

Российская академия наук. Сибирское отделение  
Государственная публичная научно-техническая библиотека  
Институт теплофизики  
Проектный и научно-исследовательский институт  
АОЗТ "ЭКОДОМ"

**Серия "Экология"**

Издается с 1989 г.

**Выпуск 43**

**А.В. Аврорин, И.А. Огородников,  
Г. В. Чернова, Е.А. Чиннов**

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ.  
ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Аналитический обзор

Новосибирск, 1997

ББК Н6-642я46 + Н6-420.7я46 + У9(2Р5)305.70я46 + У9(2Р5)0-554.081я46

**Экологическое домостроение. Проблемы энергосбережения** = Ecological Housebuilding. Problems of energy saving: Аналит. обзор / А.В. Аврорин, И.А. Огородников, Г.В. Чернова, Е.А. Чиннов; СО РАН. ГПНТБ, ИТ, ГипроНИИ, АОЗТ "Экодом". - Новосибирск, 1997. - 71 с. -(Сер. "Экология". Вып. 43).

Научно-технический обзор составлен по результатам анализа научно-технической литературы, официальных и нормативных документов по энергосбережению, собственного опыта работы Проектного и научно-исследовательского института ГипроНИИ СО РАН, Института теплофизики СО РАН и АОЗТ "ЭКОДОМ".

В обзор включен широкий круг вопросов, начиная от состояния энергетики Сибири до конкретных вопросов энергосбережения при проектировании и строительстве односемейных домов и развития экологического домостроения - вопросы, которые важны для формирования энергосберегающей политики в жилищном строительстве и которые вошли и входят в практику энергосберегающей политики развитых стран.

Обзор будет полезен специалистам-энергетикам, проектировщикам и строителям в области жилищного домостроения, экологам, экономистам и специалистам, занимающимся проблемами устойчивого развития.

Авторы: А.В. Аврорин - введение, заключение, глава 2 (2.1), глава 3 (3.1 - 3.3), глава 4; Г.В. Чернова - глава 1 (1.1, 1.1.1, 1.2); Е.А. Чиннов - глава 2 (2.2), глава 3 (3.2); И.А. Огородников - глава 4 (4.1).

Ответственный редактор к.т.н. А.В. Аврорин  
Рецензент гл. архитектор СО РАН А.А. Кондратьев

Обзор подготовлен к печати к.п.н. О.Л. Лаврик  
Н.И. Коноваловой  
Т.А. Калюжной  
Ф.Б. Гершуновым

ISBN 5-7623-1108-2

© Государственная публичная научно-техническая библиотека  
Сибирского отделения Российской академии наук

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы энергосбережения в последние десятилетия и годы вошли в ранг самых приоритетных направлений государственной и международной политики и становятся одной из наиболее значимых общественных проблем. Снижение удельного потребления энергии на единицу производимой продукции и услуг стало мерилom способности общества к устойчивому развитию: долговременному обеспечению достойного человека существования при сохранении окружающей среды. Во многих странах создано специальное законодательство по энергосбережению и специализированные органы при правительствах стран и руководителях местных администраций [1]. Разработаны долгосрочные государственные и международные программы [2 - 13], поддерживаемые мощным общественным движением.

Комплекс мер по энергосбережению во всех отраслях и направлениях привел к тому, что энергоемкость продукции в развитых странах снизилась на 30 - 50% и сейчас в 2 - 3 раза ниже, чем в России, а вложение средств в сбережение энергии стало намного эффективнее увеличения ее производства [10]. С 1972 по 1986 г. США сохранили больше энергии, чем ее произвела вся национальная нефтяная индустрия.

Процесс энергосбережения всегда учитывался в производстве товаров и услуг, но из-за относительной дешевизны энергии не был ключевым в определении стоимости продукции. В настоящее время он является одним из главных факторов из-за резкого повышения стоимости энергии. Все дороже становится цена органических энергоресурсов и длиннее - транспортные связи. Обостряются экономические и социальные противоречия между странами производителями и потребителями ресурсов. Растут стандарты жизни. Растет население Земли. Обострились экологические проблемы, поэтому в стоимость энергии включается цена восстановления и охраны окружающей среды. Антропогенное воздействие на окружающую среду достигло предела, и начались необратимые изменения, грозящие перейти в катастрофу.

Чтобы предотвратить эти нежелательные изменения, мировым сообществом была сформулирована концепция "устойчивого развития", принятая Конференцией ООН по окружающей среде на уровне глав правительств [3]. Одним из главных направлений деятельности международного сообщества и каждого государства в отдельности было провозглашено всемерное сбережение энергии, максимально эффективное ее использование и переход к использованию альтернативных, экологически чистых источников энергии. На повестке дня стоит вопрос ограничения потребления энергии, который можно решить только резким увеличением эффективности ее использования, если мы хотим улучшить благосостояние жителей Земли.

Жилье - один из главных потребителей энергии и загрязнителей окружающей среды - использует до 40% производимой энергии и ответственно за 40% загрязнения окружающей среды. Как показали исследования и практика развитых стран, потребление энергии в жилищном секторе может быть сокращено в 2 раза и более, если использовать современные достижения и технологии производства материалов и оборудования, а также современные средства проектирования и строительства.

Естественно, развитые страны, которые уже имеют достаточно большой жилищный фонд, и развивающиеся страны, которые имеют большой дефицит жилья, не смогут очень быстро обеспечить все население энергоэффективным жильем, но они должны создать условия, максимально благоприятные для реконструкции старого и строительства нового энергосберегающего жилья. Нельзя продолжать строить по старым принципам. Это не только никогда не приведет к решению жилищных проблем, но заставит в ближайшее время начать реконструкцию только что построенного жилья и не даст возможности использовать жилищное строительство в качестве экономического локомотива и социального стабилизатора, возможностями которых оно обладает в большей степени, чем другие секторы экономики.

Россия, обладая огромной территорией и огромными запасами энергетических ресурсов, тем не менее обречена следовать сложившимся общемировым тенденциям энергосбереже-

ния, так как стоимость энергии для ее конечных потребителей непрерывно растет и приближается к уровню развитых стран, а экологические проблемы многих городов угрожают здоровью живущего и будущего поколений. Кроме того, на международном рынке уже возникла конкуренция в области энергосберегающих товаров и услуг, а энергоемкость продукции является ключевым фактором, определяющим стоимость продукции. Поэтому Россия должна приложить все усилия в области энергосбережения, чтобы войти в международное разделение труда с конкурентоспособной продукцией.

Сегодня энергосберегающая политика признана главным приоритетом энергетической стратегии России. Разработан и проходит процедуру принятия федеральный закон "Об энергосбережении" [5], принимаются региональные законы и постановления.

Меняется политическая, социальная и экономическая ситуация в стране. Время реформ совпало по времени с переходом к интенсивному производству с сокращением числа рабочих рук и структурной перестройкой экономики. Происходит процесс перестройки и децентрализации промышленности. Отпала необходимость в продолжении концентрации рабочей силы вокруг заводов-гигантов и дымящих труб. Все большее количество людей переходит в сферу услуг и малого предпринимательства. В соответствии с этим меняются и потребности людей в типе жилища. Новый тип жилища должен быть не только средством воспроизводства рабочей силы, но и должен соответствовать потребностям общества и обеспечить его устойчивое развитие, конечно, наряду с его стандартными, вековыми функциями по созданию благоприятных условий для жизни и развития семьи. В нарождающейся рыночной экономике строительство и эксплуатация жилья должны еще стать высокорентабельной отраслью, чтобы обеспечить необходимый приток капиталов, особенно нужный для прогресса в жилищном секторе.

Только сейчас в связи с резким удорожанием энергии начались организационные процессы по энергосбережению в жилищном секторе России. Переход от преимущественно многоэтажного домостроения к малоэтажному на базе современных научно-технических достижений, намеченный Государственными целевыми программами "Жилище" и "Свой дом" [6, 7], внес бы существенный вклад в этот процесс, одновременно решив проблему обеспечения россиян достойным человеком жилищем.

Важность и необходимость решения этих проблем подтверждается многими международными обязательствами России и прежде всего подписанной в 1992 г. в Рио-де-Жанейро главами государств на конференции ООН декларацией "Повестка дня на XXI век" [9], в которой государства взяли на себя обязательства как по решению социальных нужд населения (обеспечению пищей, достойным человеком XXI века жилищем, работой), так и по защите окружающей среды и ограничению потребления естественных ресурсов планеты.

Переход к энергосберегающим и природоохранным производству и образу жизни во всех странах сталкивается с немалыми трудностями и требует как реформирования экономических отношений, так и перехода к новому мышлению, к чему еще не готово большинство жителей и развитых и развивающихся стран. Поэтому предпринимаются все меры (законодательные и меры общественного воздействия) по пропаганде и распространению средств и методов энергосбережения: поддержка общественных организаций, создание демонстрационных зон, налоговая система и налоговые льготы, стимулирующие энергосбережение.

Все это в полной мере относится и к России, в которой проблемы экологии и экономии ресурсов непременно должны быть решены для построения процветающего здорового общества, и прежде всего в области жилищного домостроения, развитие которого в соответствии с требованиями людей и времени во многом определит темпы реформирования и развития нашей экономики.

Мировые тенденции развития жилищного строительства показывают, что односемейные жилые дома, которые проектируются и строятся с учетом современных научно-технических достижений, обладают наилучшими возможностями для решения проблем энергосбережения и удовлетворения индивидуальных потребностей людей.

## Глава 1. ЭНЕРГЕТИКА СИБИРИ

Сибирь в целом производит энергии больше, чем потребляет: по состоянию на 1995 г. производилось 1200 млн т у. т. (тонн условного топлива) топливно-энергетических ресурсов или около 83% от российского производства, а потреблялось 235 млн т у. т. - 25% от российского потребления. Электроэнергии производилось 245 млрд кВт·ч (28%) и практически столько же потреблялось; тепловой энергии производилось централизованно 345 млн Гкал (19%). Производят энергии больше, чем потребляют Тюменская, Кемеровская, Иркутская области и Красноярский край. Остальные области - энергодефицитны. Только Иркутская область и Красноярский край являются электроизбыточными, остальные электродефицитны ("+" - избыток, "-" - дефицит):

Красноярский край	+ 39%
Иркутская область	+ 23%
Томская область	- 38%
Алтайский край	- 53%
Новосибирская область	- 40%
Кузбасс	- 30%
Читинская область	- 31%
Омская область	- 28%
Бурятия	- 24%.

Дефицитные энергосистемы покупают электроэнергию на оптовом рынке через РАО "ЕЭС России", куда вошли все ГЭС и коупные тепловые станции. Естественно, самые низкие тарифы на электроэнергию в энергоизбыточных регионах и самые высокие в энергодефицитных, и отличаются в 3 - 4 раза.

Структура производства и потребления энергии в Сибири обладает следующими характерными особенностями:

1. Низкой долей использования высококачественного топлива. Если в европейских регионах России доля природного газа в балансе котельно-печного топлива составляет 65%, то энергетика Сибири в основном "буроугольная" (в отдельных регионах доля угля доходит до 90%). Газом практически обеспечена только Тюменская область. Централизованное теплоснабжение обеспечивается не только от ТЭЦ, но и от устаревших котельных. Это приводит к тому, что на долю электро- и теплоэнергетики приходится до 70% всех экологически вредных выбросов. В ряде промышленных городов гигиенически допустимые нормы по содержанию пыли в атмосфере превышены в 4 - 18 раз, по оксидам серы в 4 раза, по оксидам азота в 6 - 7 раз, а по концентрации тяжелых металлов в почве - в десятки раз.

2. Неравномерностью распределения по территории Сибири энергетических ресурсов и электроэнергетических баз. С переходом на рыночные взаимоотношения, а главное с началом либерализации цен на энергоресурсы, когда резко выросли тарифы на перевозку топлива, а тарифы на электроэнергию с оптового рынка являются монополией РАО "ЕЭС России", многие энергодефицитные области попали в критическое состояние и вынуждены прилагать усилия, так же как и отдельные потребители, для самообеспечения энергоресурсами.

3. Острой проблемой энергообеспечения удаленных потребителей, не охваченных централизованными системами обеспечения теплом и электроэнергией. Дороговизна и неста-

бильность транспортировки топлива в сочетании с низким качеством малой энергетики и высоким уровнем потребления заставляет искать нестандартные решения.

4. Высоким удельным энергопотреблением на единицу выпускаемой продукции. В Сибири (как и в целом по России) оно в 2 - 3 раза выше, чем в промышленно развитых странах и разрыв увеличивается. В коммунально-бытовом секторе расход тепла на единицу жилой площади больше в 3 - 4 раза.

В связи с этими особенностями приоритетным направлением для Сибири является сбережение энергии во всех звеньях ее производства и потребления. Затраты на создание дополнительных топливно-энергетических мощностей в 3 раза превышают затраты для приведения в действие механизмов и мероприятий по энергосбережению. Результатом увеличения энергетических мощностей будет увеличение экологически вредных выбросов в среду обитания, поэтому мы вынуждены, не без давления мирового сообщества, вплотную заняться вопросами энергосбережения.

Оцениваемый специалистами потенциал сбережения с учетом современного состояния экономики и технического уровня хозяйства составляет порядка 30% от энергопроизводства. Российская стратегия энергосбережения исходит из необходимости реализации этого потенциала и базируется на основах:

- законодательного регулирования нормативов энергопотребления и энергосбережения;
- создания экономической среды и условий, стимулирующих энергосбережение;
- проведения сбалансированной политики ценообразования, отражающей соотношение цен на топливо и энергию с ценами на другие виды продукции;
- снижения удельной энергоемкости производства продукции;
- структурной и технологической перестройки энергетической отрасли.

### **1.1. Энергетические проблемы коммунально-бытового сектора**

Коммунально-бытовой сектор является наиболее крупным потребителем энергии в Сибири: 24% (56 млн т у. т.) от всей потребляемой энергии, из них 13% (32 млрд кВт·ч) от потребляемой электроэнергии и 40% (140 млн Гкал) тепла от централизованных систем теплоснабжения. Электрообеспечение осуществляется централизованно от территориальных энергосистем, объединенных в единую энергосистему Сибири.

Душевое энергопотребление в Сибири ниже мировых и российских норм. При сложившейся структуре производства и потребления дефицит энергии является одним из основных сдерживающих факторов в развитии Сибири. Концепция социально-экономического развития России ставит задачу увеличения нормы потребления энергии на душу населения. В то же время: при складывающихся рыночных взаимоотношениях и уменьшении государственной поддержки населения как льготного потребителя энергии, остро встает вопрос о минимально необходимом обеспечении коммунально-бытового потребителя электроэнергией и, особенно, теплом, а следовательно, о максимально возможной их экономии.

Стоимость электроэнергии для потребителя сейчас составляет приблизительно 1/5 часть от мировой стоимости. При переходе к рыночным отношениям тарифы на энергию будут неизбежно увеличиваться. В коммунально-бытовом секторе и в сельскохозяйственном производстве цены на энергоресурсы должны быть как минимум не ниже их себестоимости, что неизбежно приведет к пересмотру структуры и объемов потребления. Например, широкое использование электроэнергии в быту на отопительные нужды является экономически неэффективным ожиданием, несмотря на то, что электроэнергия является экологически чистым теплоносителем.

Тарифы на энергию для бытового потребления в странах Запада выше, чем тарифы для промышленных предприятий. Это обусловлено менее удобными условиями и графиком потребления электроэнергии (утренние и вечерние пики нагрузки, менее высокое эксплуатационное напряжение, обуславливающее дополнительные потери, рассредоточенность потреби-

теля). Очевидно, в России тарифы на электроэнергию в промышленности и бытовом секторе будут стремиться к соотношению (40%):(60%) аналогично индустриально развитым странам.

Кризис 1973 г. в странах Запада вызвал резкий рост цен на энергоносители и стимулировал процессы энергосбережения во всех секторах экономики и жизни.

В городах и промышленных центрах Сибири развиты и продолжают развиваться крупные системы теплоснабжения на базе теплоэнерго-центральных, достигшие уже в настоящее время в отдельных городах 1000 -2000 МВт и более. Из суммарного отпуска тепла более 50% приходится на долю тепловых электростанций, 44% - на долю промышленных и отопительных котельных, из них 25% - это мелкие котельные производительностью до 20 Гкал/ч и менее. Теплоснабжение на базе электродкотельных и электробойлерных развито в избыточных по электроэнергии районах Красноярского края и Иркутской области и составляет не более 1,5% от общего уровня теплопотребления. Порядка 3% отпускаемого тепла производится утилизационными установками.

Из суммарного расхода топлива на выработку тепловой энергии расходуется до 60%. Основным видом топлива является уголь, который в балансе ТЭС составляет до 75%, в балансе котельных до 50%. Высококачественные виды топлива (газ, мазут) в балансе ТЭС и котельных составляют 15%, без учета газа Норильского энергорайона, по остальной территории они не превышают в общем расходе 10%, из которых порядка 65% приходится на долю котельных. Около 75% потребляемых высококачественных видов топлива расходуется на выработку теплоэнергии. Единственный район в Сибири, работающий на природном газе, - Норильский энергорайон с суммарным потреблением газа порядка 4,7 млн т у. т.

Все крупные теплопроизводители работают преимущественно на местных топливных базах - это угли Кузнецкого, Канско-Ачинского, Иркутского, Хакасского и Забайкальского бассейнов. В небольших количествах используется газ из Тюменской и Томской областей в Западной Сибири, Норильский газ - на электростанциях Норильского энергоузла Красноярского края.

К числу основных проблем теплоснабжения городов Сибири относятся:

большая продолжительность стояния низких температур. Годовое теплопотребление сибирских городов превышает теплопотребление равных им городов центральной и южной части России, что побуждает к сжиганию большего количества топлива и вызывает большее превышение удельных выбросов вредных веществ в дымовых газах котельных установок над нормативными;

постоянный дефицит тепловых мощностей почти во всех городах Сибири, в среднем достигающий до 10 - 15% от требуемой тепловой мощности;

высокая стоимость строительства источников тепловой энергии и тепловых сетей в Сибири: в 2 - 2,5 раза, а в отдельных районах в 3,5 - 4 раза выше, чем в центральных районах России;

высокая степень централизации тепловых мощностей, достигающая по отдельным городам до 80 - 85%, и запущенность вопросов разработки и сооружения современных экономических и экологически приемлемых средних и мелких источников тепла;

поступление на теплоэнергоцентрали непроектного, низкого качества топлива, что вызывает снижение производительности котлоагрегатов и даже мелких котельных при более низких требованиях к качеству топлива (слоевое сжигание). Неупорядоченность обеспечения топливом городов является одной из основных причин существующего крайне неудовлетворительного состояния теплоснабжения;

прямая привязка котельных к угольным предприятиям-поставщикам, которая не только ненадежна, но и экономически невыгодна в условиях рыночной экономики;

недостаточная обеспеченность городов и населенных пунктов высококачественными видами топлива: газом, мазутом, которые составляют не более 10% от общего количества топлива;

низкий уровень технической оснащенности средств транспортирования и распределения тепловой энергии, отсутствие средств автоматического регулирования и учета;

тяжелые условия эксплуатации тепловых сетей в условиях подземной прокладки и без резервирования. Средний фактический срок службы теплопроводов составляет порядка 20 – 25 лет при протяженности основных тепломагистралей в городах 15 - 20 км и более:

практически полное отсутствие резервных тепловых мощностей на станциях и котельных, и невозможность за короткий неотопительный период проведения качественных ремонтных работ и профилактики основного оборудования;

высокая степень изношенности оборудования и отсутствие возможности замены узлов и деталей из-за снятия их с производства. Порядка 40% мощностей ТЭЦ отработали свой энергоресурс, требуют повышенных ремонтов с повышенными материальными затратами;

неэффективная теплоизоляция как систем теплоснабжения, так и жилого фонда. Последние два фактора, за счет которых и можно получить наибольшую экономию, требуют коренной реконструкции жилого фонда.

Сложившаяся структура коммунально-бытового потребления энергетически неэффективна и по оценкам специалистов до 30 - 40% энергии от общего потенциала энергосбережения (30%) может быть сэкономлено за счет снижения теплопотерь в распределительных тепловых сетях: автоматического регулирования и учета расходов энергии, повышения материальной заинтересованности потребителей в сбережении энергии, децентрализации теплоснабжения с сокращением протяженности тепломагистралей и тому подобных мер (иными словами, мероприятий первого этапа энергосбережения). Это составит минимум 10% от потребляемой в настоящее время энергии или сэкономит порядка 8 млн т у. т. по всей Сибири в целом. Более серьезные меры: повышение качества топлива, реконструкция 80% существующего жилищного фонда и переход к массовому строительству энергоэффективного жилья с автономными системами энергообеспечения, позволят сократить в несколько раз удельное энергопотребление, существенно улучшат экологическую обстановку в населенных пунктах Сибири. Эти мероприятия в широких масштабах требуют больших капитальных вложений и в полной мере возможны будут к осуществлению лишь при подъеме экономики. Но они и сами по себе способны повлиять на развитие экономики и обладают так называемым мультипликативным эффектом, т.е. стимулируют развитие комплекса отраслей, создавая эффект устойчивого экономического и социального развития. Прежде всего к ним относится развитие энергоэффективного малоэтажного строительства жилых домов, которое, как показывает международная практика, может стать экономическим и социальным локомотивом перехода страны к устойчивому развитию.

Следующим этапом деятельности по энергосбережению должна стать выработка наилучшей практики поддержки и стимулирования наиболее прогрессивных направлений развития производства и строительства с точки зрения энергосбережения. При формировании программ по энергосбережению в жилищном секторе необходимо дать ответ на следующие вопросы:

1. Каков потенциал энергосбережения?
2. Сколько стоит энергосбережение?
3. Какие субъекты заинтересованы в энергосбережении?
4. Каков механизм привлечения средств?

Отвечая на первый вопрос, необходимо вспомнить, что только децентрализация энергоснабжения и автоматический учет потребления дает экономию энергии в 30% без учета снижения потребления у конечных пользователей. Учитывая, что доля жилья в энергопотреблении составляет 30 - 40%, то только перевод жилья на автономные системы энергоснабжения может привести к экономии энергии в размере 10% от общероссийского потребления без его снижения на душу населения. Если же энергия у конечного потребителя будет использоваться более эффективно, а практика показывает, что потребление может быть снижено в 2 раза и более, то появляется возможность удовлетворять потребности нашего населения без расширения действующих мощностей по производству энергоресурсов и энергии.

Наибольшее сокращение удельного потребления энергии может быть достигнуто при переходе на строительство односемейных домов-усадеб в индивидуальной собственности, где



наиболее полно проявляется личная заинтересованность граждан в энергосбережении. Но добиться этого можно только существенным реформированием нашего строительного комплекса и строительной индустрии. Необходимо разработать, а на первом этапе было бы выгодней адаптировать международные стандарты на проектирование и строительство энергоэффективных домов, наладить индустриальное производство материалов, узлов и конструкций в соответствии с этими стандартами, поставить систему обучения специалистов и рабочих, создать действующие органы контроля за качеством работ и службы эксплуатации. Главное, наладить систему финансирования с привлечением средств населения. Кредитование под честное имя трудящихся при государственных гарантиях было бы наиболее прогрессивной и беспроблемной формой, стимулирующей не только строительство, но и честный бизнес, в примерах которого остро нуждается наша экономика.

