

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Городское строительство и хозяйство»

Методические указания
по оценке энергетической эффективности
зданий и выбору энергосберегающих решений
модуля

**«Лучший европейский опыт
энергосбережения»**

в рамках проекта (E3SAVE)
611057-EPP-1-2019-1-RU-EPPJMO-MODULE



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Авторы
Шейна С. Г.,
Миненко Е. Н.,
Федяева П. В.

Ростов-на-Дону, 2020

Аннотация

Методические указания содержат сравнительный анализ особенностей энергетической сертификации зданий в России и Европейском союзе. Направлены на формирование у магистрантов навыков принятия решений в части выбора оптимальных архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерных энергосберегающих решений на этапе проектирования зданий. Рекомендации содержат положения по оценке уровня энергетической эффективности зданий в России и за рубежом, а также примеры расчетов и задания для самостоятельной работы по подбору рекуператоров тепла в системе вентиляции, тепловых насосов в системе отопления и горячего водоснабжения.

Предназначены для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство», магистерская программа «Гражданское строительство».



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Методические рекомендации разработаны в рамках проекта программы Европейской Комиссии ERASMUS+ Модуль Jean Monnet «Лучший европейский опыт энергосбережения» (E3SAVE) 611057-EPP-1-2019-1-RU-EPPJMO-MODULE. Поддержка

Европейской Комиссией изготовления данной публикации не подразумевает одобрения содержания материалов, которые отражают исключительно точку зрения авторов. Европейская Комиссия не несет ответственности за любое использование материалов, представленных в настоящей публикации»

Methodological materials for implementing the module are published in the frame of the ERASMUS+ Programme of the European Commission Jean Monnet Module «The Best European Experience in Energy Saving» (E3SAVE) 611057-EPP-1-2019-1-RU-EPPJMO-MODULE. The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Авторы

д.т.н., профессор, зав. кафедрой «ГСХ»

Шейна С.Г.,

к.т.н., ст. преподаватель кафедры «ГСХ»

Миненко Е.Н.,

к.т.н., доцент кафедры «ГСХ»

Федяева П.В.



Оглавление

Тема 1 Оценка энергетической эффективности зданий в России и ЕС.....	4
1.1 Порядок энергетической сертификации зданий в России и ЕС	4
1.2 Определение класса энергетической эффективности зданий.....	7
1.3 Факторы, влияющие на уровень энергетической эффективности здания	10
Задания по теме № 1	12
Тема 2 Энергосберегающие технологии в строительстве	22
2.1 Расчет эффективности установки рекуператора в системе вентиляции	25
2.2 Методика выбора оборудования, использующего возобновляемые источники энергии в зданиях	29
2.3 Порядок подбора модели теплового насоса в здании	31
2.3 Расчет горизонтального коллектора теплового насоса	34
Задания по теме № 2	35
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	39

ТЕМА 1 ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ В РОССИИ И ЕС

1.1 Порядок энергетической сертификации зданий в России и ЕС

Оценка энергетической эффективности зданий во многих странах мира имеет схожий алгоритм, основанный на определении показателей энергетической эффективности зданий в процессе их обследования или расчетного моделирования (рис. 1).



Рис. 1. Общая схема разработки энергетического паспорта/сертификата здания

По результатам энергосертификации зданию присваивают определенную маркировку – класс энергетической эффективности и выдают энергетический сертификат (паспорт).

Системы энергетических сертификатов и маркировок зданий разных стран основаны на национальной нормативной и законодательной базе, взаимоувязаны с финансовыми механизмами, льготами и субсидиями при строительстве новых зданий, а также ремонте и реконструкции существующих объектов [1].

Отличия систем энергетических паспортов зданий разных стран заключаются в количестве факторов и видов энергии, учитываемых при оценке энергопотребления, а также в продолжительности периода оценки.

В соответствии с российским и европейским законодательством оценка энергетической эффективности зданий производится:

- при проектировании здания – путем расчета показателей энергетической эффективности здания и заполнения энергопаспорта объекта;
- при вводе законченного строительством/капитальным ремонтом или реконструкцией объекта в эксплуатацию – расчетно-аналитическим методом, на основе фактических данных приборов учета энергетических ресурсов;
- на этапе эксплуатации здания – по результатам энергетического обследования строительного объекта по фактическим данным потребления энергии.

В России к показателям, характеризующим выполнение требований энергетической эффективности, относят:

- показатель удельного годового расхода энергетических ресурсов на отопление и вентиляцию для всех типов зданий, строений, сооружений;
- показатель удельного годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды и показатель удельного годового расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение для многоквартирных домов;
- класс энергетической эффективности зданий.

