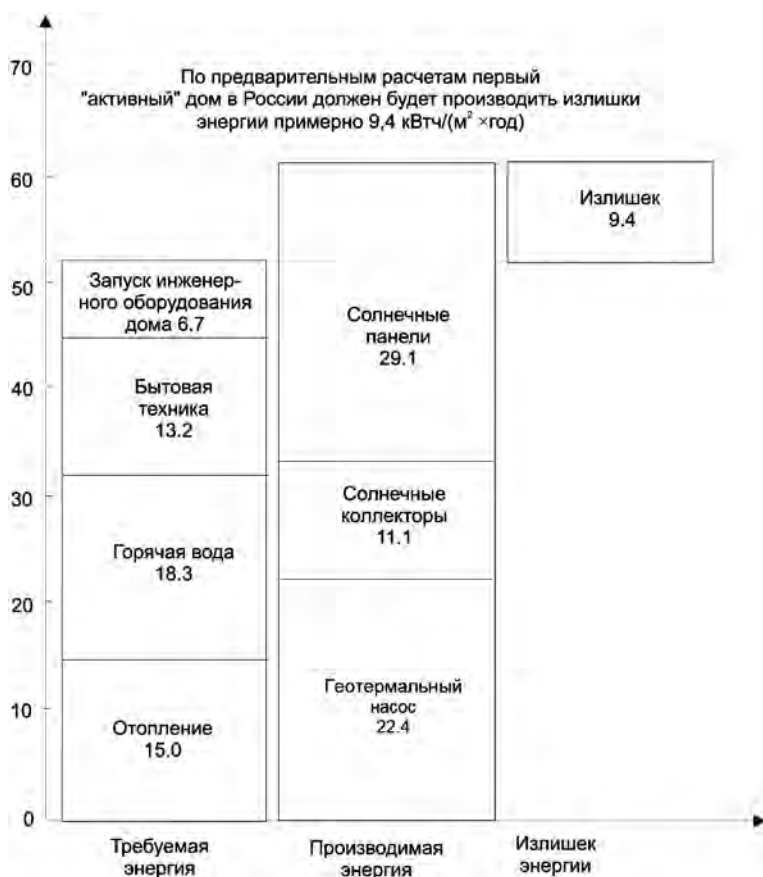
Анализируя перспективы внедрения энергосберегающих технологий в российском строительстве, нельзя не учитывать большой процент домов, сданных в эксплуатацию до середины 90-х годов XX века. Согласно статистике, в некоторых городах доля зданий старой постройки достигает 80–85 %. Таким образом, наравне с 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 энергию (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 повысить их энергетическую эффективность до действующих норм.

Впрочем, отдельные «прорывные» проекты есть и в России. Так, в Подмосковье началось строительство первого в России активного дома: его первый камень был заложен вблизи поселков Власово и Крекшино в 20 километрах от Москвы<sup>12</sup>. В соответствии с расчетными данными, этот дом должен производить энергии примерно на  $9,4 \text{ кВтч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  больше, чем потребляет (рисунок).



Проектное производство избыточной энергии первым «активным домом» в России

<sup>12</sup> См. <http://www.smpl.ru/news/sector/546>

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. В мае 2011 года завершено строительство активного дома в России, ставшего седьмым по счету. 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.

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