Начинать этот сложный, но неизбежный процесс лучше всего с организации демонстрационных зон и экспериментальных поселков, создав необходимые условия для энтузиастов и распространяя их опыт.

### **1.1.1. Энергетика в коммунально-бытовом секторе Новосибирской области**

Новосибирская область является дефицитной по обеспеченности всеми видами топливно-энергетических энергоресурсов:

\* Топливо. Более 93% потребляемого топлива завозится со стороны и принципиальных изменений не ожидается. При снижении на 24% общего потребления топлива за 1990 – 1995 гг. потребление собственного топлива, однако, осталось на прежнем уровне (около 1000 тыс. т у. т.).

\* Электроэнергия. За счет собственного производства обеспечивается порядка 60 - 70% потребности в электрической и тепловой энергии. Недостающая энергия поставляется из Федерального оптового рынка эчергии.

\* Теплоснабжение. Осуществляется централизованно (порядка 50%) АО "Новосибирск-энерго" от ТЭЦ через тепловые сети и от крупных промышленных и ведомственных котельных. При общем снижении за 1990 -1995 гг. теплотребления на 9% снижение централизованного потребления произошло на 15%, остальное компенсировалось дополнительной выработкой на коммунальных котельных.

Спецификой электропотребления и теплотребления Новосибирской области является высокий удельный вес льготного потребителя - населения (31% и 59% соответственно). С начала экономических реформ по 1994 г. среднесистемные тарифы на электроэнергию выросли в 3314 раз, на теплоэнергию в 4605 раз, а для населения всего в 425 раз. За счет этого на 1-й квартал 1995 г. среднесистемный тариф на электроэнергию был увеличен приблизительно на 30%, чтобы снизить финансовый прессинг на промышленного потребителя.

Большие затраты на транспортировку и закупку электроэнергии диктуют необходимость снижения зависимости от внешних поставщиков и переход на большее самообеспечение энергоресурсами (топливом, теплом).

Неэффективная структура и плохое техническое состояние энергетических сетей требуют разработки новой концепции теплоснабжения г. Новосибирска и реконструкции в сторону децентрализации и перехода на индивидуальные источники обогрева. Причина этого как в высоких потерях в сетях в силу их высокой изношенности и большой протяженности (по данным статотчетности потери составляют порядка 4 - 7%, по данным экспертов - порядка 25 - 30%, что является более реальной цифрой), так и намеченный переход к преимущественно малоэтажной застройке с автономными энергоисточниками.

Чтобы стимулировать энергосбережение, прежде всего необходимо проводить политику постепенного повышения цен на энергоносители для коммунально-бытового потребителя, ориентируясь в перспективе на соотношение уровня цен в экономически развитых странах. Эта группа потребителей наиболее чувствительна к повышению цен (энергия для нее конечный продукт потребления) и именно в этом секторе может быть скорее всего достигнут эф-

факт энергосбережения. При этом необходимо разработать систему компенсаций населению дополнительным увеличением зарплаты, пенсий, пособий.

Следующими в числе главных условий перехода к энергоэффективности являются изменение структуры теплообеспечения, ее децентрализация, повышение энергоэффективности существующего жилья и строительство нового с минимально возможным на современном уровне энергопотреблением. Ориентировочно оцениваемый в 30% потенциал энергосбережения от энергопотребления, по экономическим, техническим и технологическим причинам, прежде всего, должен быть реализован в коммунально-бытовом секторе, в том числе в жилищном строительстве.

Его реализация возможна при активной государственной (на всех уровнях) поддержке. Она определяется налоговыми льготами при создании энергосберегающих конструкций и оборудования, нормативно-правовой базой, обеспечивающей гарантии инвестициям при создании энергосберегающих конструкций и технологий.

В ближайшей перспективе можно реально говорить только о формировании государственной политики, направленной на изменение системы управления в энергосбережении, предусматривающей создание фондов, организацию демонстрационных зон, принятие Кодекса законов об энергосбережении с введением нормативно-законодательных актов, предусматривающих экономические санкции за превышение норм расхода при существующих технологиях и т.д. В поддержку этому разработан и принят пакет документов и создан ряд организаций [11 - 16].

Ресурсы для осуществления мероприятий по энергосбережению должны быть найдены в регионах. Так, в Новосибирской области создан "Фонд энергосбережения и развития ТЭК НСО", а в настоящее время в Комитете по промышленности, строительству, транспорту и энергетике рассматривается проект Закона "Об энергосбережении на территории Новосибирской области". Его обсуждение и принятие планируется до конца текущего года. Проект предусматривает возложение на региональные органы власти разработку региональных энергетических программ, образование системы управления энергосбережением, формирование региональных-внебюджетных межотраслевых фондов.

## **1.2. Потенциал энергосбережения в жилищном строительстве**

Сбережение энергии при проектировании и строительстве жилых домов прежде всего достигается:

- 1) рациональной архитектурой дома и его размещением на местности;
- 2) уменьшением теплопотерь через ограждающие конструкции, включая окна и двери;
- 3) использованием искусственной вентиляции с рекуперацией тепла и уменьшением неконтролируемого воздухообмена;
- 4) использованием автономных генераторов тепла и дополнительного использования солнечной и других видов энергии;
- 5) программным регулированием температуры и других климатических характеристик в доме;
- 6) установкой водосберегающего оборудования и устройств, уменьшающих потребление горячей воды;
- 7) сбережением электроэнергии на освещение с помощью новых типов светильников и использованием более эффективных приборов (холодильников, телевизоров и др.);
- 8) уменьшением теплопотерь при сбросе сточных вод;
- 9) энергосберегающим образом жизни;
- 10) компьютерным математическим моделированием и оптимизацией всех характеристик дома в комплексе;
- 11) использованием строительных материалов с минимальной затратой энергии на их производство и транспортировку;

12) использованием строительных технологий без тяжелых строительных машин и оборудования;

13) рациональной организацией строительных работ и сокращением сроков строительства;

14) использованием высококачественного энергосберегающего оборудования с длительными сроками пользования. Относительные величины сбережения энергии по основным статьям расходов при эксплуатации домов приведены в **табл. 1.1.**

Предельные величины экономии по статьям энергетических затрат были взяты из различных источников и, по сути являются экспертной оценкой. Естественно, одновременно невозможно достигнуть всех пределов и часто это ненужно. Цифры экономии энергии должны определяться оптимизационными расчетами, учитывающими ряд противоречивых параметров. Например, повышение стоимости материалов и работ при чрезмерном утеплении дома.

Использование последних достижений науки и техники позволяет сократить энергозатраты в несколько раз по сравнению с теми, что неизбежны при действующей нормативной базе и строительных технологиях. При этом можно отметить три уровня их решения:

- 1) в соответствии с действующими в России по настоящее время нормами и стандартами;
- 2) действующими на Западе и вводимыми новыми СНиП в России с 1996 г.;

3) рекомендуемыми на 1997 - 2000 гг. В **табл. 1.2.** приведены характеристики каждого уровня. Первый уровень характеризуется низким тепловым сопротивлением ограждающих конструкций ( $R = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ), естественным неконтролируемым воздухообменом и вентиляцией, освещением низкоэффективными лампами накаливания.

Т а б л и ц а 1.1.

Потенциальные возможности сохранения энергии при проектировании экодомов относительно основных статей расхода в обычном доме, %

Энергосберегающее мероприятие	Статья расхода энергии	Относительное количество энергии	
		расходуемой в обычном доме	сохраняемой
Оптимизация отношения поверхности к объему дома с учетом солнечной и ветровой ориентации	Отопление	60 ( $p_1$ )	до 18 ( $k_1$ )
Повышение теплоизоляции и герметичности ограждающих конструкций ( $R = 4 - 7$ )	—"	—"	50 - 70 ( $k_2$ )
Использование автономных отопительных систем с авторегулировкой нагревательных приборов	—"	—"	до 30 ( $k_3$ )
Повышение теплоизоляции окон	—"	—"	до 30 ( $k_4$ )
Использование солнечной и ветровой энергии с аккумуляцией тепла	—"	—"	30 ( $k_5$ )
Установка искусственной вентиляции с рекуперацией тепла (45%)	Вентиляция, кондиционирование	15 ( $p_2$ )	до 30 ( $l$ )
Повышение эффективности нагрева и расхода горячей воды	Горячее водоснабжение	10 ( $p_3$ )	30 - 50 ( $m$ )
Освещение	Электричество	10 ( $p_4$ )	50 - 75 ( $n$ )
Биологическая утилизация отходов	—"	5 ( $p_5$ )	90 ( $q$ )
Сумма		100	71,5*

\* Общее относительное количество сохраняемой энергии подсчитано при предельных больших значениях по формуле:

$P = 100(1 - [p_1(1 - k_1)(1 - k_2)(1 - k_3)(1 - k_4)(1 - k_5) + p_2(1 - l) + p_3(1 - m) + p_4(1 - n) + p_5(1 - q)])$ , где буквенные коэффициенты равны соответствующим им величинам в процентах, деленным на 100.

Т а б л и ц а 1.2

Основные характеристики односемейных домов на трех стадиях развития домостроения

Показатель	Теплосопротивление (R), м <sup>2</sup> ·°С/Вт		
	R ~ 1	R > 3	R > 5
Вентиляция	Естественная	Искусственная рекуперацией	Искусственная с рекуперацией и поддержанием микроклимата, чистоты воздуха
Неконтролируемая инфильтрация, объем/ч	> 1,5	< 0,5	< 0,5
Окна R	0,3	> 0,5	> 0,5
Тепловое снабжение	Централизованное	Автономное	Автономное с рекуперацией
Горячее водоснабжение	Централизованное	Автономное	Автономное со сбережением
Освещение	Лампы накаливания	Лампы с увеличенной на 50% эффективностью	Люминесцентные лампы
Альтернативные источники энергии	Нет	Солнечные коллекторы для горячего водоснабжения	Различные типы
Переработка отходов	Централизованная	Автономная и централизованная	Автономная

Второй уровень [17, 13] характеризуется повышенным теплосопротивлением (теплосопротивление ограждающих конструкций R не менее 3);

повышенной герметичностью ограждающих конструкций, препятствующих неконтролируемому проникновению воздуха (инфильтрации и эксфильтрации), влаги и паров; использованием высокоэффективных окон и дверей; искусственной вентиляцией помещений с рекуперацией тепла; использованием автономных систем обогрева с программной регулировкой температур; систем экономии расхода воды; использованием солнечных коллекторов для горячего водоснабжения; использованием люминесцентных ламп для освещения. Позволяет в 2 - 3 раза снизить энергопотребление при строительстве и эксплуатации дома.

Третий уровень [19 - 21] характеризуется как суперизолированный дом с автономными системами жизнеобеспечения и с использованием всех средств энергосбережения, включая альтернативные источники энергии, регулируемый микроклимат в доме, замкнутые циклы утилизации отходов и высокопродуктивный участок земли. Третий тип дома в разных странах называется по-разному: естественный дом, солнечный дом, экологический дом, дом будущего и др. В России получило распространение название "экодом".

В принципе экодом даже в умеренных широтах может обходиться без топливных генераторов тепла, но с точки зрения капитальных затрат и удобств эксплуатации более практично использовать генераторы небольшой мощности (топливные или электрические).

В США, Канаде, Швеции, Германии налажена индустрия, обеспечивающая строительство домов 2-го типа, которое обеспечено нормативной, конструкторской и проектной документацией [18 - 28]. Второй тип является по сути улучшенной конструкцией первого типа дома без существенного изменения внешнего вида и внутренней планировки.

Третий тип дома - это уже качественно новый дом, где архитектура и планировка больше подчинены функциональным особенностям и определяются новым образом жизни - жизни

на принципах устойчивого развития, когда потребление энергии и ресурсов ограничено тем количеством, которое мы можем вернуть в природу, а организация производства и жизни планируется на принципах замкнутых природовосстановительных циклов. Чтобы обеспечить при этом благоприятные условия жизни, необходимо крайне экономно, с использованием новейших достижений науки, техники и практики расходовать энергию и материальные ресурсы.

Современный жилой дом - это уже сложная, многопараметрическая система. Если мы ставим задачу минимизации отдельных характеристик, изменения которых сильно влияют на всю систему, мы должны решать задачу нахождения оптимума. Как правило, такие задачи в наше время решаются с помощью компьютера. В этом случае очень важно использование в практике проектирования оптимизационных программ, работающих на общей базе со стандартными системами компьютерного проектирования. Правильное соотношение характеристик дома является ключевым в вопросах сбережения энергии и разумной минимизации стоимости дома. Мы можем сколько угодно утеплять стены, но не получим желаемого эффекта, если не предпримем меры, предотвращающие неконтролируемый обмен воздухом со внешней средой, или не утеплим в достаточной мере окна и двери.

## Глава 2. АРХИТЕКТУРА ДОМА И ЕГО РАЗМЕЩЕНИЕ НА МЕСТНОСТИ

Один из простейших путей сбережения энергии и материалов - упрощение конфигурации дома. При этом чем меньше отношение поверхности здания к его объему, тем меньше теплопотери и расход материалов [29, 30]. Одноэтажные дома типа "Бунгало" (рис. 2.1) имеют среднее отношение 0,38, что является довольно большим отношением. Дома с разноуровневой планировкой при той же самой общей площади (площади полов), но в 1,5 этажа имеют соотношение около 0,25, что существенно лучше.

Блокирование домов также может сохранить энергию и ресурсы, так как устраняет потерю через две стены, т.е.  $1/3$  потерь для средней секции и  $1/6$  для крайних. Эффективное планирование внутренних помещений дома приводит к сохранению затрат материалов и энергии. Цель архитектора: добиться наименьших размеров дома при заданной полезной площади и без нарушения комфорта его обитателей. Это эффективное использование чердачных и подвальных помещений, либо их полное устранение. Проектирование открытых планов, например, объединенных гостиной, столовой и кухни; открытых холлов

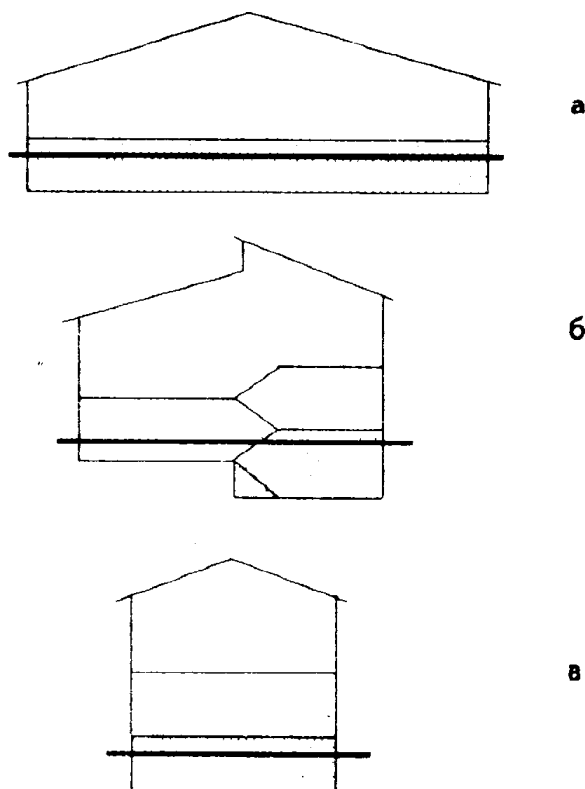


Рис. 2.1. Типичные схемы односемейных домов:

- а - одноэтажный дом типа "Бунгало"; б - полудвухэтажный дом с разноуровневыми планами;
- в - двухэтажный дом (коттедж).

вместо коридоров. Это приводит к выравниванию условий теплопередачи и облегчает вентиляцию помещений. Наилучшими характеристиками обладают помещения круглые в плане. Иллюзия больших пространств может создаваться не только увеличением размеров, но и использованием горизонтальных линий, слегка наклонных потолков, незамкнутых и недостигающих потолка разделительных перегородок.

Оптимально конфигурация здания по периметру плана и по вертикали может привести к существенному сбережению энергии, что показано на **рис. 2.2** и **табл. 2.1** [29]. План в форме "Н" имеет отношение площади к периметру 0,87, что может соответствовать площади внешних стен 160 м<sup>2</sup> для общей площади пола 93 м<sup>2</sup> и отношение увеличивается при переходе от одной фигуры плана к другой. Отношение периметра к площади при одинаковой высоте пропорционально отношению поверхности к объему.

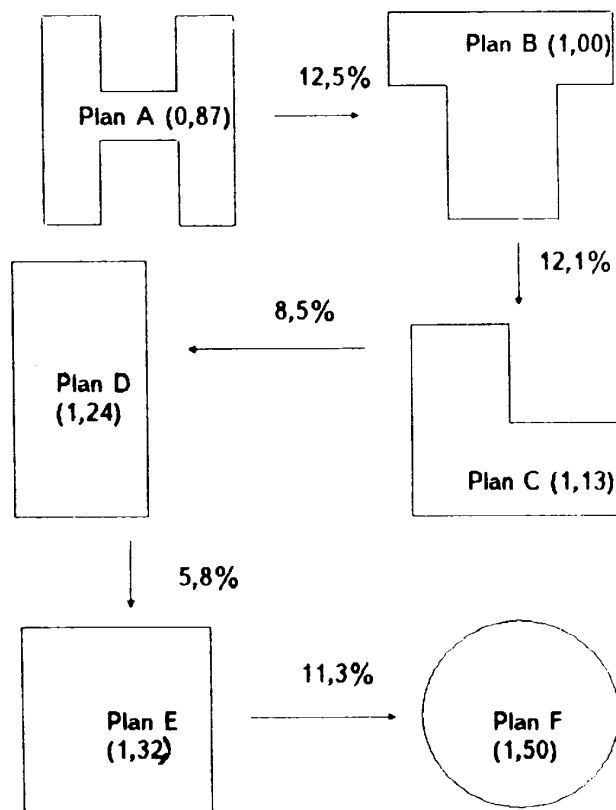


Рис. 2.2. Влияние конфигурации на отношение площади к периметру здания при одинаковой площади

Т а б л и ц а 2.1

Зависимость энергопотребления от конфигурации дома при площади пола 93 м<sup>2</sup>

План	Отношение	Площадь стен, м <sup>2</sup>	Энергопотребление, кВт	Цена, \$
A	0,87	160	2859	137
B	1,00	140	2501	117
C	1,13	123	2198	103
D	1,24	112	2001	94
E	1,32	106	1894	89
F	1,50	94	1659	79

При плане в виде круга мы имеем наилучшее соотношение, но при этом могут возрасти затраты на строительство и трудности с внутренней планировкой.

При общих теплотехнических расчетах дома с учетом притока солнечной энергии и ее использования для обогрева дома [31, 32] большей теплоэффективностью будут обладать дома с большей площадью поверхности, обращенной в южную сторону, поэтому форма энергоэффективного дома будет вытягиваться в направлении восток-запад: круг - в эллипс, квадрат - в прямоугольник.

Естественно, сбережение энергии сильно зависит от размещения и ориентировки дома на местности, особенно, если солнечная или ветровая энергия используется как составляющая в энергетическом балансе дома. Малоэтажные дома имеют при этом преимущества перед многоэтажной застройкой, так как обладают значительно более высокими возможностями учета влияния ландшафтов и внешней окружающей среды без ее существенного нарушения.

Принципы использования ландшафта широко описаны в литературе и учебниках по архитектуре и за последние годы не появилось ничего нового в этих вопросах [31], поэтому обзор литературы по этим вопросам не проводился. Оценить количественно влияние этих факторов на энергосбережение очень трудно, так как они зависят от климатических зон, топографии, типов и назначения домов, вопросов стоимости и условий застройки и т.д. При застройке городов очень часто этими вопросами приходится пренебрегать в значительной степени из-за изначально жестко заданных условий застройки. Но цифра экономии энергии может колебаться от 0 до 50% потерь энергии за счет неучета этих факторов.

Ниже перечислены основные мероприятия при архитектурном проектировании жилых домов, которые приводят к сбережению энергии:

1. Упрощение конфигурации дома. Минимизация отношения площади поверхности к объему.

2. Минимизация размеров дома при условии ненарушения условий комфорта (отношение жилой площади к технической).

3. Оптимизация внутренней планировки (открытые планы), функциональная оптимизация (уменьшение расходов на отопление и вентиляцию, буферные зоны).

4. Максимальная защищенность и прочность от внешних воздействий (уменьшение затрат на содержание и ремонт, водоотведение, долговечность материалов).

5. Использование возобновляемых и имеющих возможность вторичного использования материалов.

6. Оптимальная ориентация и размещение дома.

## 2.1. Теплоизоляция ограждающих конструкций

Наибольшее внимание при проектировании энергоэффективных домов уделяется снижению утечек тепла через ограждающие конструкции: внешние стены, крышу, потолок, окна, двери, конструкции фундамента. Как уже отмечалось, теплоэффективность дома может быть повышена только при комплексном учете всех факторов: размещении домов и их ориентации, оптимизации архитектурных форм и планировок, обеспечении комфорта и здорового микроклимата внутри дома, эстетической привлекательности, безопасности, долговечности и других. Но достаточно высокая теплоизоляция ограждающих конструкций является одним из необходимых условий повышения теплоэффективности, так как 60% и более тепла уходит через ограждающие конструкции без всякой пользы при действующей практике проектирования и строительства, поэтому только при решении вопроса теплоизоляции корпуса дома можно говорить о других мерах энергосбережения. Пример распределения потерь тепла в теплоизолированном доме ( $R = 3$ ) приведен на рис. 2.3 [29], который показывает важность учета всех видов потерь тепла.

Физически теплопотери происходят за счет обмена теплом с внешней средой, температура которой для наших условий в большинстве случаев ниже, чем поддерживаемая в доме.



