

**ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2021

УДК 699.8:697(073)

ББК 65.441:31.15я7

Э65

Авторы:

*А. В. Исанова, Н. А. Драпалюк,
Г. Н. Мартыненко, Д. А. Драпалюк*

Рецензенты:

кафедра химии и процессов горения
ФГБУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России
(начальник кафедры канд. техн. наук *А. М. Чуйков*);
канд. техн. наук, профессор АНОО ВО МИКТ *П. Ю. Беляков*

**Э65 Энергоресурсосбережение при проектировании, строительстве и эксплуатации жилого фонда : учебное пособие / [А. В. Исанова и др.]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 156 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0751-9**

Рассмотрены способы и мероприятия, позволяющие эффективно использовать энергетические ресурсы при проектировании, строительстве и эксплуатации жилого фонда. Даны практические задачи, основанные на примерах использования энергоэффективных технологий.

Для студентов строительных направлений подготовки. Может быть полезно студентам, изучающим городские системы энергоснабжения и природоохранное обустройство территорий, а также специалистам строительного дела.

УДК 699.8:697(073)

ББК 65.441:31.15я7

ISBN 978-5-9729-0751-9 © Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

ВВЕДЕНИЕ

Развитие мировой экономики приводит к постоянно возрастающему спросу на энергоресурсы. Запас ископаемого топлива с каждым годом всё уменьшается. Также стоит отметить необходимость разработки новых месторождений, расположенных в неблагоприятных климатических условиях, так как в удобных для добычи регионах запасы практически исчерпаны. Описанные выше реалии приводят к возрастанию стоимости топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), ужесточению требований к срокам окупаемости вновь вводимых в эксплуатацию объектов строительного комплекса, увеличению затрат на их эксплуатацию. Поэтому снижение энергоёмкости и сокращение расхода ТЭР при строительстве и оказании услуг сферы жилищно-коммунального хозяйства – это первоочередная задача при создании энергоэффективной жилой среды в России. Эту задачу можно решить как архитектурно-планировочными, так и техническими и технологическими мероприятиями. Важной является подготовка специалистов к ведению работ с рациональным использованием энергетических ресурсов при возведении и эксплуатации зданий и сооружений.

Материал учебного пособия дополнен задачами, затрагивающими вопросы нескольких направлений энергосберегающих мероприятий, наиболее актуальных в настоящее время. Навыки, полученные студентами при решении учебных задач, могут пригодиться им в дальнейшей профессиональной деятельности.

1. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ. ВИДЫ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

1.1. Энергетические эпохи

Возможны различные классификации исторических эпох развития энергетики. Можно проследить изменение общественно-экономических формаций, описать хронологическую смену различных энергетических империй, вариантов использования топливно-энергетических материалов в ходе хозяйственной деятельности и т. д. Всё это возможно обобщить, описывая историю человечества про помощи череды энергетических эпох. Можно выделить следующие эпохи развития энергетики:

– биоэнергетика (мышечная энергетика) – использование в качестве источника механической работы биологической энергии человека и животных. Этот период продолжался примерно до VIII–X века н. э.;

– механическая энергетика – использование механической энергии потоков воды и воздуха. Сначала использовались водные потоки, позднее – воздушные потоки. Этот период продолжался до XVIII века н. э.;

– теплоэнергетика – использование в качестве производства механической работы из теплоты, выделяющейся при сжигании в основном твёрдого топлива. Интенсивное развитие получила с конца XVIII века н. э. с внедрением в промышленность и транспорт универсального парового двигателя;

– современная комплексная энергетика – преимущественное использование в качестве первичной тепловой и гидравлической энергии, для выработки вторичной – электрической энергии;

– атомная энергетика – использование энергии распада радиоактивных веществ – энергии ядерных реакций [5].

Основой всего сущего на земле является энергия. Энергия (греч. – действие, деятельность) – общая количественная мера различных форм движения материи. К основным видам энергии относятся: механическая; тепловая; электрическая; химическая; магнитная; электромагнитная; гравитационная и энергия биологических процессов.

Термин энергосбережение – это реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема затраченных энергоресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг) [13].

Рассмотрим понятие энергетического ресурса и его основных видов. Энергетический ресурс – это носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии).

Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) – это совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной жизнедеятельности [13].

1.2. Классификация топливо-энергетических ресурсов

Энергетические ресурсы классифицируются на первичные и вторичные, а также на возобновляемые и невозобновляемые.