На этапе проектирования зданий в России энергетическая сертификация осуществляется в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012, на этапе эксплуатации – согласно приказу № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

К показателям, характеризующим уровень энергетической эффективности зданий в ЕС относятся:

- удельный годовой расход первичной энергии в расчете на 1 м² общей площади здания;
- показатель выбросов CO₂;
- показатель выработки зданием энергии, излишки которой могут направляться в общегородскую сеть;
- класс энергетической эффективности здания.

Особенностью методических подходов ЕС к оценке энергетической эффективности зданий является:

- принцип оценки и учета экологического воздействия зданий на окружающую среду;
- рассмотрение здания как единой энергосистемы, т.е. в энергобалансе здания учитывается не только вторичное, но и первичное потребление энергии, для которого нормами установлены предельные допустимые значения.

В странах ЕС энергетическая сертификация зданий производится в соответствии с требованиями стандарта EN 15217:2007. Ключевым показателем энергетической эффективности жилого или общественного здания, по которому присваивают класс, является расчетная величина удельного годового расхода первичной энергии в расчете на 1 м² общей площади здания [2].

Результат оценки энергетических характеристик здания оформляется в России в форме документа – энергопаспорта, а в странах Европы – энергетического сертификата здания.

Энергетический сертификат зданий, принятый в Европе, в соответствии с Директивой 2002/91/ЕС EPBD является обязательным документом для осуществления сделок с объектами недвижимости. Срок действия сертификата не должен превышать 10 лет. Для жилых многоквартирных зданий энергетический сертификат разрабатывается каждые 3 года на основании данных о реальном потреблении тепловой энергии [3].

1.2 Определение класса энергетической эффективности зданий

Класс энергетической эффективности зданий в России и ЕС устанавливается по величине отклонения проектного, расчетного или фактического значения удельного годового расхода энергетических ресурсов от нормируемого значения. В качестве критерия оценки выступает соотношение вида:

$$\frac{q^{fac}-q^{req}}{q^{req}} \text{ или } \frac{q^{des}-q^{req}}{q^{req}}, \quad (1)$$

где q^{des} , q^{fact} , q^{req} – это проектное (расчетное), фактическое и проектное значения расхода энергетических ресурсов зданием соответственно.

Требуемое (нормируемое) значение расхода энергетических ресурсах для проектируемых зданий в России определяется по СП 50.13330.2012 в зависимости от типа здания, его местонахождения, отапливаемого объема и этажности [4]. Для эксплуатируемых зданий в качестве нормируемого значения выступает базовый уровень удельного годового расхода энергетических ресурсов, отражающий суммарный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на общедомовые нужды, многоквартирных жилых домов [5, табл. 1].

Обозначение класса энергетической эффективности эксплуатируемых жилых зданий в России осуществляется латинскими буквами по шкале от «G» (самый низкий) до «A++» (самый высокий) по аналогии с действующей в Европе маркировкой согласно стандарта EN 15217 «Энергоэффективность зданий. Методы выражения энергетических характеристик зданий и сертификация энергопотребления зданий» (табл. 1, 2, 3).

Таблица 1 – Пример градации классов энергетической эффективности эксплуатируемых зданий, принятой в России согласно Приказу Минстроя России № 399/пр

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
A++	Высочайший	-60 включительно и менее
A+	Высочайший	от -50 включительно до -60
A	Очень высокий	от -40 включительно до -50
B	Высокий	от -30 включительно до -40
C	Повышенный	от -15 включительно до -30
D	Нормальный	от 0 включительно до -15
E	Пониженный	от +25 включительно до 0
F	Низкий	от +50 включительно до +25
G	Очень низкий	более +50

Таблица 2 – Классы энергосбережения жилых и общественных зданий, принятые в России, согласно СП 50.13330.2012

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %
A++	Очень высокий	Ниже -60
A+		От -50 до -60 включительно
A		От -40 до -50 включительно
B+	Высокий	От -30 до -40 включительно
B		От -15 до -30 включительно
C+	Нормальный	От -5 до -15 включительно
C		От +5 до -5 включительно
C-		От +15 до +5 включительно
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно
E	Низкий	Более +50

Таблица 3 – Маркировка классов энергетической эффективности зданий в Австрии

Класс энергоэффективности	Энергопотребление, кВт·ч/(м ² ·год)	Примечание
A++ A+	менее 10-15	стандарт пассивного дома
A	менее 25	дом с ультранизким энергопотреблением
B	менее 50	дом с низким энергопотреблением
C	менее 100	дом, соответствующий строительным нормам и правилам