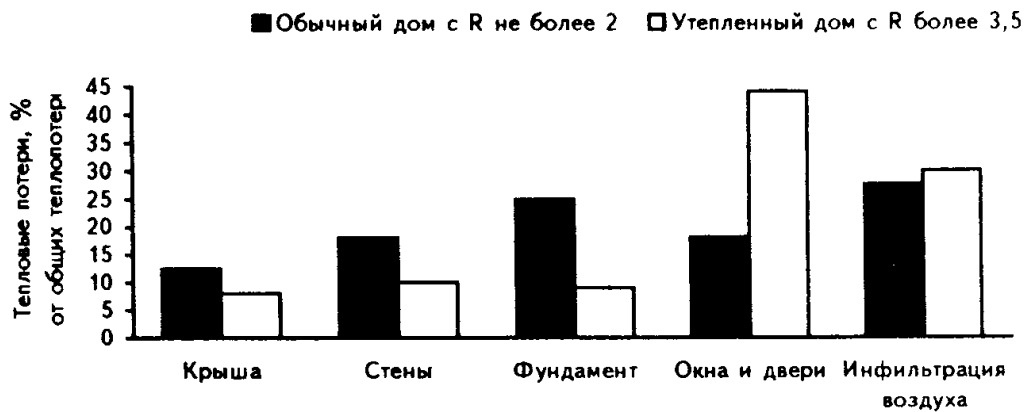


Рис. 2.3. Распределение тепловых потерь в традиционном и утепленном доме

Теплообмен происходит за счет теплопроводности конструкций, радиационной передачи тепла, конвективного теплообмена и прямого воздухообмена через неплотности конструкции. Влияние этих механизмов на общие теплотери дома зависит от требуемых технических характеристик дома: при теплосопротивлении стен дома  $R = 1$  и окон  $R = 0,5$ , что соответствует нашим нормам до 1966 г., основные потери (более 70%) происходят за счет теплопроводности стен и окон. Если же теплосопротивление стен поднимается до  $R = 3$  и окон до  $R = 1$ , то потери за счет неконтролируемого воздухообмена и радиационного переизлучения становятся сравнимыми с потерями через стены и без их снижения невозможно добиться теплоэффективности дома. Поэтому в современных домах корпус дома герметизируется малопроницаемыми для воздуха и пара воды материалами. Для уменьшения радиационных потерь применяют радиационно-отражающие покрытия. Приток воздуха для дыхания обеспечивается через вентиляционные установки после очистки с заданной температурой, энергия для чего извлекается из выбрасываемого наружу отработанного воздуха. Такой режим герметизации и термостатирования дома при соответствующей теплоизоляции позволяет в несколько раз снизить теплопотребление дома.

Чем выше требования к теплоэффективности дома, тем выше становятся требования к точности исполнения задаваемых проектом конструкций, а следовательно, требования к исходным материалам и качеству исполнения работ. Действующие в настоящее время нормы и правила не могут быть повышены просто их директивным изменением, необходимо достичь соответствующего уровня строительных технологий, качества материалов и квалификации исполнителей.

На рис. 2.4 и 2.5 приведены фотографии и некоторые поясняющие материалы для двух типов домов, обладающих наилучшими энергетическими характеристиками. Дом в Ватерлоо (Waterloo Region Green Home), на базе которого действует демонстрационный центр [19], использует для жизнеобеспечения только 1/4 часть энергии по сравнению с традиционными. Это каркасный дом с утепленным фундаментом и подвальными помещениями, которые используются как жилые. Сравнительные данные по теплосопротивлению ограждающих конструкций приведены на рисунке. Этот тип дома может быть отнесен к третьему типу домов, соответствующих принципам устойчивого развития.

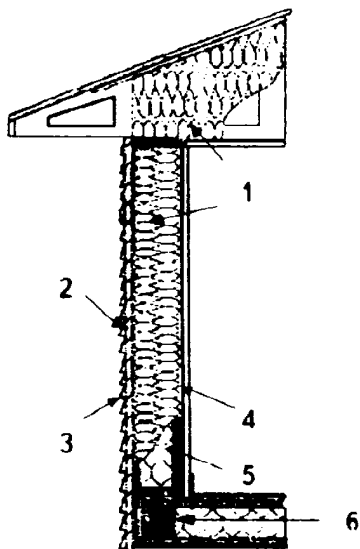
Дом на рис. 2.5 [21] (British Columbia Advanced House) обладает примерно теми же энергетическими характеристиками. Отличается тем, что строится из панелей, производимых заводским способом. Сборка такого дома может быть проведена в течение нескольких недель, чем существенно снижаются затраты на его строительство и экономится энергия.



**Рис. 2.4. Зеленый дом в Ватерлоо (Канада) с повышенным уровнем теплоизоляции:**

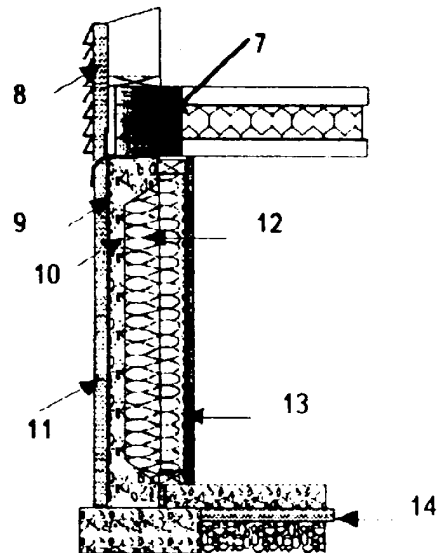
стены  $R = 5,9$ ; стены цокольного этажа  $R = 4,9$ ; пол  $R = 1,4$ ; потолок  $R = 10,6$ ; двери  $R = 1,1$ .

В доме энергоэффективные окна с тройным остеклением. Строительные и отделочные материалы изготовлены из переработанных, ранее использовавшихся материалов.



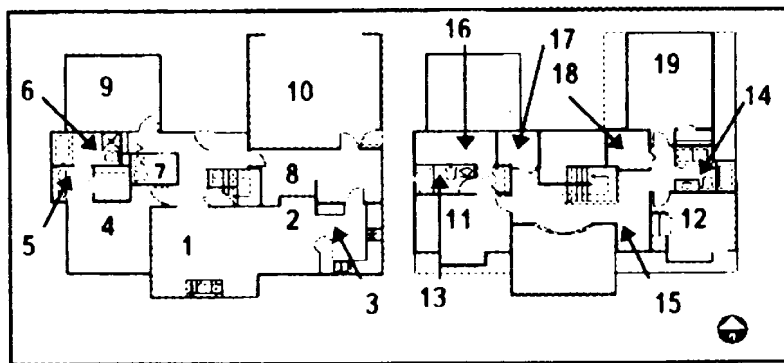
**Конструкция стены:**

1 - теплоизоляция из целлюлозной ваты; 2 - защитное покрытие из древесно-волоконистых полиизоциануратовых плит; 3 - внешняя отделка из отработанной древесины; 4 - парозащитный барьер из полихлорвинила; 5 - деревянная обрешетка для поддержки теплоизоляции; 6 - вспененный полиуретан (без фреонов).



**Конструкция стены цоколя-фундамента:**

7 - теплоизоляционная плита; 8 - теплоизоляция из внешнего полистерена; 9 - полистиленовая влагоизоляция; 10 - бетонный блок; 11 - теплоизоляция из стекловолоконных плит; 12 - теплоизоляция из целлюлозной ваты; 13 - полистиленовый парозащитный барьер; 14 - полистиленовая теплоизоляция.



План первого этажа - 149,3 м<sup>2</sup> и гаража - 42,9 м<sup>2</sup>:  
 1 - большая комната; 2 - столовая; 3 - кухня; 4 - спальня родителей; 5 - гардероб, умывальня; 6 - ванная комната; 7 - туалет; 8 - техническая комната; 9 - кабинет; 10 - гараж.

План второго этажа - 106,4 м<sup>2</sup>:  
 11 - 12 - спальни; 13 - 14 - ваннные комнаты; 15 - библиотека; 16, 17, 18 - кладовки; 19 - гостевая спальня.



Рис. 2.5. Сборный дом с повышенными теплоизоляционными характеристиками:

Теплосопротивления крыши  $R = 7,74$ ; стен  $R = 5,45$ ; пола  $R = 6,16$ .  
 Окна с тройным остеклением, с двойным антирадиационным покрытием, с газонаполненным межстекольным пространством, в деревянных рамах.

### 2.1.1. Стены дома

Снижение потерь за счет теплопроводности достигается увеличением теплового сопротивления стен тремя путями:

- 1) увеличением толщины стены;
- 2) использованием для стен материалов с большим теплосопротивлением;
- 3) утеплением стен с помощью легких, эффективных утеплителей.

Все три способа известны и уже давно используются. Особые требования на выбор накладываются существенно изменившимися требованиями к теплоэффективности, качеству и стоимости жилища. С учетом повышенных в несколько раз требований к теплоэффективности при сохранении стоимости строительства дома, требований к сбережению ресурсов и незагрязнения окружающей среды, требований к повышению комфортабельности жилища и его долговечности использование легких эффективных утеплителей становится доминирующим в строительстве любых типов домов.

Утеплители - это материалы, обладающие в десятки раз более низкой теплопроводностью и в десятки раз меньшим удельным весом, чем традиционные строительные материалы. В силу этого они могут обеспечить необходимое теплосопротивление стены при толщине в 10 раз меньшей и более. Толщины теплоизоляционных слоев в зависимости от теплосопротивления (R) для наиболее распространенных утеплителей приведены в **табл. 2.2** [30].

Утеплители производятся в виде исходных материалов с различной структурой: в виде волокон, отдельных частиц, отдельных компонентов, которые образуют пены на месте установки, либо в виде уже готовых для установки изделий: матов, ковров, плит, чулков. Готовые изделия часто уже снабжены парозащитной пленкой, что существенно упрощает строительные работы. Перечень и характеристики наиболее распространенных утеплителей приведены в **табл. 2.3**.

Проблема парозащиты и снижение неконтролируемой воздухопроницаемости утепленного корпуса дома - это то новое, что приходит с повышением требований к теплоэффективности домов [24, 27] и требования к их обеспечению включены в стандарты всех развитых стран. В качестве парозащитного и воздушного барьеров может быть использована полиэтиленовая пленка. Существует простое практическое правило двух третей для расчета места установки в стене парозащитного экрана. Это правило говорит, что для предотвращения конденсации влаги внутри стены (или других ограждающих конструкций) парозащитный барьер должен устанавливаться на таком расстоянии от внешней поверхности стены, которое обеспечивает  $2/3$  величины теплосопротивления стены. В этом случае кривая относительной влажности воздуха внутри стены будет выше кривой конденсации. Пренебрежение этим правилом ведет к снижению теплового сопротивления стены и к снижению долговечности конструкции, а в определенных, но нередко встречающихся случаях - к ее разрушению. Естественно, это правило меняет направление отсчета для тропических стран, где наружная температура выше внутренней.

Т а б л и ц а 2.2

Толщина теплоизоляционных слоев, см

Тип изоляции	R = 2	R = 3	R = 4	R = 5	R = 6
Стекловолокно (маты/ковры)	10	15,2	16,5	25,4	31,7
Уретан (вспенивается на месте)	5	7,6	8,8	11,4	15,2
Минеральная вата (маты/ковры)	7,6	14	15,2	23	26,7
Стекловолокно (неплотное заполнение)	12,7	21,6	25,4	34,3	37,5
Минеральная вата (неплотное заполнение)	10	16,5	19	26,7	34,3
Целлюлозная вата (неплотное заполнение)	7,6	12,7	15,2	20,3	26,7

Т а б л и ц а 2.3

## Характеристика наиболее распространенных утеплителей

Утеплитель	Форма	Теплосопrotивление R на 1 см	Характеристика материала
Стекловолокно	Вата	0,19	Негорючий, водостойкий материал
	Маты	0,21	
	Ковры	0,21	
	Плиты	0,28	
Минеральная вата	Вата	0,19	То же
	Маты	0,21	
	Ковры	0,21	
Целлюлозная вата	Вата	0,26	Горючий, неводостойкий
Вспененный полистерен	Плиты	0,25	Горючий, водостойкий
Прессованный полистерен	Плиты	0,35	То же
Полиуретан	Плиты	0,42	—
	Пена	0,42	—
Полиизоцианурат	Плиты	0,39	—

В практике используется большое количество разных конструкций домов и стен, но наиболее распространены каркасные дома, дома из изготовленных на производстве блоков или панелей, а также дома, строящиеся из мелких блоков: стеновых камней (кирпич, газобетонные блоки и др.). Наилучшими характеристиками с точки зрения теплоэффективности и стоимости обладают каркасные дома (рис. 2.6) [20, 30] с легкой внутренней и внешней отделкой. Такие дома наибольшее распространение получили в США и Канаде и распространяются сейчас в Западной Европе. В Европе больше распространены дома, в которых несущие конструкции собираются из стеновых камней. Такие дома обладают повышенной прочностью и долговечностью, но они существенно дороже и используют невозобновляемые ресурсы, что не соответствует принципам устойчивого развития.

Различные примеры утепленных ограждающих конструкций приведены на рис. 2.7 - 2.10 [20, 29, 33].

Все общие рассуждения, касающиеся воздухо- и паропроницаемости в той же мере относятся к другим ограждающим конструкциям: верхним и нижним перекрытиям, разделяющим отапливаемые и неотапливаемые зоны, но оптимальные величины их теплосопrotивлений будут разными. Пример их приблизительных значений для зон умеренного климата и для домов второго типа приведен на рис. 2.11.

### 2.1.2. Теплоизоляция фундаментов

В зонах с холодным климатом правила требуют строительства домов с фундаментами. Глубина заложения фундаментов должна быть ниже зоны промерзания, что для большинства районов России и Западной Сибири составляет от 1,5 до 2,5 м в зависимости от грунта.

Если в конструкции фундамента образуются подвальные помещения, они по требованиям нашего СНиП не включаются в жилую площадь дома, хотя могут составлять до половины общей площади дома и его объема. К тому же через фундамент теряется от 20 до 30% тепла от общих потерь через ограждающие конструкции. Поэтому повышение теплоэффективности фундамента и рациональное использование его помещений с включением их в жилую зону - один из больших резервов по сбережению энергии и материалов [19].

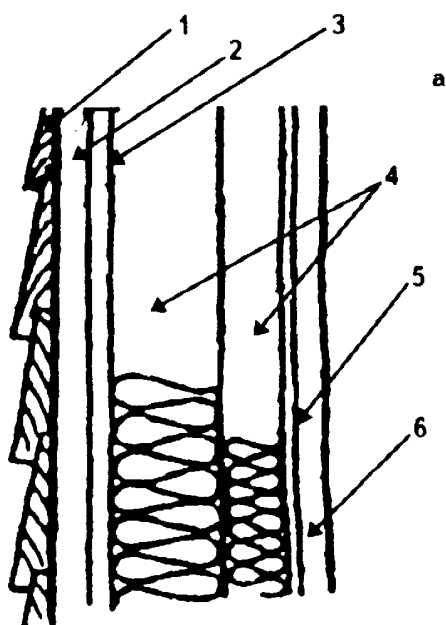
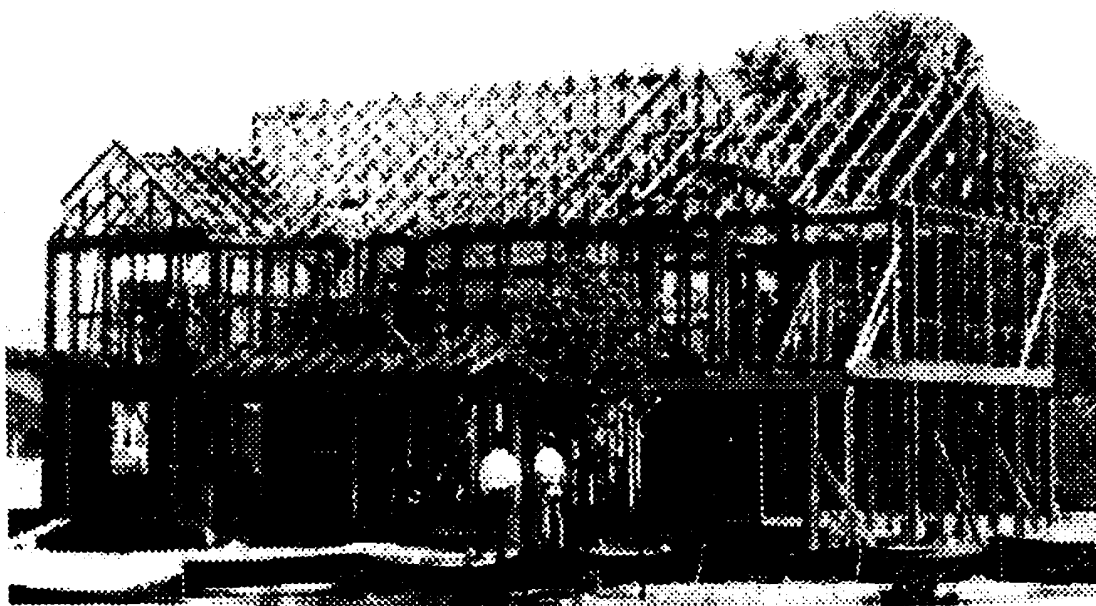


Рис. 2.6. Строительство каркасного дома. Традиционный каркас из деревянных конструкций. Такой же вид имеет каркас из легких профилированных металлических конструкций:

- а - конструкция наружной стены:  
 1 - наружная облицовка; 2 - деревянная рейка для крепления; 3 - пленка для защиты от промерзания;  
 4 - минеральная вата; 5 - пароизоляционный слой;  
 6 - внутренняя обшивка

Качество фундамента оказывает не только прямое воздействие на энергосбережение, но и косвенное, так как фундамент отражает качество всего строения в целом, является местом проникновения излишков влаги и подвергается наибольшему воздействию в случае замерзания проникающей влаги. Поэтому для достижения высокого качества дома в целом и нормального микроклимата в подвальных помещениях требуется тщательная гидро-, паро- и теплоизоляция фундамента в сочетании с достаточной вентиляцией помещений. Практика гидроизоляции фундаментов, распространенная в России, не соответствует современным требованиям. Для более надежной гидроизоляции наряду с диктуемыми правилами СНиП мерами (нанесение битумных покрытий) необходимо дополнительно использовать полимерные пленки, которые одновременно выполняют и функции парозащиты, обладая наибольшим сопротивлением проникновению влаги. Для продления срока службы пленки должны быть облучены на ускорителе электронов.

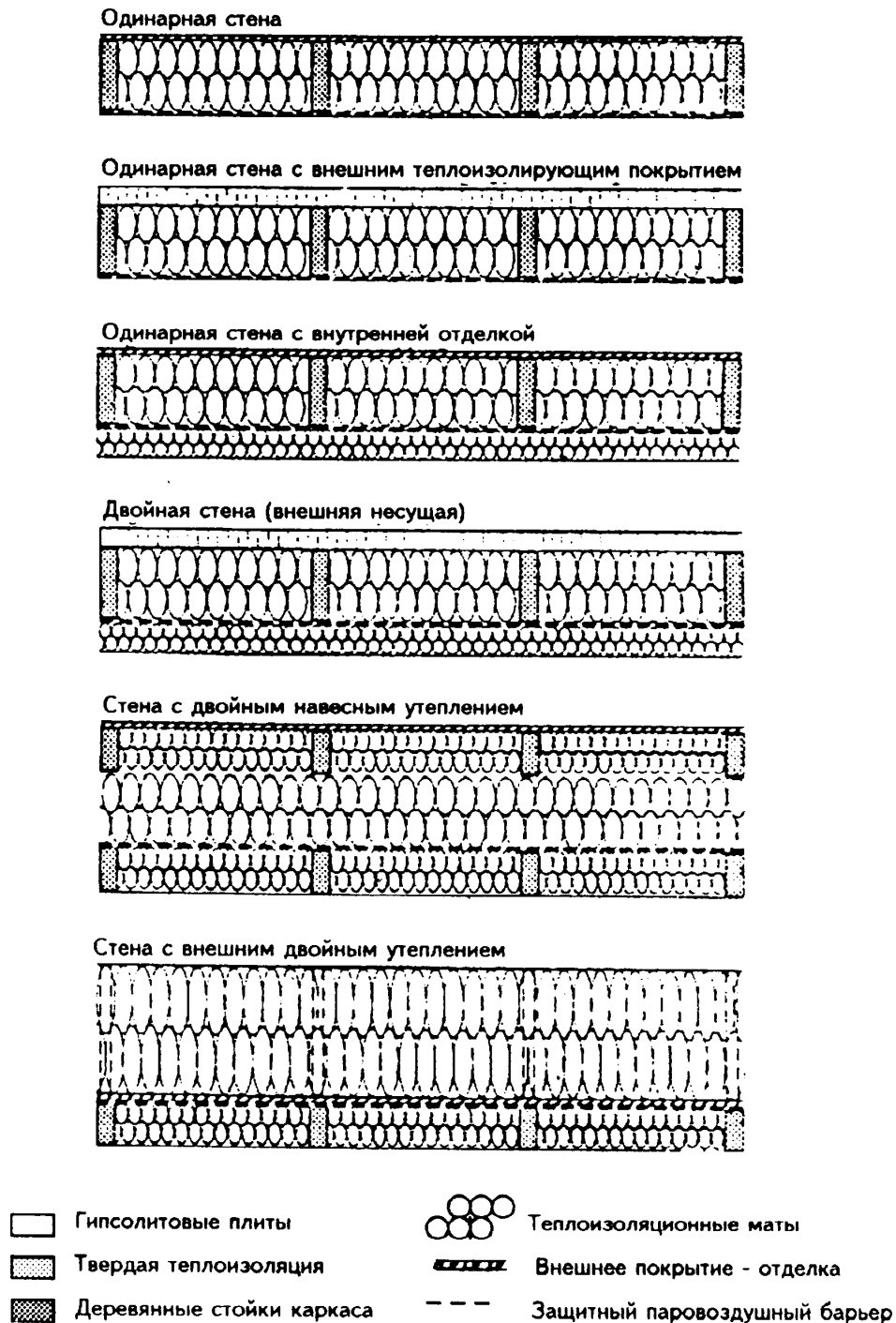


Рис. 2.7. Примеры конструкции утепленных стен в каркасном типе домов

Теплоизоляция стен фундамента может производиться как с внешней стороны, так и с внутренней. Но теплоизоляция с внешней стороны предохраняет фундамент от промерзания и кроме того массивные фундаментные блоки создают большую теплоемкость внутри дома, не допуская резких скачков температуры и позволяя снижать пиковую мощность тепло генератора, что ведет к дополнительной экономии энергии.

Теплоизоляция внутренних поверхностей чаще используется при реконструкции зданий и тоже имеет положительный эффект в случае хорошей гидро- и пароизоляции, но не устраняет возможность промерзания внешней части стен фундамента и исключает положительное

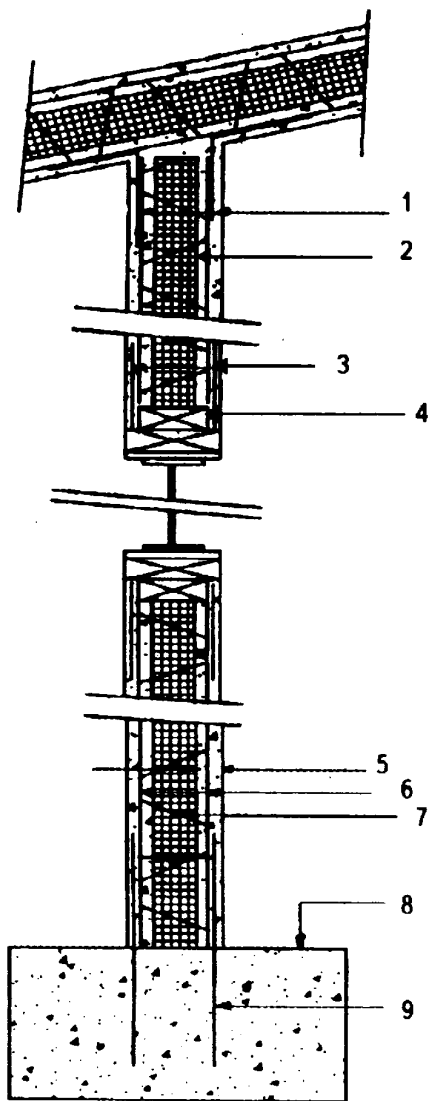


Рис. 2.8. Стеновые панели-сендвич с проволоочным креплением:

1 - металлическая сетка, связывающая стену и крышу; 2 - утеплитель; 3 - сетка, связывающая стену с фундаментом; 4 - брус из пресованного материала с использованием древесных отходов; 5 - внутренняя и наружная бетонные стены, толщиной 14 см; 6 - металлическая сетка с размером ячейки 50x50 мм; 7 - металлическая проволока; 8 - основание фундамента; 9 - анкер.