Первичные энергетические ресурсы – это каменный и бурый угли, нефть, природный газ, горючие сланцы, торф (невозобновляемые ресурсы литосферы); древесина (воз-

обновляемый ресурс), гидроэнергия (неисчерпаемый ресурс гидросферы) и др.

Вторичные энергоресурсы – энергоресурсы, являющиеся результатом их получения более совершенными современными методами энергопотребляющего процесса. Их, в свою очередь, можно разделить на биотопливо, горючие ВЭР и тепловые ВЭР, полученные в результате неполного первичного использования.

Биотопливо – топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов.

Горючие ВЭР – горючие газы и отходы, которые могут быть применены непосредственно в виде топлива в других установках и непригодные в дальнейшем в данной технологии. К ним можно отнести отходы сельскохозяйственных, пищевых и деревообрабатывающих производств (щепа, опилки, обрезки, стружки), горючие элементы конструкций зданий и сооружений, демонтированных из-за непригодности для дальнейшего использования по назначению, отходы целлюлозно-бумажного производства и другие твердые и жидкие топливные отходы.

К тепловым ВЭР можно отнести физическую теплоту уходящих газов после сгорания топлива, теплоту основной и побочной продукции, теплоту золы и шлаков, горячей воды и пара, отработавших в технологических установках, теплоту рабочих тел систем охлаждения технологических установок.

К возобновляемым источникам энергии относятся источники непрерывно возобновляемых в биосфере Земли видов энергии: солнечной, ветровой, океанической, гидроэнергии рек (см. рис. 1.1) [1].

Потенциал возобновляемых топливно-энергетических ресурсов Земли (отн. ед.)

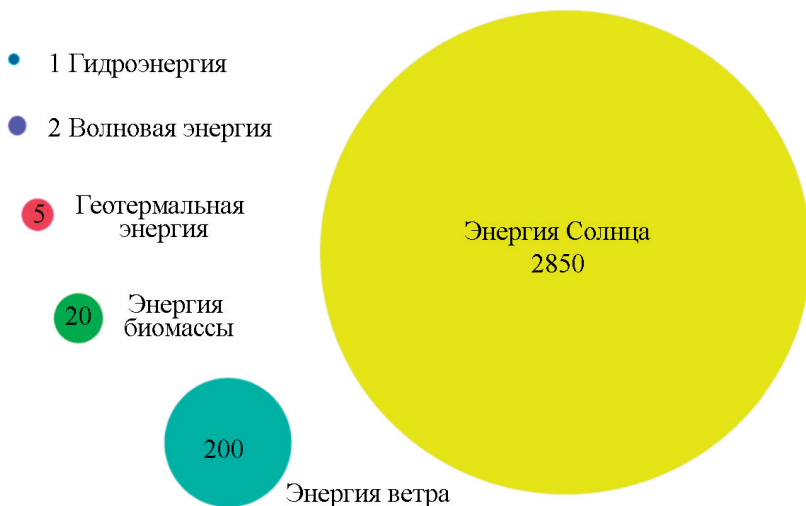


Рис. 1.1 – Возобновляемые источники энергии

Невозобновляемые источники энергии – это природные запасы веществ и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии.

Источники энергии можно разделить на традиционные и нетрадиционные. К традиционным источникам энергии относятся:

- тепловая электростанция ТЭС – тепловая энергия;
- гидроэлектростанция ГЭС – энергия потока воды;
- атомная электростанция АЭС – энергия распада атома.

Классификация нетрадиционных источников энергии приведена на рис. 1.2.



Рис. 1.2 – Классификация энергетических ресурсов

1.3. Основные термины и определения

В экономике природопользования различают валовой, технический и экономический энергетические ресурсы.

Валовой (теоретический) ресурс представляет суммарную энергию, заключенную в данном виде энергоресурса.

Технический ресурс – это энергия, которая может быть получена из данного вида энергоресурса при существующем развитии науки и техники. Он составляет от доли процента до десятка процентов от валового, но постоянно увеличивается по мере усовершенствования энергетического оборудования и освоения новых технологий.

Экономический ресурс – энергия, получение которой из данного вида ресурса экономически выгодно при существующем соотношении цен на оборудование, материалы и рабочую силу. Он составляет некоторую долю от технического и тоже увеличивается по мере развития энергетики.

Топливо – вещество, из которого с помощью химической реакции окисления может быть получена тепловая энергия. Топливо подразделяется на твёрдое, жидкое и газообразное.