D E F G	150-250 и более	старые здания, не прошедшие санацию
------------------	-----------------	-------------------------------------

В России согласно требованиям СП 50.13330.2012, не допускается проектирование зданий с классом энергосбережения «D» и «E» [4]. Контроль за соответствием показателей расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания нормируемым значениям на стадии разработки проектной документации осуществляют органы экспертизы. Проверка соответствия вводимых в эксплуатацию зданий требованиям расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, а также требованиям оснащенности их приборами учета энергетических ресурсов осуществляется органом государственного строительного надзора при осуществлении государственного строительного надзора.

В странах ЕС оценка энергоэффективности зданий и проверка соответствия значений энергопотребления требованиям норм на стадии проектирования также обязательна для проектировщика. Расчет энергоэффективности зданий могут осуществлять только эксперты, имеющие соответствующую лицензию [6]. В Дании, Ирландии, Португалии и Швеции результаты расчетов представляются в виде годового потребления зданием конечной энергии, в Германии, Франции, Голландии, Греции – в виде годового потребления первичной энергии.

При вводе зданий в эксплуатацию класс энергоэффективности присваивается по показаниям приборов учета, причем расчет ведется по ускоренной методике. Поскольку в первые годы эксплуатации новых зданий энергопотребление отличается от энергопотребления при обычной эксплуатации (из-за сушки бетона, частичной заселенности и т.д.), класс энергоэффективности необходимо подтверждать в России – через 5 лет для новых домов, в Европе – через 3 года. Согласно № 261 ФЗ, при высоком классе

энергоэффективности здания («В», «А», «А+», «А++») гарантийный срок сохранения показателей энергопотребления составляет не 5, а 10 лет. Для многоквартирных домов ответственность застройщика сохраняется на этот период. До окончания гарантийного срока должно быть проведено подтверждение класса энергетической эффективности здания. Если будут обнаружены значительные отклонения, то собственники могут потребовать от застройщика устранить указанные расхождения.

В Германии для всех типов зданий установлен 5-летний гарантийный срок сохранения энергетической эффективности вновь построенного, реконструированного или прошедший капитальный ремонт здания. При этом ответственность за соответствие здания требованиям стандарта EnEV 2009 возложена не только на застройщика, но и на проектировщика, а также подрядчика, выполнившего на объекте строительные работы или работы по монтажу инженерного оборудования.

1.3 Факторы, влияющие на уровень энергетической эффективности здания

Энергоэффективность здания оценивается рядом показателей, ключевым из которых выступает годовой объем энергопотребления здания.

На уровень потребляемых зданием ресурсов оказывает влияние большое число факторов (рис. 2).



Рис. 2. Факторы, влияющие на энергоэффективность здания

Географическая ориентация здания влияет на возможность применения солнечной энергии, энергии подземных источников (воды) и энергии ветра.

Местоположение здания в системе существующей застройки влияет на наличие затенения, аэродинамику застройки, наличие сквозных ветрообразующих пространств. Кроме того, местоположение здания характеризуется определенным набором метеорологических характеристик, влияющих на уровень энергетической эффективности строительного объекта: скорость и направление ветра, интенсивность солнечной радиации, продолжительность отопительного периода, температура наружного воздуха в летний и зимний периоды и т.д.

Рациональное зонирование помещений в здании, т.е. выделение помещений с различным температурным фоном и оптимизация их взаимного размещения на плане также влияет на расход тепловой энергии в здании.

Конструктивные решения здания определяют выбор типа ограждающих конструкций и строительных материалов, обладающих различным коэффициентом теплопроводности, воздухопроницаемостью и, соответственно по-разному влияющих на сопротивление теплопередаче здания. Ограждающие конструкции, имеющие высокие теплозащитные характеристики, обеспечивают снижение потерь тепла до 25 %.

Для повышения теплозащитных характеристик ограждающих конструкций в европейских странах и России применяют многослойные конструкции, со слоем утеплителя в стенах, перекрытиях, фундаментных плитах.

Утепление фундаментной плиты является важной составляющей технологий энергоэффективных зданий, например, пассивных. Утепление заглубленной части здания сокращает утечку тепла, защищает конструкцию фундамента от промерзания и позволяет избежать появления сырости и грибка.