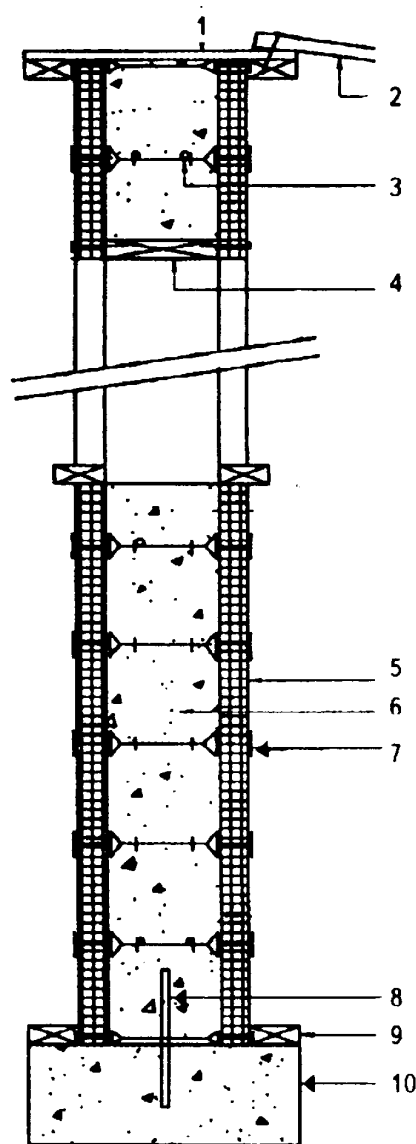


Рис. 2.9. Литые утепленные стены:

1 - основание для установки верхней стены; 2 - водозащитный карниз; 3 - металлическая или пластиковая соединительная арматура; 4 - деревянный брус, служащий для расpirания стен из утеплителя и для крепления окон и дверей; 5 - панель из полистерена; 6 - заливка из бетона; 7 - пластиковые шайбы; 8 - анкер; 9 - обвязка из обработанной древесины; 10 - основание фундамента.

воздействие большой теплоемкости фундамента. При этом рекомендуется предпринимать дополнительные меры, предотвращающие промерзание грунта, устройством теплоизоляционной полосы на поверхности грунта шириной от 1 до 1,5 м от стены фундамента и устройством системы водоотведения.

Схематические примеры устройства тепло- и гидроизоляции фундаментов приведены на рис. 2.4, 2.8, 2.9, 2.12 и 2.13 [20,29,33]. На рис. 2.13 дан пример строительства утепленного фундамента, конструкция которого приведена на рис. 2.9 [33]. Утеплительные плиты служат опалубкой для заливаемого бетона.

Рекомендуемая величина теплового сопротивления наружных стен фундамента не должна превышать 3, что даст возможность сократить теплопотери в теплоизолированном доме



Рис. 2.10. Установка элементов панелей наружных стен:

1 - несущий каркас из антисептированных деревянных брусков сечением 45×120 мм, обеспечивающий крепление каркаса панелей наружных стен к фундаменту; 2 - прокладки; 3 - монтажный шов; 4 - уплотнительная прокладка; 5 - армирующая сетка из стали диаметром 4 мм с ячейками размером 150×150 мм; 6 - уровень чистого пола (верха покрытия пола); 7 - полиэтиленовая пленка (гидроизоляционный слой).

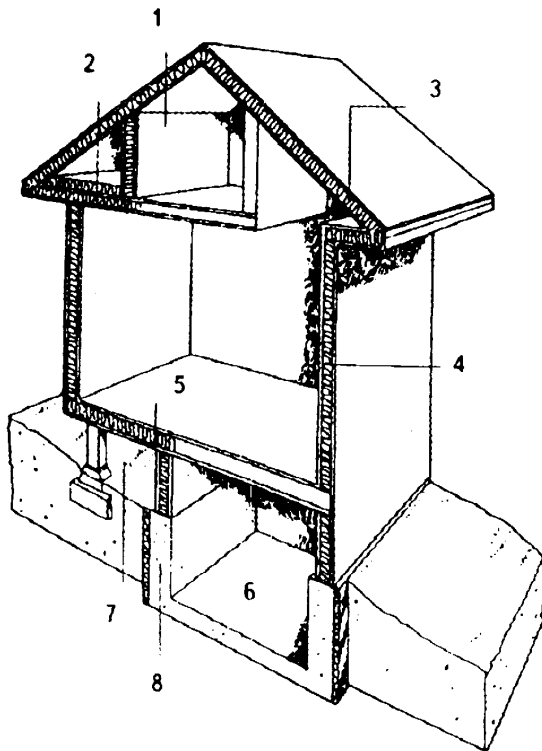
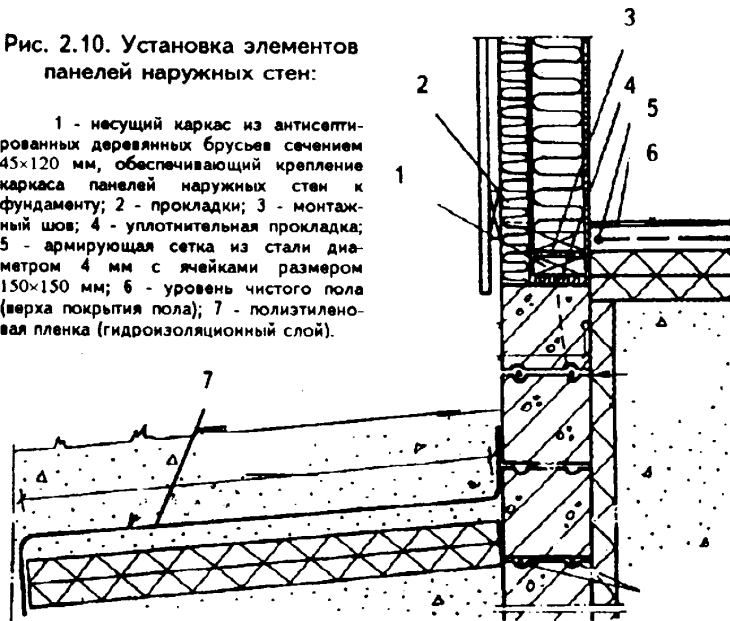


Рис. 2.11. Пример распределения уровней теплоизоляции для ограждающих конструкций одноэтажного теплоэффективного дома:

1 - обогреваемое чердачное помещение (мансарда); 2 - потолок  $R = 5$ ; 3 - крыша  $R = 5$ ; 4 - стены  $R = 3,5$ ; 5 - пол  $R = 3,5$ ; 6 - обогреваемое подвальное помещение; 7 - необогреваемый подвал; 8 - стены фундамента  $R = 2$ .

на 20 - 30%. А в случае обеспечения достаточной вентиляции подвальных помещений и их теплоизоляции позволит расширить жилую зону за счет этих помещений и получить дополнительную экономию энергии и ресурсов.

Способы бесфундаментного строительства или строительства на мелко залегающих фундаментах, все чаще используемые для удешевления строительства, могут не дать реальной экономии энергии, если не предпринять специальных мер по утеплению прилегающих грунтов и подпольного пространства. Пример устройства теплоэффективного мелкозалегающего фундамента, использующегося в Финляндии, приведен на рис. 2.14 [33]. Примененный способ утепления прилегающего грунта вместе с мероприятиями по водоотведению и парозащите должен быть рекомендован при устройстве любых фундаментов, так как это реальный способ экономии энергии и ресурсов.

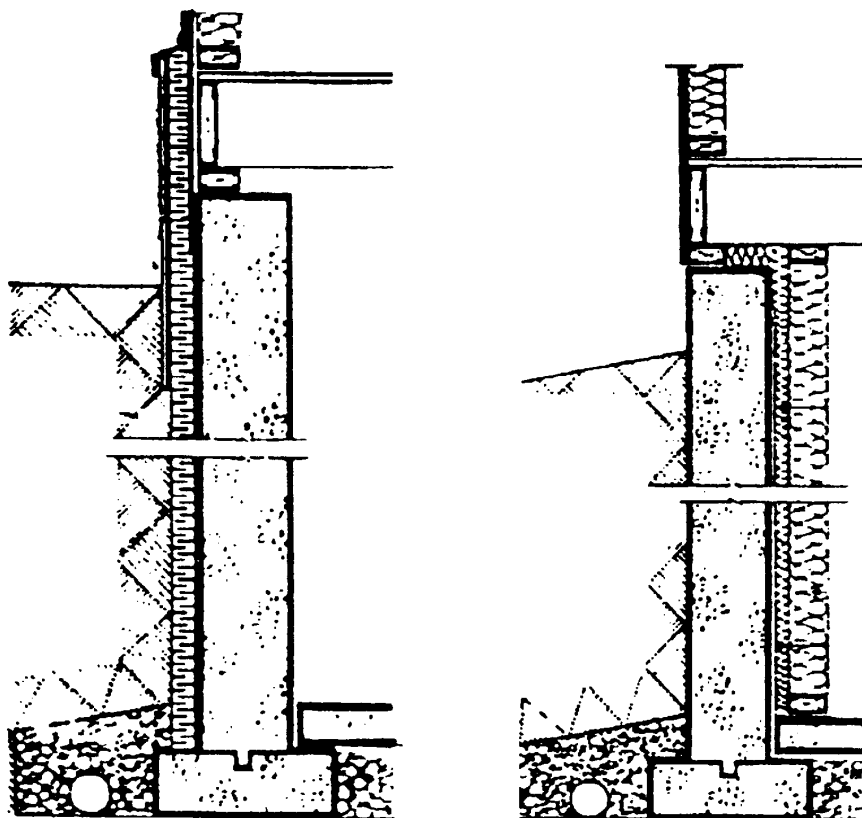


Рис. 2.12. Примеры утепления фундаментов



Рис. 2.13. Строительство утепленного фундамента

### 2.1.3. Окна

Теплоэффективная архитектура дома с учетом притока солнечной энергии и ее использования для обогрева должна быть простой по форме с ориентированным на юг фасадом, который является наибольшей по площади стеной дома. Максимум окон должен быть на этой стене, и максимум помещений, которые интенсивно используются в дневное время, должен примыкать к этой стене. Туалеты, ванные комнаты, подсобные помещения и другие должны располагаться у северной стены.

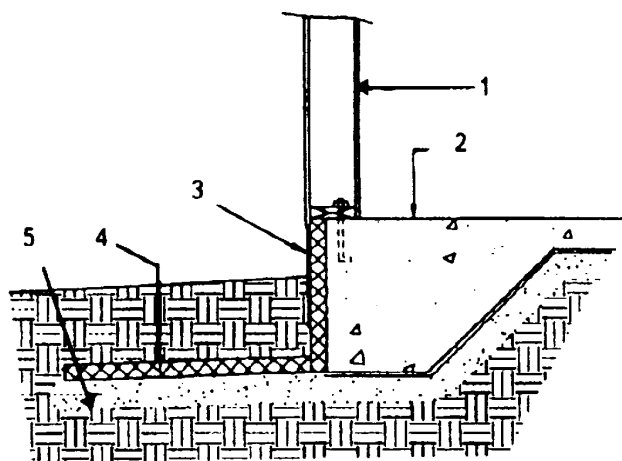


Рис. 2.14. Конструкция мелкозалегающего фундамента для условий Финляндии:

1 - каркасная стена; 2 - слой монолитного бетона на водозащитной подушке; 3 - вертикальная теплоизоляция с защитным и водоотталкивающим покрытием; 4 - горизонтальная теплоизоляция; 5 - слой гравия.

Проникающий через окна солнечный свет может добавить от десятков до нескольких сотен ватт тепловой энергии на один квадратный метр окна для обогрева дома, что полезно зимой и может привести к перегреву дома летом. От перегрева могут спасти карнизы над окнами, которые защищают от высокостоящего солнца летом и не являются препятствием для низкостоящего солнца зимой.

Чем больше площадь окон, тем больше солнечной энергии может быть добавлено в тепловой баланс дома. Но через окна происходят также большие потери тепла, так как теплосопротивление окон в несколько раз меньше теплосопротивления стен. Причем потери преобладают в самые суровые зимние месяцы. Поэтому в странах с холодным климатом площадь окон ограничивают 8% от общей площади дома. Но даже при этой маленькой площади окна могут стать основным источником теплопотерь в теплоэффективном доме. Избежать теплопотерь можно дальнейшим снижением площади окон, но при этом будут нарушены санитарно-гигиенические требования на естественную освещенность и возникнут трудности с эстетикой дома, в которой окна играют наиважнейшую роль.

Механизмы тепловых потерь через окна те же, что были ранее перечислены: теплопроводность, тепловая конвекция, радиационное излучение и перенос тепла воздухом, проникающим через неплотности конструкций (рис. 2.15). Следовательно, потери пропорциональны разнице температур наружного и внутреннего воздуха, радиационной разнице температур окна и неба, внутреннего и наружного давлений воздуха, в том числе за счет ветрового напора. Потери существенно зависят от качества конструкций окна.

Потери всех видов существенно уменьшены в современных конструкциях окон (рис. 2.16), которые приняты в качестве стандартов во всех развитых странах [34], по сравнению с теми, что продолжают применяться в России. Разные фирмы выпускают различные по теплоэффективности и по стоимости окна, но у них есть общие стандартные признаки: это 2-3 слоя стекла с расстоянием между стеклами 12 - 13 мм, которые встроены и герметично уплотнены в жесткую раму. Наружные и внутренние поверхности рамы разделены утеплительной прокладкой, пространство между стеклами заполнено инертным газом (аргоном) либо вакуумировано, на поверхность одного или двух стекол наклеена пленка или нанесено покрытие с антирадиационными свойствами. Рамы также герметично встраиваются в стены дома (герметизация чаще всего достигается использованием вспенивающихся полимерных материалов и полиэтиленовой парозащитной пленки).

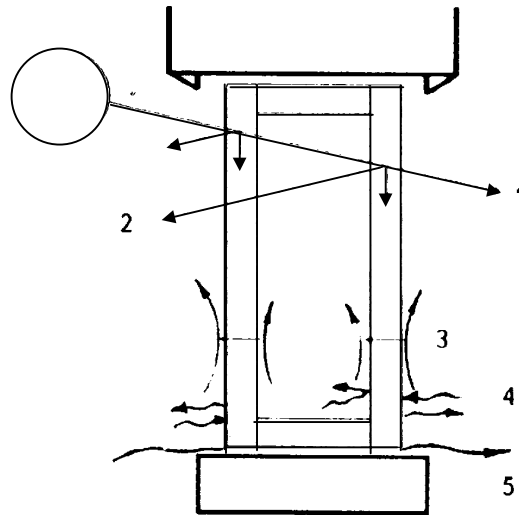
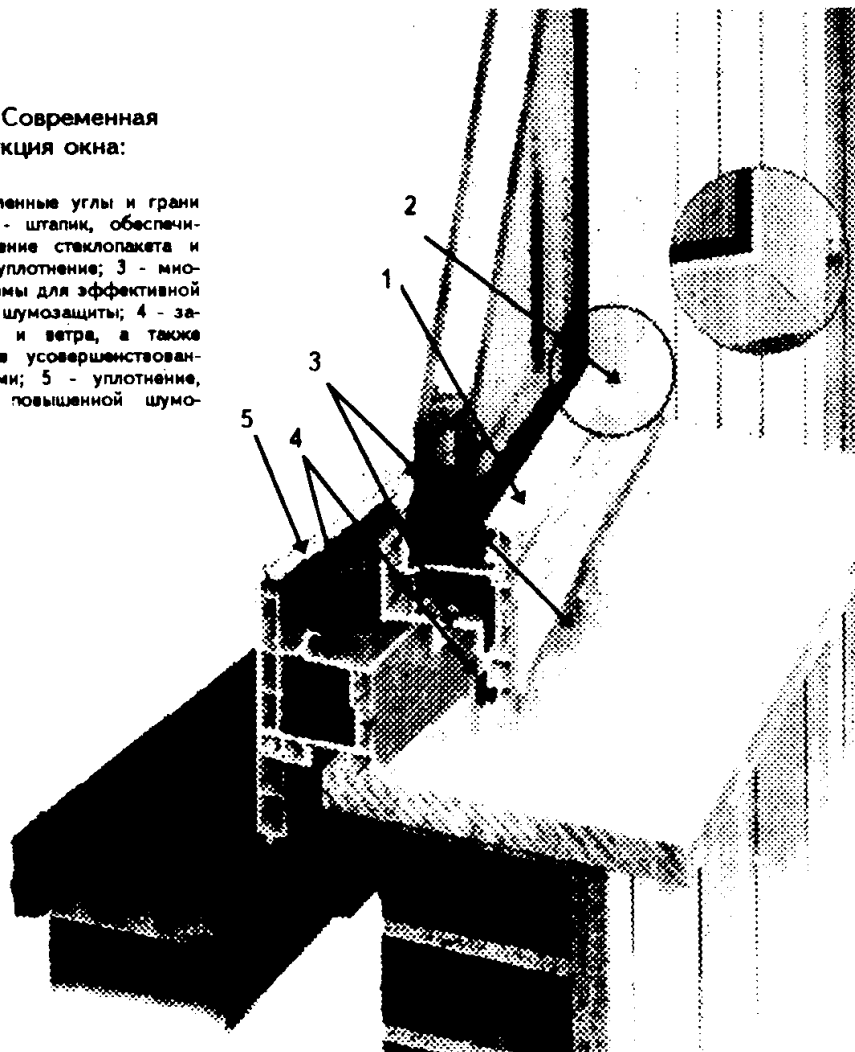


Рис. 2.15. Механизмы передачи тепла через окна:

1 - солнечная радиация; 2 - принудительная конвекция воздуха (ветер); 3 - теплоконвекция, теплопроводность; 4 - тепловое излучение (радиация); 5 - инфильтрация.

Рис. 2.16. Современная конструкция окна:

1 - закругленные углы и грани радуют глаз; 2 - штапик, обеспечивающий закрепление стеклопакета и дополнительное уплотнение; 3 - многокамерные системы для эффективной теплоизоляции и шумозащиты; 4 - защита от дождя и ветра, а также уплотнение пазов усовершенствованными материалами; 5 - уплотнение, способствующее повышенной шумозащите.



Теплопроводность окна уменьшается использованием третьего стекла, утеплением рамы и заменой воздуха на аргон или вакуум. Конвективные теплопотери уменьшаются подбором расстояния между стеклами, при котором конвекция минимальна. Радиационные теплопотери уменьшаются с помощью антирадиационного покрытия внутренней поверхности наружного стекла, которое практически не задерживает входящий свет и препятствует радиационному излучению окон. Перенос тепла за счет воздухообмена уменьшается тщательной заделкой и воздушным уплотнением рамы окна и точным изготовлением конструкции в случае открывающихся окон.

Суммарное уменьшение теплопотерь при использовании всех перечисленных мероприятий достигает нескольких раз. Динамика улучшения теплоэффективности окон показана на **рис. 2.17**. Реально достижима величина теплосопrotивления  $R = 1,5$ , что все равно существенно ниже теплосопrotивления стены. Поэтому для большей экономии энергии рекомендуется использовать утепленные ставни, шторы, занавески и другие теплозащитные экраны.

Другим рассматриваемым способом повышения теплосопrotивления окон является введение в межстекольное пространство прозрачных материалов с низкой теплопроводностью, либо непрозрачных материалов, которые удаляются в дневное время. В этом случае коэффициент теплосопrotивления может быть 2 или немного выше, но даже достижение  $R = 1,5$  пока слишком дорого для широкого использования в жилищном строительстве. Поэтому установленные ограничения на общую площадь окон, очевидно, сохранятся в ближайшие годы в совокупности с использованием дополнительных средств защиты в виде ставень и штор.

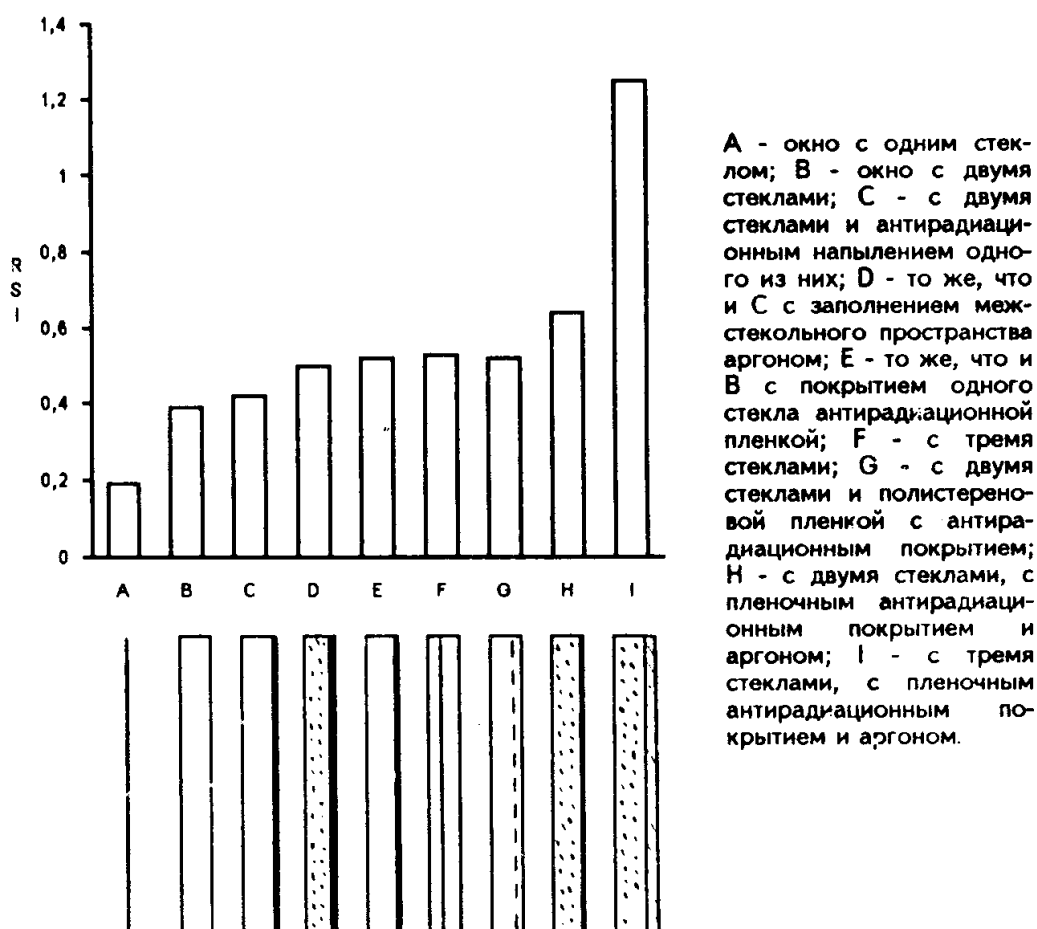


Рис. 2.17. Коэффициент теплового сопротивления окон

## 2.2. Снижение неконтролируемого воздухообмена, вентиляция, утилизация тепла внутреннего воздуха, регулирование теплового режима и микроклимата в здании

В настоящее время при строительстве жилых домов разной этажности предусматривается, как правило, только естественная вентиляция. Внешний воздух проникает в жилые помещения через наружные ограждения, притворы дверей и окон из-за разности температур по сторонам ограждения и ветрового напора. Количество воздуха, проникающего в здание, тем больше, чем хуже герметичность притворов и больше скорость ветра. Так, согласно [35] в негерметизированном здании при скорости ветра 8 м/с количество инфильтрирующего воздуха равно  $8 \text{ м}^3/\text{ч}$  через 1 м притвора окна. В таких сооружениях расход тепла на нагрев холодного воздуха может составлять 40 - 60% от основных теплопотерь через ограждения [36]. Инфильтрация воздуха возрастает с увеличением высоты здания.