Основным показателем сгорания топлива является теплотворная способность (теплота сгорания). Удельная теплота сгорания топлива – физическая величина, показывающая, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании топлива массой 1 кг или объёмом 1 м³. Чем больше удельная теплота сгорания топлива, тем меньше удельный расход топлива при той же величине коэффициента полезного действия (КПД) агрегата.

Для сравнения различных видов топлива введено понятие условного топлива.

Условное топливо – принятая физическая величина, применяемая для учёта органического топлива и сопостав-

ления эффективности видов топлива, а также для сравнения эффективности использования его в различных агрегатах. Теплота сгорания условного топлива $Q_{н^p} = 29300 \text{ кДж/кг}$

Соотношение между условным и натуральным топливом выражается формулой:

$$V_y = \mathcal{E} \cdot V_n, \quad (1.1)$$

где V_y – масса эквивалентного количества условного топлива, кг;

V_n – масса натурального топлива, кг (твёрдое и жидкое топливо) или м^3 (газообразное);

\mathcal{E} – калорийный эквивалент.

2. СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И НОРМЫ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

Всего существует три простых (элементарных) вида передачи тепла: теплопроводность; конвекция; тепловое излучение [11].

Теплопроводность – это процесс переноса внутренней энергии от более нагретых частей тела к менее нагретым частям, осуществляемый хаотически движущимися частицами тела (атомами, молекулами, электронами и т.п.).

Конвекция (от лат. *Convectiō* – «перенесение») – явление переноса теплоты в жидкостях, газах, сыпучих средах путём перемешивания.

Тепловое излучение – электромагнитное излучение, возникающее за счёт внутренней энергии тела [4].

Все описанные виды переноса энергии задействованы в процессах, происходящих внутри ограждающей конструкции и на её поверхности, результатом которых является теплопередача (см. рис. 2.1).

Суммарное сопротивление теплопередаче стены $R_0, \text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, определяется по формуле

$$R_o = \frac{1}{\alpha_b} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (2.1)$$

где α_b – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода года, Вт/(м²·°С);

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С),

δ_i и λ_i – толщина, м, и расчетный коэффициент теплопроводности материала i -го слоя, Вт/(м·°С).

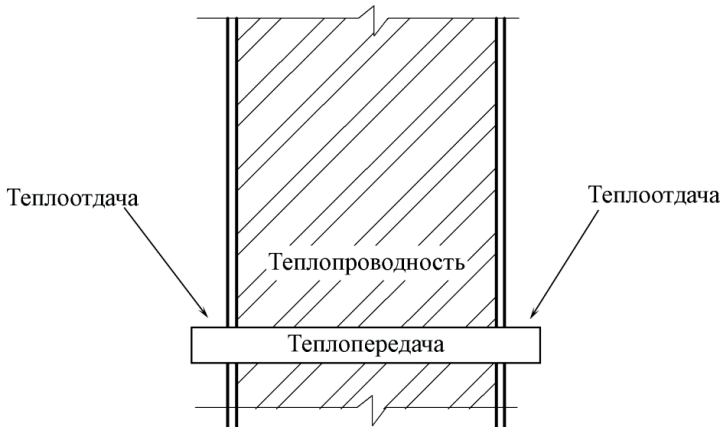


Рис. 2.1 – Схема осуществления переноса тепловой энергии, принимаемой с учетом условий эксплуатации конструкций

Проверка соблюдения норм по сопротивлению теплопередаче осуществляет, анализируя неравенство [4]

$$R_o \geq R_{\text{норм I}}, \quad (2.2)$$

где $R_{\text{норм I}}$ – требуемое сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт,

R_o – расчётное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт.

Расчётное сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяется с использованием формулы интерполяции по СП 50.13330.2012 в зависимости от градусо-суток района строительства.

Градусо-сутки района строительства ГСОП, $\text{°C} \cdot \text{сут}$, рассчитываются по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot Z_{\text{от}} \quad (2.3)$$

где $t_{\text{в}} = t_5^{0,92}$ – расчетная температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92, °C ;

$t_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °C ;

$Z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут.

2.1. Виды утеплителей

В современной строительной практике используется множество видов утеплителей. Рассмотрим основные из них.

1. Плиты из каменной (базальтовой) ваты – это разновидность минеральной ваты, волокнистого теплоизоляционного материала, предназначенного для утепления строительных конструкций, трубопроводов, термоизоляции дымоходов. Этот вид утеплителя не горит и обладает хорошими теплоизоляционными свойствами.