Утепление фундаментных плит бывает двух видов: утепленная, плавающая плита (теплоизоляция располагается по низу железобетонной плиты), и полы по грунту – фундаментная плита с утеплителем по верху.

На уровень энергетической эффективности здания также влияют косвенные факторы, например, уровень естественного освещения помещений, инсоляция здания. От этого фактора зависит потребность здания в искусственном освещении и устройстве систем затенения.

Другим косвенным фактором является ветровая характеристика территории, влияющая на возможность использования ветрового давления для естественной вентиляции. К косвенным факторам также можно отнести количество людей, находящихся в здании и являющихся источником дополнительных, бытовых, теплопоступлений.

Для учета совместного воздействия различных факторов на уровень энергетической эффективности здания применяется комплексный подход к зданию как к единой системе, включая анализ расположения здания, определение вида его оболочки и систем обеспечения микроклимата, учет взаимосвязей процессов теплопоступлений и тепловых потерь в здании. Для этих целей эффективно применять технологии энергомоделирования здания.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ № 1

Задача № 1. Определить нормируемую (базовую) удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию многоквартирного 2-этажного жилого дома, проектируемого в г. Ростове-на-Дону.

Решение задачи № 1

Нормируемые значения расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию проектируемых объектов установлены в таблицах 13 и 14 СП 50.13330.2012 для многоквартирных и многоквартирных домов соответственно.

Т.к. рассматриваемый объект – многоквартирное 2-этажное здание, то используем таблицу 14, в которой находим требуемое значение – 0,414 Вт/(м³·°С).

Задача № 2. Каким должен быть фактический удельный годовой расход энергетических ресурсов в многоквартирном 8-этажном жилом доме 2006 г. постройки, расположенном в г. Майкоп, если класс энергетической эффективности объекта – «В» высокий.

Решение задачи № 2

В соответствии с приказом Минстроя России от 6 июня 2016 г. N 399/пр высокому классу энергетической эффективности «В» соответствуют значения отклонения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового, установленного приказом, в диапазоне от минус 30 до минус 40 % включительно.

Определим базовое значение удельного годового расхода энергетических ресурсов для 8-этажного жилого дома. Для этого рассчитаем значение градусо-суток отопительного периода для г. Майкопа по формуле 5.2 СП 50.13330.2012:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \times z_{\text{от}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха, °С;

$z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут/год;

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С.

Для жилых зданий в соответствии с ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» оптимальной температурой внутреннего воздуха является температура в диапазоне 20-22 °С. В расчетах принимает температуру 21 °С.

$$\text{ГСОП} = (21 \text{ °С} - 2,3 \text{ °С}) \times 148 \text{ сут/год} = 2767,6 \text{ °С} \cdot \text{сут/год}.$$

Далее по таблице 1 Приказа Минстроя № 399/пр интерполяцией определяем базовое значение равное 206,37 кВт ч/м².

По формуле (1) найдем граничные значения удельного годового расхода энергетических ресурсов, при которых отклонение равно минус 30 %:

$$(X - 206,37) \times 100 \% / 206,37 = - 30 \%,$$

$$X = 144,46 \text{ кВт ч/м}^2.$$

Аналогично определим граничное значение удельного годового расхода энергетических ресурсов, при котором отклонение равно минус 40 %:

$$(Y - 206,37) \times 100 \% / 206,37 = - 40 \%,$$

$$Y = 123,82 \text{ кВт ч/м}^2.$$

Следовательно, фактический удельный годовой расход энергетических ресурсов в многоквартирном 8-этажном жилом доме должен находиться в диапазоне от 123,82 до 144,46 кВт ч/м² включительно. Значения удельного годового расхода энергетических ресурсов, попадающие в этот диапазон, обеспечивают достижение зданием класса энергетической эффективности «В».

Задача № 3. Определить значение сопротивления теплопередаче пола по грунту здания, план которого представлен на рис. 3.