Снижение неконтролируемого воздухообмена достигается за счет повышения качества заделки швов при установке оконных переплетов и изготовлении оконных блоков и дверей. В [37] содержатся рекомендации по герметизации окон в соответствии с российскими строительными технологиями. В Дании построен дом [35], в котором воздухопроницаемость стыков и швов не превышает  $0,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м})$ , а общая воздухопроницаемость составляет  $7,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  при общем объеме  $300 \text{ м}^3$ .

Энергоэффективные экологические дома строятся из материала с более низкой теплопроводностью с использованием герметичных окон и дверей, а необходимый приток свежего воздуха в соответствии с санитарными нормами [37] обеспечивается за счет принудительной вентиляции. Для жилых помещений расход воздуха нормируется в размере  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$  площади, по  $25 \text{ м}^3/\text{ч}$  на туалетную и ванную комнаты,  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  на кухню, кроме того, на биотуалет, сушильный шкаф и т.д. Всего для воздухообмена в доме жилой площадью  $100 \text{ м}^2$  требуется расход вентиляционного воздуха не менее  $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Для нагрева холодного воздуха от  $-20^\circ\text{C}$  до  $+20^\circ\text{C}$  необходим расход тепла  $8 \text{ кВт}$  [37], что выше теплопотерь через ограждения с повышенной теплоизоляцией.

Значительного энергосбережения можно достигнуть при помощи упорядочивания временных режимов работы вентиляции и использования теплообменников для утилизации теплоты выбросного воздуха.

Утилизация позволяет экономить более половины расхода тепла на вентиляцию [38]. Чем ниже и продолжительнее зимние температуры наружного воздуха, тем выше экономическая эффективность утилизаторов.

В СССР и России разрабатывались и использовались устройства использования вторичных энергоресурсов, улавливающие низкопотенциальную теплоту выбросного воздуха с помощью теплообменников на базе серийных водяных калориферов, связанных контуром промежуточного теплоносителя. В практике применяются также другие способы и устройства для улавливания и утилизации теплоты, среди них регенеративные вращающиеся теплообменники, переключающиеся регенераторы и рекуперативные теплообменники воздух-воздух [39]. Эффективность таких систем не высока и имеет ряд недостатков.

Теплообменники воздух-воздух требуют развитой поверхности теплообмена, что значительно повышает металлоемкость. Для утилизаторов с промежуточным теплоносителем необходимо устанавливать насос. Регенераторы не обеспечивают полного разделения потоков воздуха. Более эффективны теплообменники с использованием фазовых переходов. Это тепловые трубы и термосифоны [39].

Перспективным решением по уменьшению энергетических затрат на вентиляцию является применение для нагрева приточного воздуха скрытой теплоты льдообразования воды, равной  $335 \text{ кДж/кг}$  [38]. При контакте с диспергированной водой холодный воздух нагревается и направляется в систему приточной вентиляции, а вода выпадает вниз в виде мокрого снега и мелкой ледяной крупы. В работе [40] показано, что применение гидрокалорифера, работающего по вышеописанному принципу, дает экономию топливной энергии для района Омска 75%. Недостатком данной схемы является необходимость организации циркуляции

воды и оттаивания снега и льда. Как отмечается в [38], целесообразно использовать теплоту грунта и тепловой поток через пол для нагрева приточного воздуха.

Подробная классификация и анализ используемых за рубежом систем утилизации тепла содержится в работе [41]. В [42] представлен современный рекуперационный теплообменник фирмы "Daikin". Перекрестный пластинчатый теплообменник изготовлен из теплопроводного материала, обладающего свойством селективной проницаемости для молекул воды. Эффективность теплообменника, вычисленная по результатам измерения температур при среднем расходе, составила для разных моделей от 74 до 76%. Однако его применение возможно при температуре наружного воздуха выше  $-10^{\circ}\text{C}$ .

В современных энергоэффективных домах, проектируемых за рубежом, утилизация тепла внутреннего воздуха становится одним из непреложных элементов системы теплоснабжения. В [43] рассмотрена отопительно-вентиляционная система фирмы "Валмет" (Финляндия), которая включает теплообменник, вытяжной и приточной вентиляторы и нагревательное устройство в виде радиатора. Свежий воздух зимой поступает из воздушного пространства под крышей. Приточный воздух, проходя через теплообменник, согревается, так как выходящий воздух отдает свое тепло. Эффективность теплообменника составляет 50%, что обеспечивает сокращение полных теплопотерь здания на 14%. Вентилятор приточного воздуха засасывает как свежий, так и циркуляционный воздух из других помещений. Благодаря использованию циркуляционного воздуха температура в доме становится более равномерной. Рециркуляция сокращает расходы на отопление еще на 5%. Затем воздух нагревается до  $60^{\circ}\text{C}$ , проводится по каналам и через узкие решетки под окнами выходит в помещение. Мощность вентилятора можно плавно регулировать, что позволит сэкономить до 12% расхода тепла. Полная экономия тепла достигает 30%, а срок окупаемости затрат 4 года.

Установка окон с низкой звуко- и воздухопроницаемостью успешно использована в домах и квартирах оживленного района Мюнхена [44] в сочетании с механической вентиляцией и вторичной утилизацией тепла. Высокий коэффициент утилизации тепла - 0,78 - уменьшил потребность в тепле на нагрев вентиляционного воздуха с 1300 до 285 Вт (для квартиры жилой площадью  $70\text{ м}^2$ ), при этом экономия энергии составила 23% по отношению к общей потребности квартиры в тепле 4300 Вт. Использование специальных фильтров позволило повысить качество воздуха в помещении по сравнению с окружающей средой.

В последнее время заметно повысился интерес к созданию и поддержанию здорового микроклимата в домах. В [45] приведены результаты моделирования воздушного режима помещения при различных расходах приточного воздуха. При этом измерены содержание углекислого газа, относительная влажность, запыленность воздуха, концентрация формальдегида и никотина, содержание гексана и радона. Работа проведена в целях уменьшения энергопотребления при минимальном расходе свежего воздуха и стандартном качестве воздуха внутри помещения. В западном пригороде Детройта (США) начато сооружение жилого дома площадью  $270\text{ м}^2$  по проекту, реализующему концепцию так называемого дома здоровья [46]. Предложен ряд технических решений, обеспечивающих создание в доме комфортных условий проживания, исключая вредных влияние целого ряда внешних факторов. В частности, к числу таких решений могут быть отнесены система вентиляции и кондиционирования с очисткой воздуха и автоматическим регулированием, а также радоновый фильтр (гравийно-песчаная подушка с пластиковым паровым барьером - до закладки фундамента).

Технико-экономическая эффективность индивидуального регулирования расхода тепла в системах отопления рассмотрена в [47]. Показано, что установка термостатических регуляторов на отопительных приборах позволяет снизить потребление тепловой энергии на 15,5 - 37,5%. В [48] предлагается использовать программируемое отопление с упрощенной системой индикаторов теплового режима. Учитываются внутренние теплопоступления и эффект инсоляции. Экономия энергии при программируемом отоплении двухэтажного здания составляет 17%.

### Глава 3. ОТОПЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМОВ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Системы отопления зданий условно делят на традиционные и нетрадиционные. Для традиционного обеспечения односемейного дома в его классическом варианте ранее предлагались, как пример, следующие виды оборудования:

- аппарат отопительный типа Уют-3 и комплект отопительный КТСЧ-60 с водяным контуром, работающий на твердом топливе. Предназначен для обогрева индивидуальных жилых домов площадью до 150 м<sup>2</sup> и подогрева пищи. Мощность аппарата 23,2 кВт, масса 160 кг, габариты: 750×560×820 мм;

- котел водогрейный, одноконтурный. Предназначен для отопления индивидуальных жилых домов, дач, коттеджей и других зданий. Топливо: дизельное зимнее, тепловая мощность 57 - 183 кВт. Рекомендуемая площадь обогрева 540 - 2200 м<sup>2</sup>.

Однако существующие отечественные отопительные системы значительно уступают зарубежным образцам. Как правило, это высокоэффективные системы с КПД > 90%, оборудованные средствами автоматики для регулирования режимов горения в зависимости от потребностей тепла и задаваемых температур в помещениях. На **рис. 3.1** [49] представлены корейские отопительные системы (бойлеры) "Robot", работающие на газе. На **рис. 3.2** показан многофункциональный отопительный агрегат немецкой фирмы "Герц" со сменными горелками для газа и жидкого топлива и с шахтой для сжигания дров или угля. Там же показано устройство для автоматической загрузки угля, что значительно облегчает труд домохозяев. Голландская фирма "Frichs Energy" предлагает также в дополнение к отопительному генератору генератор электричества, который использует 30% мощности и обеспечивает все практические нужды дома.

Отопительное оборудование, как правило, поставляется в комплекте с системой теплоснабжения помещений. В более южных районах больше используются воздушные системы отопления, в более северных - водяные. Водяные системы обеспечиваются высококачественными тонкими медными или пластиковыми трубами и высокоэффективными нагревательными приборами. Водяной контур системы, как правило, замкнут, поэтому не требует постоянной подпитки и очистки воды. Прокачка воды осуществляется с помощью насоса. Температура воды в системе не превышает 50°C. Теплоэффективность такой системы может вдвое превышать эффективность отечественных систем и повышенные капитальные затраты полностью оправдываются в течение нескольких лет.

В настоящее время множество европейских, американских, японских и корейских фирм предлагают разнообразное высококачественное отопительное и водогрейное оборудование с системами подготовки воды. Информацию о котлах для автономного отопления и горячего водоснабжения можно получить из журнала [50].

Анализ причин отставания российского оборудования от западного дан Иваном Фоминым в Строительной газете [51].

В современных энергоэффективных домах используются комбинированные системы отопления, сочетающие традиционные и нетрадиционные источники энергии.

К нетрадиционным источникам энергии обычно относят:

- солнечные системы отопления;
- тепловые насосы;
- системы геотермального теплоснабжения и т.д.





- Современное изделие, производимое в Республике Корея;
- удобное управление с помощью дистанционного регулятора;
- эффективность теплоотдачи свыше 90%;
- многофункциональность (управление без постоянного присутствия человека, задание программы);
- достаточная безопасность;
- давление ниже 1 кг/см<sup>2</sup> и не требуется специального разрешения и надзора;

- обогрев, горячая вода и одновременное их получение;
- мощность от 10 тыс. до 400 тыс. ккал;
- можно использовать пропан или природный газ;
- корпус из нержавеющей стали, что удлиняет срок службы;
- можно использовать тепло выхлопных газов.

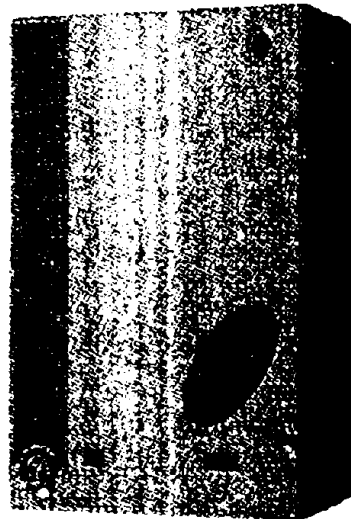


Рис. 3.1. Корейские отопительные системы (бойлеры) "Robot"

Типичная схема комбинированного отопления и горячего водоснабжения с использованием солнечной энергии приведена на **рис. 3.3**. Схема с использованием воздушного солнечного коллектора и воздушного обогрева дома приведена на **рис. 3.4**.

Солнечная энергия в концепции экодому играет исключительно важную роль как возобновляемый безотходный источник энергии и используется для обогрева домов, горячего водоснабжения и вентиляции.

В настоящее время разработано большое количество различных видов активных и пассивных солнечных коллекторов, в которых в качестве рабочего тела используются жидкости и воздух. Большинство разработок выполнены как независимые системы и поэтому не всегда оптимальны для использования в домах.

Основой солнечной обогревательной установки является солнечный коллектор - приемник солнечной энергии, где видимый солнечный свет преобразуется в тепло. Коллектор, как

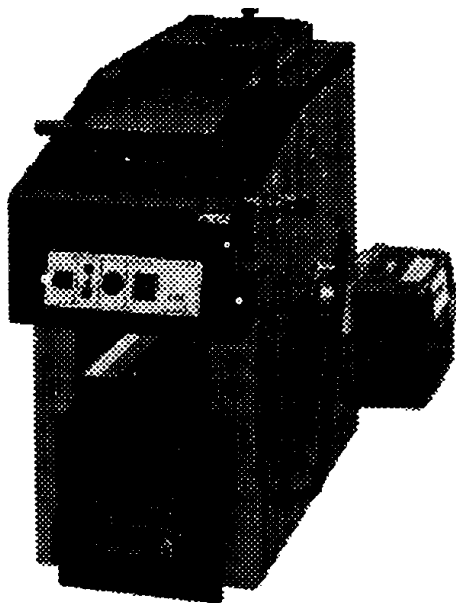
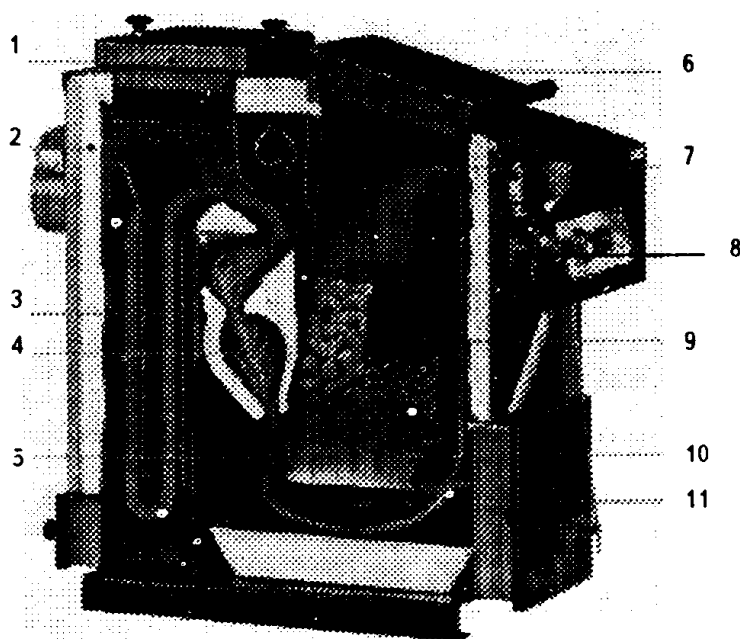


Рис. 3.2 Отопительный генератор, работающий на твердом, жидком и газообразном топливе HERL-Multivalent "Electronic":

1 - люк, обеспечивающий простой доступ для очистки от сажи; 2 - теплоизоляция; 3 - водяной змеевик; 4 - камера сгорания; 5 - перегородка, регулирующая режим горения; 6 - люк для загрузки твердого топлива; 7 - камера для крупногабаритного топлива; 8 - пульт управления и контроля; 9 - перегородка, обеспечивающая газоздушное пространство между топливной камерой и теплоизоляцией; 10 - продукты сгорания; 11 - камера для золы.



правило, выполняется в виде плоской тепловой ловушки: видимый свет от солнца проходит сквозь прозрачное покрытие (стекло или пленку), попадает на зачерненное тело и нагревает его. Зачерненное тело начинает излучать вместо коротких волн видимого спектра длинные тепловые волны, которые не пропускаются стеклом во внешнее пространство. Поэтому начинается прогрев внутреннего пространства коллектора. Рост температуры внутри коллектора ограничивается потерями энергии за счет теплопроводности корпуса и стекол, но при специальной конструкции может достигать 700°C.

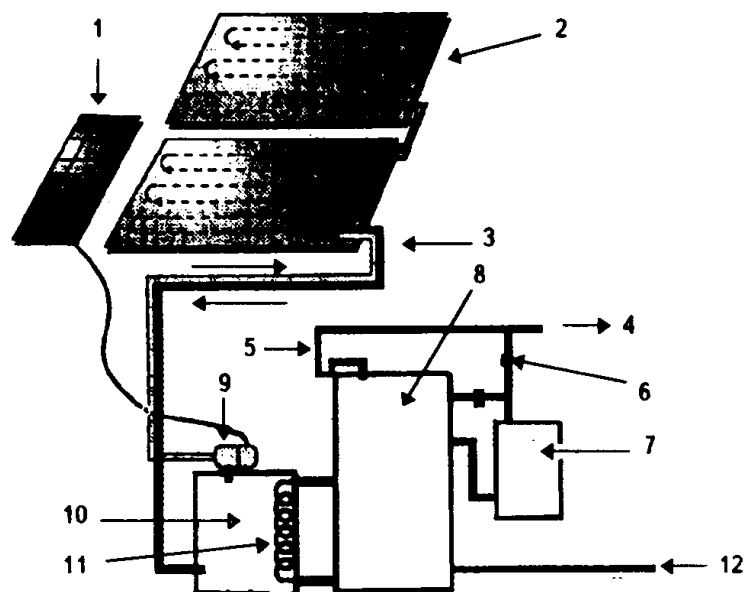


Рис. 3.3. Комбинированная система горячего водоснабжения и обогрева дома:

1 - полупроводниковая солнечная панель; 2 - водяной солнечный коллектор для подогрева воды; 3 - трубы подачи в коллектор холодной воды и возврата горячей; 4 - горячая вода в дом; 5 - тепловая ловушка; 6 - вентиль; 7 - газовый нагреватель воды; 8 - теплоизолированная накопительная емкость для горячей воды; 9 - насос; 10 - теплообменная емкость; 11 - теплообменник; 12 - подача холодной воды из водопровода.

Тепло с нагреваемого солнцем элемента (зачерненного тела) снимается теплоносителем. Как правило, используется вода или воздух, которые прокачиваются принудительно, либо за счет естественной тяги (подъемной силы, возникающей из-за нагревания теплоносителя в коллекторе). Нагретый теплоноситель поступает либо непосредственно в систему обогрева, либо передает тепло тепловым аккумуляторам, из которых уже поступает в систему обогрева дома. Различные конструкции солнечных коллекторов и схемы обогрева домов описываются и обсуждаются в работах [52, 53].

Водяные солнечные коллекторы обладают большей эффективностью съема тепла (на 30%). Воздушные коллекторы более просты в конструкции и в изготовлении. Если учитывать, что необходимо снижать материалоемкость конструкций, то имеет смысл наряду с более распространенными водяными коллекторами разрабатывать и воздушный вариант.

Воздушные солнечные коллекторы привлекательны тем, что их конструкция гораздо проще и дешевле коллекторов с жидкими теплоносителями. Незамерзающий при любых температурах, легко восполняемый и экологически чистый воздушный теплоноситель особенно привлекателен для суровых сибирских условий. Более легкая конструкция воздушных коллекторов не требует упрочнения несущих строительных конструкций, тем более, что сам коллектор при прекращении его вентиляции становится теплоизолирующей конструкцией дома.

Типичным для солнечных коллекторов является съем 30% тепла от падающей солнечной энергии. Различными авторами предлагаются способы повышения эффективности коллекторов, но, как правило, это достигается за счет усложнения и удорожание конструкции. Варианты конструкций солнечных коллекторов предлагаются в работах [54 - 58] и многих других. Основная цель: снизить потери тепла, излучаемого зачерненным теплоприемником через стекла.

Точные расчеты оптимальных конструкций солнечных коллекторов и систем обогрева затруднены из-за крайней нестационарности процессов теплообмена и температурной зависимости характеристик теплоносителей. Поэтому, очевидно, нет работ со строгими математическими постановками задач, и обработка систем осуществляется экспериментально [59].

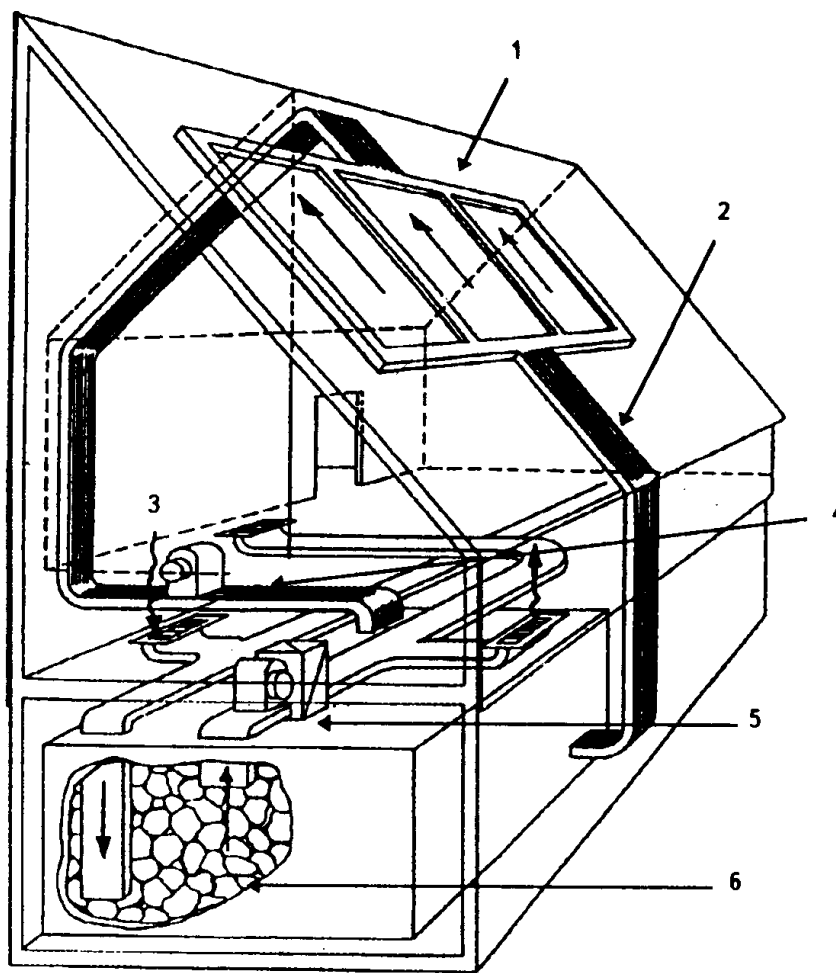


Рис. 3.4. Система обогрева дома с воздушными солнечными коллекторами:

1 - коллекторы; 2 - воздуховоды; 3 - забор холодного воздуха из помещений; 4 - вентилятор, обеспечивающий циркуляцию воздуха в солнечных коллекторах; 5 - вентилятор с дополнительным подогревателем для циркуляции воздуха в помещениях; 6 - щебеночный аккумулятор тепла.