Базальтовые утеплители имеют несколько степеней жесткости. По теплоизоляционным свойствам они одинаковые, но более жесткие плиты можно использовать в качестве фасадных плит под штукатурку.

2. Пенополистирол (пенопласт) представляет собой газонаполненный материал, получаемый из полистирола и его производных, а также из сополимеров стирола. Пенополистирол является долговечным материалом с замечательными теплоизоляционными свойствами.

К недостаткам пенополистирола как строительного материала, можно отнести:

- при горении, плавлении, выделяются вредные вещества;
- к пенопласту равнодушны грызуны и различные насекомые, которые устраивают в нём свои гнёзда;
- при наличии одного маленького отверстия тепло будет улетучиваться из помещения.

Экструдированный пенополистирол – это синтетический теплоизоляционный материал, изготовленный по более совершенной технологии вспенивания полимерной композиции в процессе экструзии или продавливания материала через специальную фильеру.

Сравнение толщин различных материалов при одинаковом сопротивлении теплопередаче приведено на рис. 2.2.

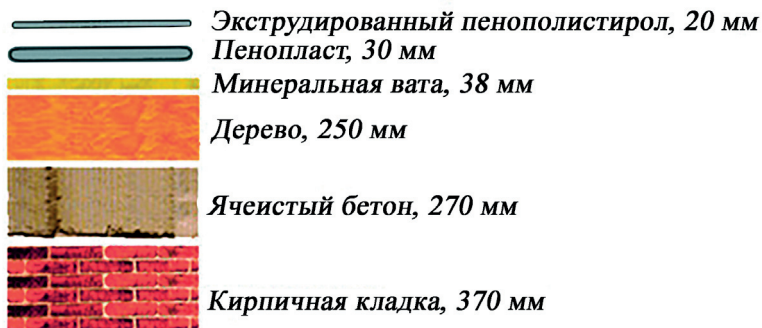


Рис. 2.2 – Сравнение толщин различных материалов при одинаковом сопротивлении теплопередаче

3. Эковата – это расщепленная бумага (целлюлоза) с добавлением противопожарных и антисептических веществ. Основной недостаток – слишком хорошо впитывает влагу.

4. Пенополиэтилен – это материал, имеющий бумажное покрытие со специальной подложкой или фольгированное покрытие.

Таблица 2.1 – Сравнения основных характеристик различных теплоизоляционных материалов

| Характеристика | Минеральная вата | Пенополистирол |
|-------------------|---|---|
| Теплопроводность | + $\leq 0,039-0,045$ Вт/(м·К) | $\leq 0,039$ Вт/(м·К) |
| Паропроницаемость | + Высокая, здание «дышит» | Низкая, среда увлажняется, точка росы в утеплителе |
| Пожароопасность | + Не горит | Подвержен термодеструкции |
| Средняя плотность | Высокая, конструкция тяжелая | + Низкая, конструкция легкая |
| Экономичность | В 2 раза дороже, чем пенополистирол | + Относительно дешевый |
| Срок службы | + 20–30 лет | 10–20 лет |

К плюсам данного строительного материала можно отнести:

- гидрофобность;
- высокие звуко- и виброизоляционные свойства;
- легкий вес;
- простоту и безотходность монтажа;
- неподверженность воздействию грибков и плесени;
- невысокую цену.

Минусы данного строительного материала:

- негативное воздействие ультрафиолетового излучения;
- со временем он может просесть от постоянных нагрузок и потерять до половины своей толщины;
- сдвигается точка росы, если он не был заложен проектом.

5. Пеностекло – это теплоизоляционный материал, представляющий собой вспененную стекломассу.

К плюсам данного материала относятся:

- долговечность эксплуатации (гарантированный срок эксплуатации превышает 100 лет);
- прочность (самый прочный из эффективных теплоизоляционных материалов);
- стабильность размеров блоков (размеры стабильны из-за отсутствия теплового расширения/сжатия);
- устойчивость физических параметров;
- устойчивость к химическому и биологическому воздействию;
- негорючесть и огнестойкость;
- влагонепроницаемость, водостойкость и негигроскопичность;
- экологическая чистота и санитарная безопасность;
- простота обработки.

Недостатками пеностекла являются:

- дорогостоящее производство и высокая цена;
- большой вес;
- нестойкость к ударным воздействиям.

Особое место при утеплении конструкций занимает способ повышения их теплоизоляционных свойств при монтаже утеплителя изнутри помещения. При утеплении конструкции данным образом может значительно умень-