Наибольшее практическое использование к настоящему времени нашли солнечные установки для подогрева воды. Они имеются у 90% домов на Кипре и у 70% в Израиле. За последние 15 лет в США построено 1,2 млн зданий с солнечным подогревом воды, в Токио за вдвое меньший срок - 1,5 млн [60].

По данным работы [61], проблема горячего водоснабжения Германии характеризуется следующими цифрами: среднее поступление солнечной энергии  $350 - 550 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год, потребность в воде с температурой  $50^\circ\text{C}$  на 1 человека 50 л в сутки. Для этих исходных данных необходимы солнечный коллектор с площадью  $1,5 \text{ м}^2$  на человека, тепловой аккумулятор емкостью 80 - 100 л воды на человека. Стоимость такой системы, приведенная к  $1 \text{ м}^2$  солнечного коллектора, оценивается в 1000 марок на  $1 \text{ м}^2$ . Выбросы  $\text{CO}_2$  уменьшаются на 900 - 2100 кг при выработке 2500 кВт·ч. 400 солнечных установок для подогрева воды уменьшают выбросы  $\text{CO}_2$  на 600 тонн в год.

В США 13% всего энергопотребления расходуется на отопление и горячее водоснабжение домов [60]. В Центральной Европе и России эта часть существенно больше - до 40%. На сегодняшний день около 40% энергии, идущей на нужды отопления, может быть обеспечено солнечными энергетическими установками [62]. На 60 - 70% могут быть обеспечены потребности в энергии для горячего водоснабжения.

В России солнечная энергетика находится в зачаточном состоянии, хотя половина территории России благоприятна для использования солнечной энергии (поступает 100 кВт·ч/м<sup>2</sup> солнечной энергии в год). В южных районах России (Астрахань, Дагестан, Сочи, Бурятия, Приморье и др.) поступает до 200 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год [60]. Но нельзя сбрасывать со счетов и северные районы России, где проблемы энергетике решаются исключительно дорогой сезонной доставкой топлива и любые способы его сбережения Выгодны. Территория Финляндии имеет не лучшие условия, чем многие северные районы России. Отопительный сезон 9 месяцев (6500 ч). Средняя температура 3 - 5°С. Минимальная температура -27°С. Поступление солнечной энергии 60 кВт ч/м<sup>2</sup> ежегодно. Но Финляндия и Норвегия успешно используют солнечную энергию.

Возможности полного перехода к солнечной энергии для обогрева домов пока еще находятся в стадии экспериментов. Во многих странах мира были построены более 100 солнечных домов различного типа и домов с использованием природных циклов жизнеобеспечения, энергетический баланс которых полностью или в большей степени поддерживался за счет солнечной энергии. Большое количество таких домов описано в монографиях [1, 52, 63]. Результаты этих экспериментов приводят к важному выводу, что переход полностью на солнечную энергетiku дома возможен не только для притропической зоны, но и для умеренных широт. Вопрос заключается в рентабельности строительства таких домов. В [64, 65] отмечается, что экономически невыгодно обеспечивать тепловую нагрузку на все 100% за счет солнечной энергии.

Интересным примером дома, обогреваемого за счет солнечной энергии, является конструкция "Солнечного дома" итальянской фирмы "Inso" [66]. Дом используется как солнечная лаборатория. Обогревается с помощью воздушных солнечных коллекторов площадью 110 м<sup>2</sup>.

Не вызывает сомнений целесообразность использования солнечных установок для обогрева домов в комплексе со стандартными нагревательными устройствами. Более 10 лет в Дании и Швеции успешно эксплуатируются воздушные солнечные коллекторы для обогрева и вентиляции помещений производства датской фирмы "AIDT" [67]. Коллектор площадью 1,4 м<sup>2</sup> вырабатывает 900 Вт тепла. При температуре наружного воздуха 0°С внутрь помещений закачивается воздух при температуре 30°С.

Большой экспериментальный опыт по использованию солнечной энергии накоплен в Энергетическом институте им. Кржижановского (Москва). Для испытаний и опытной отработки солнечных систем тепло- и хладоснабжения зданий в 1987 г. была создана Крымская экспериментальная база института. Корпуса зданий базы Института являются одним из первых примеров решения комплексной системы обогрева зданий. Суммарная площадь коллекторов составляла около 1200 м<sup>2</sup>. В качестве теплоносителя использовалась вода [68].

Солнечные коллекторы в России выпускались на Братском заводе отопительного оборудования. Автономные гелиомодули для нагрева воды "Блик" (120 л воды в сутки) производятся Научно-производственным объединением прикладной механики (Красноярск-26) [69]. ПО "Противопожарная техника" (г. Торжок) выпускает коллектор солнечный ВСБ-367.01.00.000СБ для подогрева воды.

Системы теплоснабжения современных энергоэффективных автономных экодому пред- ставляют собой сложное, оптимизированное для конкретного климатического региона сочетание традиционных и нетрадиционных способов. Причем, как правило, они рассчитываются индивидуально для каждого проекта.

Пример нетрадиционной энергетике - разработанный сотрудниками НПО "Инсолар" совместно с американской фирмой "Peace Ecology" экологически чистый энергоэффективный жилой дом [70]. Системы обеспечения микроклимата, включающие теплоснабжение, кондиционирование и горячее водоснабжение, используют нетрадиционные источники энергии. Инженерное оборудование позволяет снизить затраты энергии на эксплуатацию в размере 60 - 70% по сравнению с традиционными аналогами. Система тепло- и хладоснабжения выполнена на базе теплонасосных установок АНТУ-10 и ТУГВ-200. В качестве источников низко-

потенциального тепла для испарителей теплонасосных установок используют грунт поверхностных слоев Земли и вентиляционные выбросы здания. Площадь застройки 260 м<sup>2</sup>, количество этажей 3, высота этажа 3 м.

В [71] рассмотрен вариант отопительно-вентиляционной системы фирмы "Валмет" (Финляндия), в котором помимо вытяжной и приточной вентиляции с рекуперацией использованы солнечные коллекторы и бак с водой, выполняющий роль аккумулятора тепла. Общая экономия тепла достигает 60%, а срок окупаемости возрастает до 10 лет.

Оценка эффективности применения солнечного теплоснабжения в России выполнена в [72]. Показано, что использование солнечной установки в режиме круглогодичного горячего водоснабжения обеспечивает высокие значения удельной годовой экономии топлива для южной части РФ и может быть рекомендовано для районов южнее 60° с.ш. Применение солнечной установки в режиме теплоснабжения в большинстве районов России нецелесообразно. Исключения составляют районы Забайкалья, юга Хабаровского и Приморского краев.

Однако в работе [72] не рассматривались солнечные установки с сезонным аккумулярованием тепла, позволяющие потребителю использовать зимой запасенное летом тепло. Хотя до последнего времени считалось, что применение сезонных систем аккумулярования теплоты экономически нецелесообразно, в настоящее время этот вопрос представляет повышенный интерес и нуждается в дополнительном исследовании.

Определенный опыт в разработке солнечной системы для обогрева небольших домов накоплен в АОЗТ "ЭКОДОМ" (Новосибирск). В течение ряда лет в его составе функционирует Гелиополигон в Советском районе г. Новосибирска, на котором обрабатывается система обогрева небольших домов с плоскими воздушными солнечными коллекторами и система аккумулярования тепла в гравийных подземных и грунтовых аккумуляторах. Результаты экспериментов показывают, что в условиях Сибири возможно сохранение до 30% топливных ресурсов за счет рентабельного использования солнечной энергии без существенных отклонений от обычных конструкций и архитектуры домов.

Использование других альтернативных источников энергии в большей степени зависит от местных климатических условий, наличия местных ресурсов и стоимости установок [73, 74]. Ветроэнергетика [75] становится рентабельной при средних скоростях ветра больше 4 м/с и, следовательно, может использоваться только в отдельных точках России (в приморских районах и в горах). На **рис. 3.5, 3.6** и в **табл. 3.1** приведены энергетические выходы в зависимости от скорости ветра и от диаметра ротора (пропеллера), а также мощность и стоимость ветроустановок в США.

Исчерпывающая информация по использованию полупроводниковых солнечных батарей дана в книгах [10, 73, 76 - 78]. В них дана подборка материалов с подробными характеристиками и стоимостью полупроводниковых модулей. Из отечественных можно назвать только упоминавшийся ранее модуль Красноярского производства [69].

В книгах [1, 10, 73] подробно описано использование биогазовых установок, мини-гидростанций, геотермальных установок, тепловых насосов, тепловых аккумуляторов. На **рис. 3.7** и **табл. 3.2** приведены данные для биогазовых установок, производство которых легко может быть освоено любыми мастерскими, имеющими сварочное и другое несложное металлообрабатывающее оборудование.

Все системы с альтернативными источниками энергии могут использоваться только в подходящих для них условиях, а непременным условием их рентабельности является уменьшение теплопотерь до того минимума, когда вклад этих маломощных устройств в энергетику дома будет существенным. Это выполнимо в домах третьего типа, в которых теплосоппротивление внешних стен не ниже  $R = 5$ , а теплосоппротивления других ограждающих конструкций выше в пропорциях, соответствующих указанным на **рис. 2.11**.

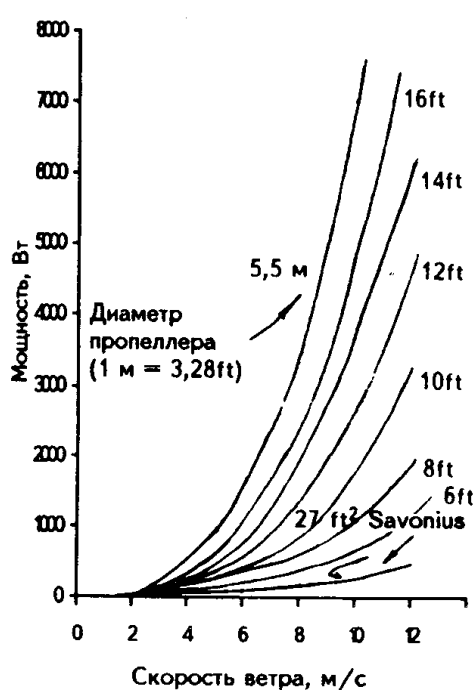


Рис. 3.5. Зависимость мощности ветрового генератора электричества от скорости ветра и диаметра пропеллера

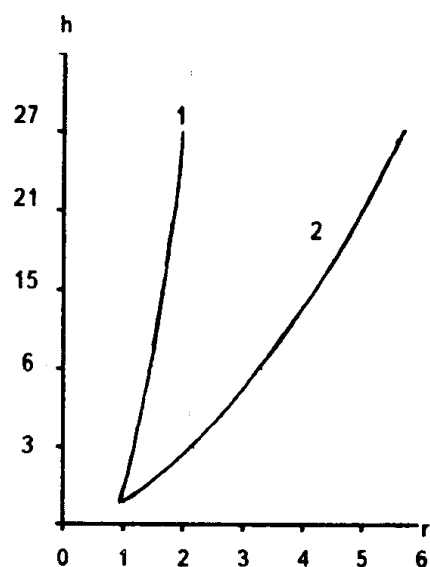


Рис. 3.6. Зависимость скоростей ветра и мощности генератора от высоты над землей  $h$ , м

Кривая 1:  
отношение  $r = \frac{\text{скорость ветра на высоте } h}{\text{скорость ветра на высоте } 1,5 \text{ м}}$

Кривая 2:  
отношение  $h = \frac{\text{мощность генератора на высоте } h}{\text{мощность генератора на высоте } 1,5 \text{ м}}$

Таблица 3.1

Ежегодный выход энергии в зависимости от скорости ветра и диаметра ротора, мВт·ч/год

Показатель	Диаметр ротора, м					
	1	1,5	3	7	18	40
Средняя скорость ветра, м/с						
4	0,15	0,33	1,3	7	40	210
4,5	0,20	0,45	1,8	10	60	290
5	0,24	0,54	2,2	13	90	450
Мощность, кВт	0,25	—	1,5	10	100	500
Стоимость, \$	1500	—	5000	20000	125000	600000

### 3.1. Энергосберегающее освещение

Потребление энергии для освещения становится сравнимым с потреблением на обогрев в хорошо теплоизолированных домах и входит в разряд основных задач, которые необходимо решать при проектировании тепло-эффективного дома [10]. Экономия энергии достигается оптимальным размещением и сочетанием светильников для обеспечения максимального комфорта с соблюдением норм освещенности, минимизацией числа помещений, требующих искусственного освещения в дневное время, оборудованием дома автоматическими выключателями и регуляторами света, использованием новых, более эффективных источников света.

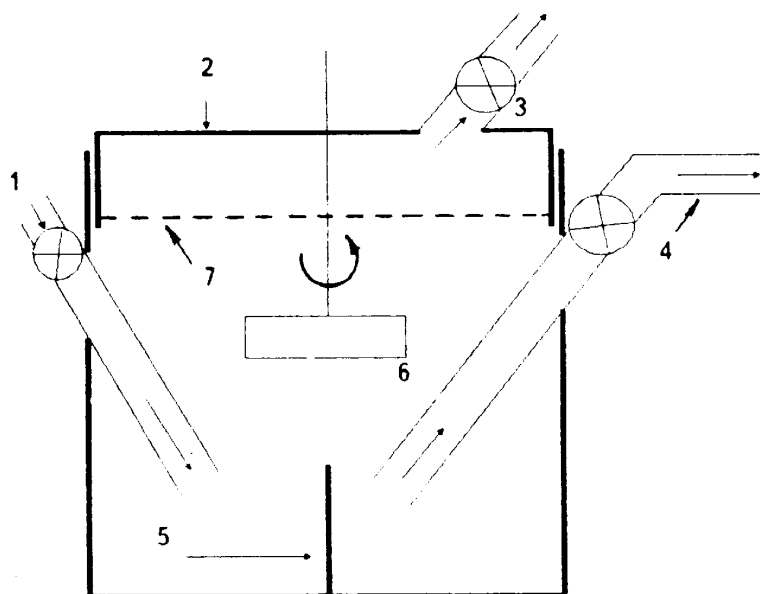


Рис. 3.7. Биогазовая установка с плавающим газосборником и двумя емкостями:

1 - загрузка; 2 - плавающий газосборник; 3 - выход газа; 4 - выгрузка остаточной массы; 5 - разделительная перегородка; 6 - мешалка; 7 - уровень жидкой биомассы.

Т а б л и ц а 3.2

Выход метана из различных видов отходов, перерабатываемых на биогазовых установках

Материал для переработки на биогазовой установке	Относительное содержание материала в смеси, %	Биогаз, м <sup>3</sup> /кг	Содержание метана, %
Свиной навоз	100	1,0 - 1,6	
Коровий навоз	100	0,6 - 1,0	
Куриный помет	100	1,2 - 2,6	59,8
Домовая канализация	100	1,0 - 1,8	
Куриный помет и бумага	31 69	1,5	60
Древесные опилки и осадки биологических очистных устройств	10 90	1,85	68,9
Газеты и осадки биологических очистных устройств	10 90	2,0	67,1
Газеты и осадки биологических очистных устройств	30 70	1,5	69,5

Промышленное освоение выпуска небольших флуоресцентных ламп для освещения жилых помещений произвело вторую техническую революцию после изобретения лампы накаливания. Начальная цена флуоресцентной лампы выше, но срок службы в 10 раз больше и в несколько раз больше световая отдача при том, что преодолены прежние недостатки люминесцентных ламп: холодный спектр и ненадежность устройства питания. Сейчас на рынке имеется широкий набор люминесцентных светильников, спектр, размеры, дизайн которых



можно подобрать по вкусу. В [10] приведены образцы современной осветительной продукции с характеристиками и ценами.

Если для освещения дома используются собственные альтернативные источники энергии (солнечные батареи, ветро- и гидрогенераторы), то качественный скачок в их использовании становится возможным с появлением на рынке компактных люминесцентных ламп с питанием от источников напряжения 12 В. Снижение потребления энергии и напряжения питания - это два ключевых вопроса эффективности использования альтернативных источников электроэнергии.

В лампах накаливания 90% энергии теряется в виде тепла и невелик срок службы, в результате чего суммарные расходы на освещение лампами накаливания в несколько раз выше, чем люминесцентными. Часть тепла может быть полезна для обогрева теплоэффективного дома, но размещение источников света не оптимально для утилизации тепла и не совпадает по времени с потребностью обогрева (например, летом), поэтому использование ламп накаливания в любом случае неэффективно.

В настоящее время происходит совершенствование всех видов источников света и на рынке конкурируют одновременно: новые типы ламп накаливания, галогенные кварцевые лампы, стандартные флуоресцентные лампы и новые компактные флуоресцентные лампы с теплым спектром освещения. Основные характеристики видов ламп приведены в **табл. 3.3**.

Оценочный экономический расчет, приведенный в **табл. 3.4**, показывает, что при использовании люминесцентных ламп и при правильном их размещении можно снизить в несколько раз потребление электрической энергии на освещение и в несколько раз снизить общие затраты на установку и эксплуатацию светильников.

Освещение - важный основной элемент архитектуры и дизайна помещений. Поэтому во многом экономия затрат на освещение будет определяться их требованиями и решениями. Достижение наибольших удобств для человека и удовлетворение эстетических целей часто превалирует над вопросами стоимости, и в этом случае высокая энергоэффективность новых источников света дает возможность реализации проектов на существенно более высоком техническом и эстетическом уровнях.

Широкие возможности для архитекторов и дизайнеров открывают появившиеся на рынке светильники, оборудованные солнечными батареями и аккумуляторами [10], которые используются для внешнего освещения, светильники с тепловыми датчиками, которые включаются при приближении человека и выключаются при его удалении на 35 футов (Siemens Sensor Light), светильники, работающие от солнечных батарей (6"×6") и оснащенные датчиками движения на расстояние до 75 футов (Solar Max Motion Light).

Т а б л и ц а 3.3

Сравнительные характеристики осветительных ламп

Осветительная лампа	Время жизни, ч	Световой выход, % на 1 Вт	Световая температура, К	Спектральные характеристики (CRI)	Стоимость, \$
Накаливания	1000	16	2700	90 - 95	0,5 (75 Вт)
- улучшенная	3000	25			
Галогенная	2250				
Флуоресцентная с холодным белым светом	10000	60	4100	62	
Флуоресцентная с теплым белым светом	10000	60	3000	51	
Компактная флуоресцентная	10000	60	2700	82	29 (20 Вт)

Таблица 3.4

## Экономический расчет, \$

Показатель	Флуоресцентная лампа 30 Вт	Лампа накаливания 135 Вт
Число ламп для 10000 ч работы	1	10
Цена	35	10 × 0,75 = 7,5
Стоимость энергии (1 кВт·ч → 0,1)	30	135
Общие затраты	65	142,5

Большинство из перечисленных новшеств появилось на рынке России, но при проектировании и строительстве жилья они практически не используются. Объясняется это прежде всего инерцией исполнителей и ответственностью проектировщиков и строителей только за стоимость строительно-монтажных работ и соответствие оборудования домов установленным нормативам. Эксплуатация домов ложится на плечи их обитателей. Действующая же нормативная документация фактически не требует поиска наилучших технических решений и максимально возможной экономии энергии и ресурсов. К тому же многим наиболее совершенным устройствам закрыт путь на наш рынок необходимостью лицензирования заграничной продукции, даже если она соответствует международным стандартам. Это одна из серьезнейших причин сдерживания прогресса, которая должна быть преодолена признанием международных стандартов в качестве действующих наряду с нашими стандартами, и отмены лицензирования продукции тех фирм, которые перешли на выпуск продукции по международным стандартам. Также должны быть признаны стандарты развитых стран в тех областях, где они существенно опережают нас (это были вынуждены делать в электронике, чтобы сократить отставание). Только в этом случае при проектировании домов станет возможным использование самых передовых научно-технических достижений и создание собственной конкурентоспособной строительной индустрии.

Снижение в 2 - 3 раза электропотребления на освещение повышает эффективность использования ветрогенераторов, солнечных полупроводниковых батарей либо других источников электроэнергии небольшой мощности. Очень подробно аспекты их применения описаны в книгах [1, 10, 76 - 78].

### 3.2. Компьютерное моделирование характеристик дома

Проблема минимизации теплопотерь, которая является одной из основных для экологического домостроения, может быть эффективно решена только с помощью ЭВМ, так как жилой дом - это многопараметрическая система, при оптимизации которой можно существенно сократить затраты на строительство и эксплуатацию.

В СССР и России разрабатывались методики расчета теплообмена многоквартирных зданий, прежде всего ориентированных на использование центральных отопительных систем.

В [79] рассмотрена математическая модель теплового режима многоэтажного здания. Система элементов и связей, моделирующих тепловой режим помещений, представлена в виде графов.

Известны законченные программные продукты: программа расчета теплопотерь ограждающих конструкций "СИНС", программа теплогидравлического расчета систем отопления с искусственной циркуляцией теплоносителя "Отопление М", программа теплогидравлического расчета систем отопления с естественной циркуляцией теплоносителя "Отопление Е", программа расчета вентиляционных систем "Гейзер" и другие. В частности программа "Отопление М" выполняет теплогидравлический расчет систем отопления при следующих схемах циркуляции теплоносителя: однотрубные вертикальные с верхней и нижней разводкой маги-

стралей, горизонтальные, опрокинутые. База нагревательных приборов открыта для пополнения и корректировки. Расчет ведется с переменным перепадом температур. Увязка колец системы ведется за счет изменения диаметра стоякового участка по высоте. Систему можно считать с назначенными параметрами стояковых и магистральных участков. Допустимое число этажестояков на стояке определяется условием невоскипания теплоносителя и допустимым давлением на отопительный прибор нижнего этажа. Допустимое число стояков неограничено (определяется наличием свободной оперативной памяти). Нумерация стояковых и магистральных участков - произвольная. В процессе заполнения исходных данных и корректировки системы после расчета введение и исключение стояковых и магистральных участков производится без изменения кодировки описанной схемы. В [80] разработана и представлена блок-схема программы расчета для определения температуры теплопоглощающего стекла, использование которого снижает нагрузки кондиционеров в летнее время.

За рубежом широко представлено более современное программное обеспечение. Компания "Elite Software Development Inc." (США) выпустила программу расчета нагрузок установок отопления, вентиляции, охлаждения и кондиционирования жилых зданий "RHVAC", версия 6, которая может работать с операционной системой "Windows", Microsoft [81]. Она рассчитывает пиковую нагрузку отопления и охлаждения для жилых и малых коммерческих зданий. Программа позволяет анализировать варианты, включающие до 1000 комнат в здании.

Исследовательский центр "ENEL" (Италия) разработал методику снижения потребления энергии и повышения уровня комфортности в зданиях благодаря использованию инновационных технологий [82]. Программы "EDILEGO" и "ESP" отличаются высокой степенью детализации описания зданий и установок отопления, вентиляции и кондиционирования. Программа компьютерного моделирования "EDILEGO" учитывает внешнее затенение зданий, использование теплонасосных устройств, солнечной энергии и аккумуляторов тепла.

Программа 2.1 "DCE" (Германия) [83] предназначена для расчета тепла (холода) на отопление, кондиционирование и расхода электроэнергии на освещение в течение календарного года. Она выбирает оптимальный вариант системы отопления и вентиляции.

Рассчитывать теплотребление здания позволяют компьютерные программы "Helena" [84] и "Enerplan" 2.0 [85]. Программа "TAS" [86] предназначена для моделирования динамических процессов изменения температуры в зданиях.

В США, Канаде, странах Центральной и Северной Европы разработаны компьютерные программы расчетов теплообмена и энергосбережения малоэтажных зданий с автономной системой теплоснабжения. Они ориентированы на оптимизацию теплообмена и экономию энергозатрат в реально существующих малоэтажных застройках в разных климатических районах Северной Америки и Европы. Примером может служить программа "EEDO" [87, 88]. Целью программы "EEDO" является выдача рекомендаций по переоборудованию ранее построенных зданий, позволяющих существенно уменьшить затраты на их обогрев и кондиционирование. Расчеты ведутся на базе данных об используемых в США строительных материалах, модулях и аппаратах. Программа содержит библиотеку типовых модернизаций домов с точки зрения улучшения их тепловых характеристик.

В целом существующее компьютерное сопровождение ориентировано на решение конкретных теплотехнических проблем. Методика расчета теплообмена автономных домов с использованием альтернативных источников тепла для районов России отсутствует. Нет детальной информации о многих компонентах домов. На российском рынке программного обеспечения строительства отсутствуют компьютерные программы, позволяющие рассчитать теплотери и системы отопления даже обыкновенных автономных домов, тем более отсутствуют универсальные расчетные программы, позволяющие получить рекомендации по снижению теплотери в зданиях и рассчитать оптимальную систему отопления с использованием накопленных в мировой практике решений.

### 3.3. Снижение энергозатрат на производство строительных материалов и организацию строительства

Значительный потенциал сбережения энергии кроется в добыче и производстве строительных материалов, а также в организации строительных работ. В установившейся практике развитых стран для оценки полных энергозатрат введено понятие всеобъемлющей энергии (embodied energy) [29], что эквивалентно полным затратам энергии на добычу, производство, транспортировку, строительные работы и утилизацию материалов или их размещение после окончания срока службы. Таким же образом оцениваются затраты на оборудование. Аналогично этому производится и оценка полной стоимости материалов и оборудования. Т.е. в полную стоимость входит стоимость производства, распределения, использования и утилизации. Это дает возможность более обоснованного выбора и количественной оценки эффективности использования материалов и оборудования, в том числе и энергосбережения. Использование в доме материалов и оборудования с низкой стоимостью производства часто означает, что в будущем это обойдется очень дорого. Это очевидные вещи, но из-за того, что в наших справочниках отсутствуют данные о полном энергопотреблении и полной стоимости, при проектировании домов часто используются самые неэффективные решения, которые не контролируются никакими нормативами.

В табл. 3.5 [29] приведены сравнительные данные по полным энергозатратам для основных строительных материалов на 1 кг их веса, поэтому при расчетах энергоэффективности необходимо учитывать удельный вес и общий объем используемого в доме материала.

Т а б л и ц а 3.5

Энергозатраты для основных строительных материалов

Материал	Полная энергия, мДж/кг
Пластиковые трубы и листы для отделки	188,59
Ковровые покрытия, маты и т.д.	74,42
Краски	40,34
Черепичная, резиновая или пластиковая кровля	31,82
Металлические трубы, соединения, разветвления	68,02
Балки и другие строительные изделия из стали	20,78
Минеральная вата и другие утеплители	18,35
Рубероид и др.	12,01
Штукатурка и другие изделия из гипса	4,48
Фанера	14,62
Изготовленные на заводе доски для каркаса дома	11,85
Другие древесные изделия	8,96
Брус, пиломатериалы	7,38
Кирпичи и плитки из глины	2,14
Изделия на основе цемента	0,81
Кирпичи песчано-известковые	0,71
Естественные камни, обработанные	0,37
Грубые камни без обработки	0,14

Энергозатраты на производство строительных материалов снижаются в основном использованием материалов, не требующих глубокой переработки (дерево), различного вида бетонов на основе вяжущих веществ и заполнителей из отходов производства (золобетоны, арболиты и т.д.), вспененных материалов (газобетоны), неавтоклавных газобетонов, необжигных кирпичей [89 - 107]. Современные научные исследования дают возможность получать высококачественные строительные материалы из низкокачественного сырья.

Ниже перечислены еще некоторые мероприятия, которые приводят к энергосбережению:

- Использование необжигных строительных материалов (грунтоблоки, необжигная керамика, неавтоклавный газобетон [107], дерево и т.д.). Существенное снижение энергоемкости при производстве новых материалов позволяет организовать их производство на месте строительства и снизить затраты на транспортировку.

- Строительство домов из легких строительных блоков и материалов без тяжелых подъемно-транспортных механизмов.

- Сокращение сроков строительства за счет использования высококачественных исходных материалов и соответствия их установленным стандартам.

- Использование для строительства возобновляемых материалов с возможностью вторичного использования.

- Использование высококлассного автономного инженерного оборудования длительного безаварийного пользования.

- Проведение государственной политики энергосбережения (энергетический бюджет).

- Обучение энергосберегающему проектированию, строительству и образу жизни.

Если учесть, что к строящемуся автономному дому не надо подводить труб канализации и теплоснабжения, то при использовании всех энерго- и Ресурсосберегающих приемов возможно сокращение в несколько раз энергопотребления и стоимости строительства и эксплуатации дома.

## Глава 4. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Сбережение энергии в ближайшее время станет одной из главных проблем нашей жизни: нашего благополучия и нашей безопасности. Ее последовательное решение является основным условием перехода общества к устойчивому развитию. Предпринимаемые меры со стороны ученых и государства не приведут к большим успехам, если осознание этой проблемы не станет нравственным критерием нашего общества, повседневной привычкой энерго- и ресурсосберегающего образа жизни. Чтобы добиться этого, необходимо проведение скоординированной со всеми заинтересованными сторонами политики. Прежде всего со стороны государства, ученых и общественных организаций, используя международные связи и перенимая опыт развитых стран в этой области.

Государство должно прежде всего обеспечить материальные стимулы:

- отменить дотации на использование энергии и всех ее источников в комплексе мер по компенсации низкооплачиваемым слоям населения увеличения их расходов;

- ввести энергетический бюджет - нормативную базу, стимулирующую сбережение энергии и использование наиболее передовых решений в энергопотребляющем и энергопроизводящем оборудовании, в строительстве энергоэффективных домов, в реконструкции старых домов и оборудования. Одним из основных моментов бюджета является оплата за энергию, прогрессивно увеличивающаяся при превышении нормативов потребления и прогрессивно уменьшающаяся при снижении потребления;

- создать благоприятные условия на производстве и на рынке энергосберегающих товаров и услуг;

- принять в качестве действующих международные стандарты на энергосберегающее строительство и оборудование, дополняя их своими в случае необходимости;

- ввести в производство, проектирование и строительство норматив полной стоимости продукции, отражающий затраты на весь ее жизненный цикл;

- создать эффективные государственные органы управления энергосбережением;

- всемерно поддерживать деятельность научных, образовательных и общественных организаций, эффективно действующих в области энергосбережения.

Энергосбережение должно стать одной из основных задач научных организаций. Выявить все возможности энергосбережения, создать оптимизационные компьютерные программы, повысить эффективность традиционных и альтернативных источников энергии, разработать новые сверхэффективные способы и устройства ее использования - это далеко не полный перечень проблем, которые ждут решения.

Образовательные и общественные организации должны учить, распространять информацию, на собственном примере показывать, как беречь энергию и организовать свою жизнь, чтобы снизить потребление, не снижая качества жизни. Необходимо организовать демонстрационные и обучающие зоны, центры, телевизионные и радиопрограммы, использовать средства массовой информации и другие формы распространения практических знаний.

Производственные и торгующие компании необходимо стимулировать на заполнение нашего рынка наилучшими образцами энергосберегающей продукции. Необходимо создать острые конкурентные условия для ее совершенствования и увеличения экономической эффективности.

Потребителям энергии должны быть созданы самые льготные условия для энергоэффективного строительства, установки энергосберегающего оборудования и экономии энергии. Его затраты должны существенно зависеть от величины сэкономленной энергии и он должен

без труда их оценивать. Поэтому во всех рекламных проспектах должно указываться полное энергопотребление за весь жизненный цикл продукции и меры, гарантирующие сбережение энергии. Вся деятельность по энергосбережению должна стимулировать потребителя строить, реконструировать, утеплять, снижать потери на основе новых выверенных технологий и оборудования. При этом выбор в сторону энергосбережения должен стать не только чисто экономическим, но и нравственным выбором, так как в ближайшем будущем это должно стать нормой жизни без каких-либо льгот.

Люди должны понять, что уже сейчас, не дожидаясь кардинального решения вопросов, можно существенно помочь энергосбережению, утепляя свои жилища, используя более совершенные нагревательные приборы, сокращая расход горячей воды с помощью экономящих воду душей и кранов, используя для стирки и мойки посуды высокоэффективные машины, а для освещения - компактные флуоресцентные лампы и многое другое. Например, Демонстрационный энергетический центр в Калифорнии выпускает плакаты, показывающие домохозяйкам, где и как экономится энергия [108] Этот Центр демонстрирует на действующих образцах оборудования домов и с помощью компьютерных программ как, где и сколько экономится энергии. Распространяет красочные буклеты, консультирует специалистов и домохозяев, проводит обучающие мероприятия.

Выводы этой главы обзора сделаны на основе анализа деятельности правительств и общественных организаций развитых государств. Большинство из них уже десятилетиями выполняет государственные программы по энергосбережению и добилось впечатляющих успехов. В разных странах действуют демонстрационные поселки и центры. Наиболее интересными с точки зрения энергоэффективного домостроения являются: упоминавшийся ранее Энергетический центр в Калифорнии, открытый для всех и консультирующий на высоком профессиональном уровне; Демонстрационный центр на базе энергоэффективного дома в Ватерлоо (Канада) [19], интересный тем, что он в основном построен из вторично используемых материалов; Институт в Скалистых горах (Колорадо, США), где производится и демонстрируется полный цикл исследований по сбережению энергии, использованию всех видов альтернативных энергий, экономии ресурсов и экологическому домостроению и образу жизни, а также ряд экопоселений в Скандинавских странах [109, 110].

Как уже говорилось, что организация жизни в экопоселках, где добавляется еще групповой эффект сбережения энергии и ресурсов, более выгодна и очевидно станет и в нашей стране действующей. Децентрализация производства и больших городов тоже становится насущной необходимостью как с точки зрения экономики, так и экологии. Но при этом, конечно, невозможно децентрализовать культурные и образовательные центры. Поэтому основной обязанностью государства должно стать создание эффективных транспортных магистралей и систем связи. Строительство же жилья должно полностью перейти в руки негосударственных компаний. Государственные органы должны контролировать только качество строительства и управлять прогрессом.

Устойчивое развитие предполагает, что существенная экономия энергии должна быть получена за счет децентрализации производств и сокращения транспортных перевозок продукции, производство все большей части которой должно переходить к новым высокоэффективным мини-производствам. Такие производства должны обеспечить занятость большей части жителей экопоселков. Интересен с этой точки зрения опыт американского исследователя Джона Джевонса [111], который с небольшой группой своих соратников разрабатывает и испытывает на себе новые методы земледелия без использования химических и любых привозных удобрений. Названный им биоинтенсивный метод выращивания позволяет восстанавливать плодородие почв и увеличивать в несколько раз урожайность основных агрокультур. Простыми, доступными каждому приемами жители на мини-фермах (огородах) в несколько соток могут обеспечить себя полностью сбалансированным растительным питанием без молока и мяса. Переход к биоинтенсивным методам земледелия не только приведет к сбережению большого количества энергии, которое затрачивается на машинную обработку почв, транспортировку, производство удобрений и химических средств защиты, но и остановит

катастрофическую деградацию почв, одновременно обеспечив людей высококачественным питанием и увеличив их локальную занятость.

Результаты Джона Джеворса были экспериментально проверены в Новосибирске при выполнении работ по совместной Русско-Американской программе "Дом и огород - одно целое" в 1995 г. Результаты подтвердились и рекомендованы для освоения в Сибири и России в целом.

Значительное повышение урожайности означает и сокращение трудозатрат на обработку земли, а следовательно, на более успешное осуществление программы строительства экодомов и экопоселков, позволяя создавать замкнутые циклы производства и утилизации продуктов на собственном участке, не только не загрязняя окружающую среду, но и улучшая ее продуктивность и восстанавливающие свойства.

#### **4.1. Основные принципы конструкции и архитектуры экодома**

Экодом - это автономный малоэтажный дом, в котором в максимально возможной степени используются природные процессы для обеспечения его жизнедеятельности, включающие энергообеспечение и переработку всех видов отходов [112-116]. В понятие экодом включен также участок окружающего ландшафта, который используется для полной утилизации жидких и твердых органических отходов и для производства продуктов питания. Экодом - это биологически активный объект и рассматривается как составная часть окружающей экосистемы. Он обладает теми же основными признаками, которые характеризуют любую экосистему.

Концепция экодома наиболее полно отвечает сформулированным в Государственных целевых программах "Жилище" и "Свой дом" требованиям к жилищу, достойному человека XXI века и соответствующего условиям нашей страны со слабо развитыми инженерными коммуникациями при огромных размерах территории.

К настоящему времени в разных странах построены и функционируют десятки автономных домов, которые можно назвать экологическими. Все дома построены по индивидуальным проектам и существенно различаются по архитектуре и конструкции, но состав систем жизнеобеспечения в них практически одинаков и отличается только конкретным воплощением.

Существует два направления в создании систем автономного жизнеобеспечения, организованных по принципу экосистем. Первое связано с созданием искусственных систем, предназначенных для жизни человека в полностью изолированном от окружающего пространства корпусе. Создание этих систем стимулировалось космическими программами полета на ближайшие планеты. Одной из подпрограмм было изучение минимальных размеров искусственных экосистем, которые в течение нескольких месяцев могут обеспечивать приемлемые условия для существования людей, животных и растений, полностью изолированных от окружающей среды. Характерным примером такой системы может служить система жизнеобеспечения "Биос" для дальних космических полетов, которая разрабатывалась в красноярском Институте биофизики (Россия). В системе поддерживалась только необходимая часть замкнутых циклов жизнеобеспечения.

Второе направление - это прототип долгосрочного поселения на других планетах: Биосфера II, построенный в штате Аризона (США), с замыканием практически всех жизненно важных циклов. Эксплуатация этой и подобных систем показала, что они пригодны только для относительно короткого времени пребывания в них человека. При длительной эксплуатации полностью замкнутой искусственной экосистемы в ней начинает сильно изменяться микробиологический состав, что неблагоприятно сказывается на здоровье людей и животных. Это свойство оказалось главным недостатком замкнутых искусственных экосистем. Программы исследований в этом направлении практически свернуты.



Концепция экодому во многом заимствует научно-технические достижения этих двух направлений в разработке автономных систем жизнеобеспечения. Но принципиальное отличие заключается в том, что экодому - это открытая система, являющаяся частью окружающей среды и образующая с ней единую экосистему. Открытость экосистемы экодому и ее постоянное взаимодействие с внешней экосистемой исключает главный недостаток любых закрытых систем. К таким практически закрытым системам можно отнести и обычное городское жилище в многоквартирном доме. Правильно организованное взаимодействие с окружающей средой делает более здоровым наше обычное жилище.

Основными требованиями к экодому являются создание благоприятных условий для проживания человека и оказание минимальной нагрузки на окружающую среду. При этом отходы, которые возникают в результате жизнедеятельности человека, должны не угнетать окружающие биоценозы, как это происходит в привычном нам городском жилье, а наоборот, должны повышать их биологическую активность.

Рассмотрим конструкции, системы и элементы, которые являются неотъемлемой частью экодому.

Для экодому, как и для любых энергоэффективных домов, очень важно обеспечение высокого уровня теплоизоляции стен, окон и сбережение энергии при вентиляции и кондиционировании. Как правило, в экодому теплоизоляция ограждающих конструкций должна быть порядка  $R = 5$ , что достигается только в супертеплоизолированных домах и превышает требования наших новых СНиП ( $R = 3$ ). Решение этих вопросов в техническом плане не отличается от того, что было рассмотрено ранее в этом обзоре.

Использование солнечной энергии является одним из обязательных и характерных признаков экодому. Причем практика ее использования практически тоже не отличается от уже накопленного опыта в разных странах. Построено уже достаточно много энергоэффективных домов, архитектура и конструкция которых позволяет использовать солнечную энергию для обогрева дома и приготовления горячей воды. Эти дома построены в Англии, Австралии, Германии, Норвегии, России, США, Франции, Швеции и в других странах, охватывают большинство климатических зон. Многие дома эксплуатируются уже в течение 20 лет. Результаты испытаний показывают, что эффективность использования солнечной энергии зависит от применяемых конструктивных решений и климатических условий. В лучших образцах до 80% энергии для обогрева дома получают за счет солнца.

Солнечные системы накладывают ограничения на архитектуру и конструкцию дома. Это обусловлено тем, что размеры приемников солнечной энергии сопоставимы с размерами фасада дома для того, чтобы обеспечить необходимое количество энергии для поддержания теплового комфорта в доме при современных возможностях теплоизоляции и аккумулирования тепла.

Важным элементом экодому являются тепловые аккумуляторы, которые подразделяются на два основных типа. Первый тип - специальные конструкции для суточного, недельного и сезонного накопления тепла. Второй тип аккумуляторов - сам корпус дома и его внутренние конструкции. Разработано и построено большое разнообразие водяных, гравийных и грунтовых аккумуляторов, в которых тепло накапливается за счет теплоемкости материалов, и аккумуляторов, в которых используются фазовые переходы для накопления тепла. Первый тип наиболее простой, но обладает большими объемами. Второй имеет существенно меньшие размеры, но более сложное устройство. Вне зависимости от применяемого в аккумуляторах принципа накопления тепла все они обладают большими габаритами и существенно влияют на планировку и конструкцию дома. В большинстве домов эти системы имеют индивидуальную конструкцию за исключением водяных аккумуляторов тепла на несколько суток, которые выпускаются серийно во многих странах. Системы для приготовления горячей воды также выпускаются серийно и могут рассматриваться как бытовое оборудование.

Освещение экодому, как правило, электрическое с использованием новых экономичных источников света: галогенных и люминесцентных ламп, которые используют электричество из внешних сетей, но могут работать от солнечных батарей.

Системы водоочистки и утилизации твердых органических отходов в меньшей степени, чем солнечные установки, влияют на архитектуру экоддома, но влияют на его планировку и планировку прилегающего к дому участка земли. В системах переработки отходов жизнедеятельности используются биологические процессы, которые протекают достаточно медленно. Это означает, что одновременно в переработке находится большой объем отходов. В результате системы переработки отходов имеют относительно большие габариты. Для мягкого и теплого климата установки переработки отходов можно размещать вне корпуса дома. В этом случае планировка и конструкция дома не зависит от этих систем. На территории России практически во всех климатических зонах внешнее размещение установок нежелательно из-за невозможности обеспечить их эффективную и стабильную работу, так как с зимним понижением температуры биологические процессы резко замедляются. Поэтому целесообразно размещение систем переработки органических отходов и стоков внутри дома. В этом случае, используя теплицы и методы пермакультуры, можно обеспечить оптимальные условия существования биоценозов внутри систем, а переработка органических отходов и водных стоков будет эффективной и высококачественной. Расположение оборудования внутри дома накладывает ограничения на возможные варианты конструкции экоддома.

Привлекательно использовать в системе канализации безводный компостирующий туалет типа Klivus Miltrum, систему раздельной очистки серых водных стоков с вторичным использованием очищенных вод и Дренаживанием излишков. В системе используются преимущественно биологические методы очистки и утилизации отходов. Кухонные пищевые отходы тоже перерабатываются в биореакторе туалета. Компост и вода утилизируются на приусадебном участке для выращивания сельскохозяйственных культур, где, как правило, культивируются биоинтенсивные системы земледелия без использования химикатов и каких-либо удобрений извне [111].

Архитектура экоддома и окружающего ландшафта использует современные энергосберегающие и эстетические принципы функциональной и ландшафтной архитектуры, создает наиболее благоприятные условия развитию семьи, соответствует историческим, национальным и культурным особенностям его обитателей и территории.

*Система жизнеобеспечения экоддома принадлежит одновременно к наружным и внутренним конструкциям здания. Она является ключевой структурой, вокруг которой создается архитектурный проект и которая определяет конструкцию и облик здания.*

В строительстве экоддомов используются в максимально возможной степени материалы из возобновляемых ресурсов и ресурсосберегающие, ненарушающие окружающую среду строительные технологии.

Все системы жизнеобеспечения, а также состояние атмосферы в экоддоме должно контролироваться системой простейших датчиков с оповещением обитателей в случае нарушения режимов. Системы обогрева, вентиляции и кондиционирования должны управляться автоматически по программам, обеспечивающим максимальное энергосбережение.

Экоддома имеют следующие преимущества по сравнению с обычными домами-коттеджами:

1. Для достижения современного уровня комфорта для экоддома не требуется подвод дорогостоящих централизованных теплоснабжения и канализации, необходимо подвести только электроэнергию и воду. При наличии артезианской воды экоддом целесообразно подключить только к электрическим сетям, хотя при необходимости можно использовать автономные генераторы электричества. Отсутствие централизованных коммуникаций экономит до 20% затрат на строительство дома и до 38% ремонтно-эксплуатационных расходов. Строительство экоддомов возможно в местах со значительно меньшей инженерной подготовкой.

2. Высокая степень теплоизоляции экоддома, использование солнечной энергии, энергосберегающее оборудование снижают энергопотребление в 2 раза и более.

3. Система биореакторов позволяет утилизировать все виды органических отходов, которые перерабатываются в компост и могут использоваться в теплице или на приусадебном участке, увеличивая биологическую активность почвы.

4. Экодом уменьшает экологическую нагрузку на окружающую среду, благодаря экономии строительных ресурсов, использованию возобновляемых материалов, более щадящих природу строительных технологий, природовосстанавливающего образа жизни.

Благодаря перечисленным преимуществам массовое строительство экодомов может обусловить мощный инвестиционный процесс в решение важных проблем, остро стоящих перед обществом:

- обеспечение более благоприятными условиями для жизни и развития семьи более широких кругов общества;
- энергосбережение;
- сохранность и восстановление окружающей среды в населенных пунктах;
- уменьшение бытовых отходов;
- уменьшение загрязнения атмосферы;
- смену существующих технологий в жилищно-коммунальном секторе на экологически более совершенные;
- создание базы для устойчивого развития населенных пунктов в соответствии с принципами ООН.

Ни одно техническое решение не может считаться эффективным без рассмотрения социальных, экономических и других особенностей, связанных с его реализацией. Самый лучший образец экодома, не "вписывающийся" в состав экопоселка, или экопоселок, не способный устойчиво развиваться в системе себе подобных, не может быть основой полноценной реализации потенциала энергосберегающего экологического домостроения. Тем не менее, обладая существенно лучшими технико-экономическими показателями и уровнем комфорта по сравнению с традиционным жильем, удачные образцы экодомов могут стимулировать развитие массового энергосберегающего экологического домостроения, обеспечивая при этом кратную экономию энергоресурсов и сохранение окружающей среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обзоре рассмотрено только одно направление эффективного энергосбережения: переход к строительству односемейных домов с автономными системами обогрева и жизнеобеспечения. Но этот материал может оказаться полезным и для строительства, а особенно, для реконструкции многоэтажных домов, так как принципы и методы решения задач улучшения энергоэффективности тех и других домов одинаковы. Ведущими проектными фирмами часто используются одни и те же компьютерные программы для расчета энергетических характеристик всех типов домов. Строители используют одни и те же материалы. Односемейные дома рассматриваются потому, что это то новое, что нам придется осваивать в первую очередь в связи с изменившимися экономическими и социальными условиями, и они дают более быстрый выигрыш более дешевыми средствами.

Главный вывод, который может быть сделан из анализа литературы и накопившегося опыта, что созданы все научно-технические предпосылки для качественно нового этапа проблем сбережения энергии и что на этом этапе использование альтернативных экологически чистых источников может не только восполнить увеличивающиеся потребности в энергии, но и даст возможность сократить использование органических видов топлива. Союз обеспокоенных ученых (США) оценивает возможность уменьшения использования органического топлива к 2030 г. до 1/3 от текущего уровня использования [1].

Наша страна сейчас на перепутье. Энергетический и экологический кризисы мешают перестройке экономики. Выйти из этого кризиса страна сможет, только заложив правильную энергетическую политику на ближайшее будущее и на перспективу и, прежде всего, законодательную базу в виде Закона о энергосбережении, вводящего экономические стимулы энергосбережения. Все другие законы должны быть приведены в соответствии с этим законом, регулирующим использование основных жизненно важных ресурсов. Только после выхода такого закона и приведения нормативной базы в соответствие с ним будет возможно широко развивать строительство энергоэффективных домов и поселений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Nancy Cole, P.J. Skerrett. Renewables Are Ready / Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, Vermont, USA. - 1995. - 239 p.
2. Report. Oslo Ministerial Roundtable. Conference on Sustainable Production and development / Oslo. 6-10 February 1995. // Printed by Norwegian Pollution Control Authority (SFT). - Oslo, 1995. - 53 p.
3. Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.): Информ. обзор СО РАН. - Новосибирск, 1992.
4. Жилье в интересах устойчивого развития. Всемирный день Хабитат. 1992 г. / Информ. обзор для средств массовой информации // Центр ООН по населенным пунктам (Хабитат). - Найроби, 1992.
5. Федеральный закон "Об энергосбережении" N 28-ФЗ от 03.04.96 г. // Экономика и жизнь, апрель 1996. - N 16. - С. 17.
6. Государственная целевая программа России "Жилище" // Собрание актов Президента и Правительства РФ. - 1993. - N 28.
7. Федеральная целевая программа "Свой дом". 27.06.1999, N 753. // Р.г. N 58 от 07.07.96 г.
8. Семинар-презентация "Производство и потребление энергии в Новосибирске". Материалы семинара // Новосибирский энергетический центр (Тасис). - Новосибирск, 1996.
9. Встреча на высшем уровне. Программа действий. Повестка дня на XXI век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении / Составитель Майкл Китинг. Публикация Центра "За наше общее будущее" // Напечатано SRO-Rundig S.A. - Женева, Швейцария, 1993.
10. John Schaeffer and et.al. Solar Living Source Book. The Complete Guide to Renewable Energy Technologies and Sustainable Living. Eight edition: Chelsea Green Publishing Company, White River Junction - Vermont, USA, 1994. - P. 402.
11. Постановление Правительства РФ от 01.06.92 г. N 371 о Российском внебюджетном межотраслевом фонде энергосбережения при Минтопе РФ. - М., 1992.
12. Федеральная целевая Программа "Топливо и энергия" // Постановление Правительства РФ N 1256 от 6.12.93.- М. 1993.
13. Распоряжение Совета Министров - Правительства РФ от 05.04.1993 г. N 568-р (за подписью Председателя В. Черномырдина) об оказании государственной поддержки созданию на территории РФ демонстрационных зон высокой энергетической эффективности, реализуемых в рамках проекта Европейской энергетической комиссии ООН "Энергетическая эффективность - 2000". - М., 1993.
14. Письмо министра топлива и энергетики РФ Ю.К. Шафранника руководителям государственной исполнительной власти республик, краев, областей РФ от 03.06.94 N МТ-3331 "О создании государственной системы управления энергосбережением на региональном уровне". - М., 1994.
15. Российский внебюджетный межотраслевой Фонд энергосбережения на федеральном и региональном уровнях: Постановление Правительства РФ от 1.06.93 г. N 371. - М., 1993.
16. Инновационная инвестиционная "Программа энергосбережения России" (составная часть федеральной Программы "Топливо и энергия"): Решение Президиума Совета Министров - Правительства РФ 18 июня 1993 г. (протокол N 20). - М., 1993.
17. Super Energy Efficient Homes (SEEH). Program - R-2000 / Canada Mortgage and Housing Corporation, - Ottawa, Canada, 1982.

18. Energy-Efficient Housing Construction / Canada Mortgage and Housing Corporation, - Ottawa, Canada, 1982.
19. Wayne Grady. Green Home // Published by Camden House - Ontario, Canada, 1993.
20. Строим сами деревянный дом: Справочное пособие / П. Юрмалайнен. - М Стройиздат, 1992.
21. British Columbia Advanced House Magazine // Publisher: Advanced Housing Society of B.C. - Vancouver, BC, Canada, 1995.
22. Brown R.J., Yanyck R.R. Introduction to Life Cycle Costing / Prentice-Hall, New Jersey, USA, 1985.
23. Energy-Efficient Reference Guide / O. Hydro. - Toronto, Canada, 1989. - 305 p.
24. Superinsulated Houses and Air-to-Air Heat Exchangers. Shurdiff, W. // Energy Efficient Building Association - Wausau, WI, USA, 1988. - 174 p.
25. Lenchek T. et al. Superinsulated Design and Construction; A Guide to Building Energy-Efficient Homes // Van Nostrand Reinhold - N.Y., USA, 1987. - 230 p.
26. Energy, Mires, and Resources Canada. Insulating Basements, Crawl Spaces, and Slabs-on-Grade // Marbek Resource Consultants Ltd. - Ottawa, Canada, 1987.
27. Quirouette R.L. The Difference Between a Vapour Barrier and Air Barrier, Building Practice Note N 54 // National Research Council Canada - Ottawa, Canada, 1985.
28. Handbook; Fundamentals 1989 / American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) - N.Y., USA, 1989. - 448 p.
29. Sustainable Residential Developments Planning, Design and Construction Principles. Affordable Homes Program. Avi Friedman, Vince Cammalleri, Jim Nicell, Francois Dufaux, Joanne. McGill University - Montreal. Canada, 1993.
30. Basic Home Sliding. An Illustrated Guide // Ortho Books - San Ramon, CA, USA, 1991. - 352 p.
31. Заколем С.В. Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой. - М.: Стройиздат, 1984.
32. Маркус Т.А., Моррис Э.Н. Здания, климат и энергия. - Л.: Гидрометеоздат, 1985.
33. Building with Alternatives to Lumber and Plywood // NAIHB Research Center. Home Builder Press. - Washington DC, USA, 1994.
34. Building Performance // PGE. CA, USA. - 10 August 1994.
35. Ржеганек Я., Яноуш А. Снижение теплопотерь в зданиях. - М.: Стройиздат, 1988. - 168 с.
36. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление. - М.: Стройиздат, 1991. - 736 с.
37. Умнякова Н.П. Как сделать дом теплым. - М.: Стройиздат, 1992. - 320 с.
38. Луговский С.И., Дымчук Г.К. Совершенствование систем промышленной вентиляции. - М.: Стройиздат, 1991. - 132 с.
39. Пиоро И.Л., Антоненко Б.А., Пиоро Л.С. Эффективные теплообменники с двухфазными термосифонами. - Киев: Наук. думка, 1991. - 246 с.
40. Луговский С.И., Луговая С.В. Использование теплоты льдообразования для подогрева воздуха в системах вентиляции // Экономия материальных и энергетических ресурсов в системах отопления и вентиляции. - Ростов н/Д: РИСИ, 1985. - С. 103 - 106.
41. Bowlen K.L. Energy recovery from exhaust air // ASHRAE. - 1974. - Vol. 16, N 4. - P. 49 - 57.
42. Харитонов Б.П., Харитонов В.П. Рекуперативный теплообмен в системах приточно-вытяжной вентиляции // АВОК. - М., 1994. - N 1/2. - С. 34.
43. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1986. - 380 с.
44. Вилл С. Механическая вентиляция в многоквартирных домах // АВОК. - М., 1994. - N 5/6. - С. 40 - 41.
45. Venresca J.A., Schrack J.S. Measured indoor air quality and energy demand with increased fresh air ventilation. Proc. 14th World Energy Eng. Congr. 1991. - Atlanta, 1992. - P. 549 - 558.
46. Bas E. Detroit-area health house showcases indoor air quality products, practices // Air Cond., Heat and Refrig. News. - 1995. - Vol. 194, N 4. - P. 5 - 6.

47. Грановский В.Л. Технико-экономическая эффективность индивидуального регулирования расхода тепла в системах отопления // АВОК. - М., 1895. - N 1/2. - С. 20 - 23.
48. Levermore G.J. Performance lines and energy signatures: Analysis with reference to the CIBSE Building Energy Code // Build Serv. Eng. Res. and Technol. - 1995. - Vol. 16, N 1. - P. 47 - 50.
49. Автоматический бойлер "Робот" // АВОК. - М., 1994. - N 3/4. - С. 12 - 13.
50. Install, ital. - 1994. - N 45.
51. Фомин И. Почему отечественные отопительные приборы проигрывают западным // Строит. газ. - 1996. - N 32, 31 мая. - С. 6.
52. McVeigh J.C. Sun Power. An Introduction to the Applications of Solar Energy. Pergamon Press. - London, 1977.
53. Андерсен Б. Солнечная энергия (основы строительного проектирования). - М., 1982. - 376 с.
54. А.с. 1815529 СССР, МКИ5 F 24 J 2/20. Солнечный коллектор / Г.П. Васильев, А.В. Захаров, В.Г. Башенное, М.С Рыжик и др. // Оpubл. 15.5.93, Бюл. N 18.
55. А.с. 18155312 СССР, МКИ5 F 24 J 2/24. Солнечный коллектор с антиконвективной структурой Луданова / К.И. Луданов // Оpubл. 15.5.93, Бюл. N 18.
56. Niekerk van W.M.K., Scheffler T.B. Measured performance of a solar water heater with a parallel tube polymer absorber (Коллектор солнечной энергии с полимерными трубами) // Sol. Energy. - 1993. - Vol. 51, N 5. - P. 339 - 347.
57. Thermal behaviour of a multi-cavity volumetric solar receiver: Design and tests results / A. Carotenuto, F. Reale, G. Ruocco, U. Nocera et al. // Sol. Energy. - 1993. -Vol. 50, N 2. - P. 113 - 121.
58. Заявка 4039481 ФРГ, МКИ5 F 24 J 2/00, F 24 J 2/42. Donath K. Устройство и метод для поглощения солнечного тепла. - N 40339481.6; Заявл. 11.12.90; Оpubл. 27.8.92.
59. Fournier M., Maurissen Y. Моделирование работы воздушного коллектора солнечной энергии со сплошным и пористым поглотителем // J. Phys. Sec. 3.3, 1993. - N 12. - P. 2249 - 2260.
60. Стребков Д.С. О развитии солнечной энергетики в России // Энергетика и окружающая среда: Информ. бюл. - 1993. - N 3. - С. 2 - 3.
61. Waletti R. Zum Stand der Solar thermic in Sachisen Entrgieanwendung. - 1993. - Bd 42, N 11. - S. 578 - 583.
62. Glubrecht H. Solar thermal energy, с. 349. Proc. World Clean Energy Conf.: World Coalit. Glab. Energy Charter, Geneva, 4-7 Nov., 1991. Zurich, 1991.
63. Pearson D. The Natural House Book. A Gala Original / Simon and Schuster. - N.Y., 1989.
64. Богословский В.Н., Сканави А.Н. и др. Отопление: Справочник проектировщика. - М.: Стройиздат, 1990. - 344 с.
65. Бекман У., Клейн С., Даффи Д. Расчет систем солнечного теплоснабжения. - М.: Энергоиздат, 1982. - 80 с.
66. Vailment solaire. Рекламный проспект фирмы INSO, Флоренция.
67. Воздушный коллектор солнечной энергии // TDA-Mag. 1993. - Т. 13, N 1. - С. 41.
68. Обозов А.Д. Новые направления Киргизской энергетики // АВОК. - 1991. -N 5/6. - С. 40 - 42.
69. Автономный гелиомодуль "БЛИК": Рекламный проспект / Научно-производственное объединение прикладной механики: 660033 г. Красноярск-26.
70. Реклама на обложке // АВОК. - 1994. - N 1/2. - С. 49.
71. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1986. - 380 с.
72. Пинигин Н., Александров А. Оптимизация систем генерирования электроэнергии на основе солнечных батарей // Альтернат. источники энергии: эффективность и управление.- 1990. - N 2. - С. 35 - 38.

73. Other Homes end Garbage. Designs for Self-sufficient Living / J. Leckie, G. Masters, H. Whithouse, L. Young // Sierra Club Books. - San Francisco, 1975.
74. Сиданов И., Сукасян Б., Клейнбок М. Ветроэнергетика в СССР // Альтернат. источники энергии: эффективность и управление. - 1990. - N 2. - С. 12 - 16.
75. Gipe P. Wind Power for Home and Business. REAL GOODS In dependent Living Book / Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, - Vermont, USA. - 1993. - 414 p.
76. The Solar Electric Independent Home Book / Fowler Solar Electric Inc. - Wort-hington, MA, USA, 1991. - 171 p.
77. Davidson J. The New Solar Electric Home / Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, Vermont, USA. - 1990. - 408 p.
78. Strong S. The Solar Electric House / Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, Vermont, USA. - 1993. - 276 p.
79. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций здания и сооружений. - М.: Стройиздат, 1986. - 380 с.
80. Пермяков Р.И., Исаков О.А., Арапов Б.Н. ЭВМ и эффективность остекления с применением специальных стекол // Жил. стр-во. - 1995. - N 12. - С. 11 - 12.
81. Hvac load calculation program. Air Cond. // Heat. and Refrig. News. - 1995. -Vol. 194, N 13. - P. 22.
82. Groppi F. Codice di simulazione EDILEGO analisi e previsioni del comportamento // Energ. alternative: Habitat, territ., energ. - 1994. - Vol. 16, N 89. - С. 148 - 154.
83. Simulations berechnungen zur Energieoptimierung von Gebauden, TAB / B. Barath, B. Boiling, G. Morgenstern, K. Vogel // Techn. Bau. - 1994. - N 11. - S. 97 - 98, 101 - 104.
84. Computerprogramm berechnet Warmebedarf, HLH: Heizung, Luftung. Klima, Hausteghn. - 1995. - Bd 46, N 4. - S. 257.
85. Windows-Anwendungsprogramm bilanziert Jahres-Heizwarmebedarf, HLH: Helzung, Luftung. Klima, Hausteghn. - 1995. - Bd 46, N 4. - S. 256.
86. TAS. Programm zur ganzheitlichen Planung und integrierten Gebaudeund Ania-gensimulation, HLH: Hefzung, Luftung. Klima, Hausteghn. - 1995. - Bd 46, N 4. - S. 253.
87. EEDO IBM per. corn. vers. CIRA. Apr. 1994.
88. EEDO user news, 1990.
89. Протокол совещания в Минстрое России от 30 июля 1996 г. - N 4.
90. Проблемы экологичного жилища // Сб. науч. тр. ЦНИИЭП жилища. - М., 1993. - С. 4 - 92.
91. Никеров В.А. Экологичный дом: Советы физика. - М.: Энергоатомиздат, 1992. - С. 3 - 97.
92. Генератор носят в чемоданчике // ИР. - 1984, N 5. - С. 27.
93. Пневматические аккумуляторы оказались удобными источниками энергии // ИР. - 1987. - N 9. - С. 44 - 45.
94. Пуховой И. Дома обогревает мороз // ИР. - 1993. - N 7. - С. 8.
95. А.с. СССР 1250693. Русловой гидроагрегат.
96. Макаров Ю. Генератор, приемлющий "голодный режим" // ИР. - 1990. - N 12. - С. 12 - 13.
97. Солнечная батарея отдает энергию в ночное время // ИР. - 1990. - N 7. - С. 38.
98. ГЭС, на себя не похожая / П. Хлопенков, Т. Классон, И. Праткин, И. Зайцева // ИР. - 1991. - N 8. - С. 14 - 15.
99. Кувыркающийся ветряк // ИР. - 1992. - N 10. - С. 15.
100. Огородников И.А. Что такое "Экодом"? // Земля Сиб. Дальневост. - 1993. - Май-июнь. - С. 16 - 17.
101. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии. - М.: Мир, 1987.
102. Ditrich Engelhard, Solaranbauten, Koln-Braunsfeld: R. Muller. - 1985.
103. Fachzeitschrift des Schweizerischen Institutes fur Baubiologie SIB und dee Osterreichischen Institutes fur Baubiologie IBO / Baubiologie. - N 4/92.
104. Fachzeitschrift des Schweizerischen Institutes fur Baubiologie SIB und de Osterreichischen Institutes fur Baubiologie IBO / Baubiologie. - N 6/92.
105. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. - М.: Энергоатомиздат 1991.



106. Зырянов В.В. Решение глобальных экологических проблем на основе локальных технологий производства композиционных строительных материалов для экологического домостроения // Химия в интересах устойчивого развития. - 1995 - Т. 3, N 3.
107. Питерсон Ю.Н. Экодом: Рекламный проспект. - Новосибирск, 1996.
108. Home Energy Manual. California Energy Commission and PG&E, - Palo Alto CA USA. - July 1992.
109. Torsted West In Horsens. A new and Different Neighbourhood. Municipality of Horsens, - Horsens, Norvegy. - October 1990.
110. Loland O. The Solviva Winter Garden Project / Printed by Jordts Bogtryk og Offset, - Nex O. Norvegy, 1990.
111. Джевонс Д. Как выращивать больше овощей. - М.: Пресса, 1993. - 176 с.
112. Экологический поселок и экологический дом в Сибири: Тез. Междунар. семинара, г. Новосибирск, 1991.
113. Промежуточный аннотационный отчет по договору 16-10-355 дробь 94 от 12.05.94. АОЗТ ЭКОДОМ. - г. Новосибирск, 1994.
114. Разработка научно-технического проекта создания базового ресурсосберегающего экологического автономного дома (экодома), исследование систем жизнеобеспечения в первом экспериментальном доме с целью их оптимизации. Экспериментальные испытания макетного оборудования и разработка компоновочной конструкторской документации. Разработка научно-технического проекта. Отчет о НИР (заключительный) / АОЗТ "ЭКОДОМ". - Новосибирск, 1994.
115. ECO Logical Architecture Conference report, Stockholm-Helsinki / The National Association of Swedish Architects. The Finnish Association of Architects, 1992.
116. Огородников И.А. Если строить, то экодом // ЭКО. - 1992. - N 9.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аврорин Александр Валентинович - директор АОЗТ "ЭКОДОМ"

(ГИПРОНИИ СО РАН)

630090, г. Новосибирск, ул. Николаева, 8,

т. 35-76-29

Огородников Игорь Александрович - ст. науч. сотр. ИТ СО РАН,

президент АОЗТ "ЭКОДОМ", т. 35-76-26

Чернова Галина Валентиновна - зам. зав. лаб. нетрадиционной и общей энергетики

ИТ СО РАН, к.т.н., т. 39-10-48

Чиннов Евгений Анатольевич - ст. науч. сотр., к.ф-м.н. ИТ СО РАН,

т. 39-11-37 69

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. ЭНЕРГЕТИКА СИБИРИ.....	5
1.1. Энергетические проблемы коммунально-бытового сектора.....	6
1.1.1. Энергетика в коммунально-бытовом секторе Новосибирской области .....	9
1.2. Потенциал энергосбережения в жилищном строительстве.....	10
Глава 2. АРХИТЕКТУРА ДОМА И ЕГО РАЗМЕЩЕНИЕ НА МЕСТНОСТИ .....	14
2.1. Теплоизоляция ограждающих конструкций .....	16
2.1.1. Стены дома.....	20
2.1.2. Теплоизоляция фундаментов.....	21
2.1.3. Окна.....	26
2.2. Снижение неконтролируемого воздухообмена, вентиляция, утилизация тепла внутреннего воздуха, регулирование теплового режима и микроклимата в здании.....	30
Глава 3. ОТОПЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМОВ. ....	32
3.1. Энергосберегающее освещение.....	39
3.2. Компьютерное моделирование характеристик дома.....	42
3.3. Снижение энергозатрат на производство строительных материалов и организацию строительства .....	44
Глава 4. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ .....	46
4.1. Основные принципы конструкции и архитектуры экоддома .....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	52
ЛИТЕРАТУРА .....	53
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....	57
СОДЕРЖАНИЕ .....	58

Аврорин Александр Валентинович  
Огородников Игорь Александрович  
Чернова Галина Валентиновна  
Чиннов Евгений Анатольевич

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ.  
ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Аналитический обзор

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы Word 6.0 for Windows.  
Компьютерная верстка выполнена Т.А. Калюжной.

Подписано в печать 31.03.97. Формат 60x84/16.

Бумага писчая. Ротапринт. Усл. печ. л. 4,4.

Уч.-изд. л. 5,7. Тираж 400 экз. Заказ N 26.

Цена договорная

ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, ул. Восход, 15, коми. 407.

Типография СО РАН. Новосибирск, пр. К. Маркса, 2.