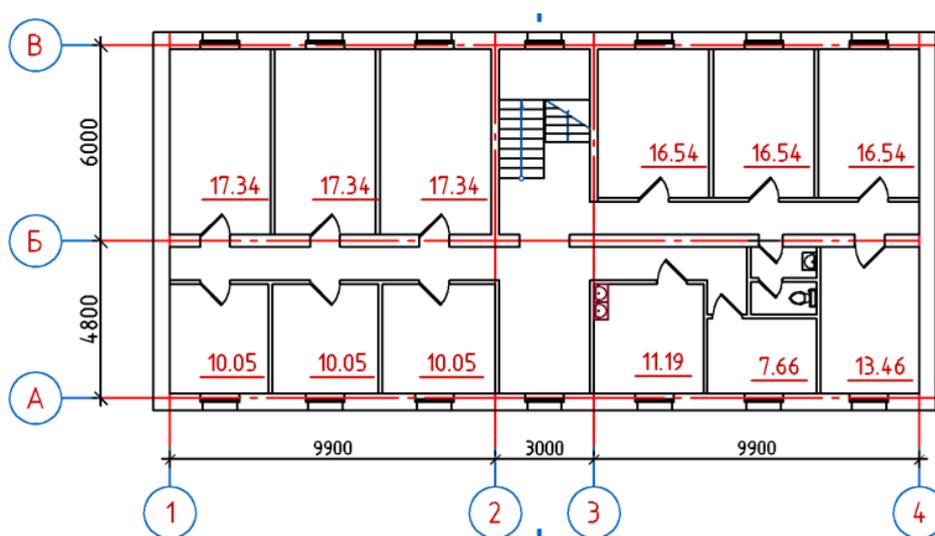


Рис. 3. План пола по грунту

Решение задачи № 3

План пола по условиям задачи представляет собой прямоугольник (без учета привязки) с размерами 10,8 м×22,8 м. В расчетах можно учесть привязку по осям, тогда размеры пола будут равны (рис. 4):

$$22,8+0,38\times 2=23,6 \text{ м и } 10,8+0,25\times 2=11,3 \text{ м}^1.$$



Рис. 4. Расчетная схема пола по грунту

Исследования ученых показали, что по мере удаления от края здания (вглубь фундамента) сопротивление теплопередаче возрастает с определенным шагом. Т.е. на плане фундамента можно выделить зоны, в пределах которых сопротивление теплопередаче будут примерно одинаковым. Для формирования зон от каждой стороны фундаментной плиты (по длине и ширине) отступают вглубь фундамента на 2 м (рис. 5 и 6).

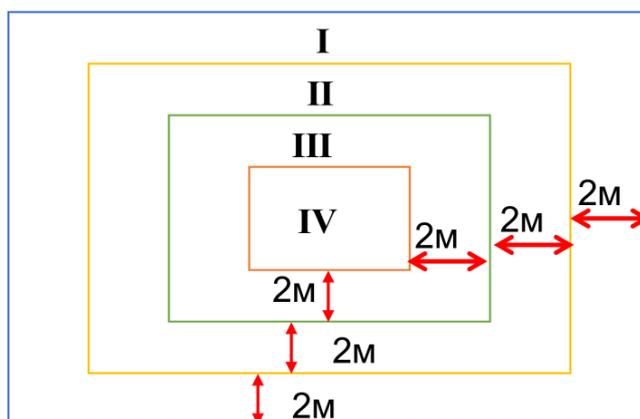


Рис. 5. Пример выделения зон на плане

¹ Толщину стены принимаем равной 380 мм, по горизонтали привязка нулевая, по вертикали принимаем привязку 120 и 250 мм

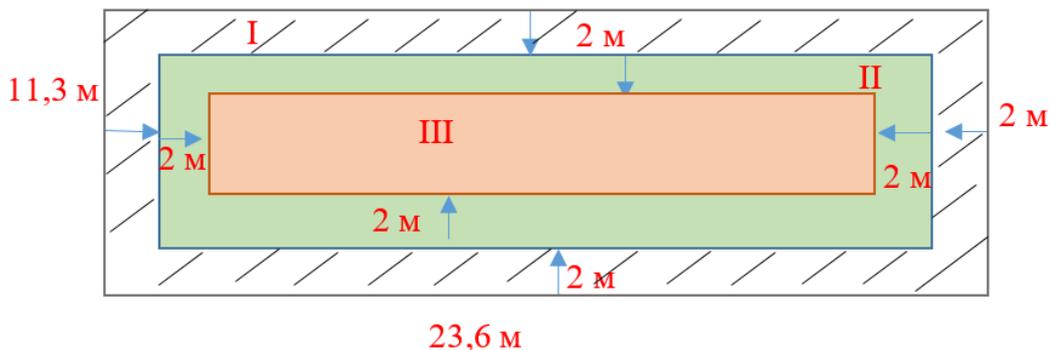
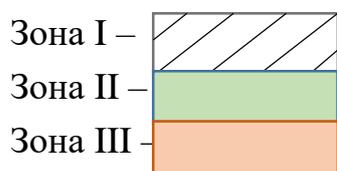


Рис. 6. Пример формирования зон I, II и III

Условные обозначения:



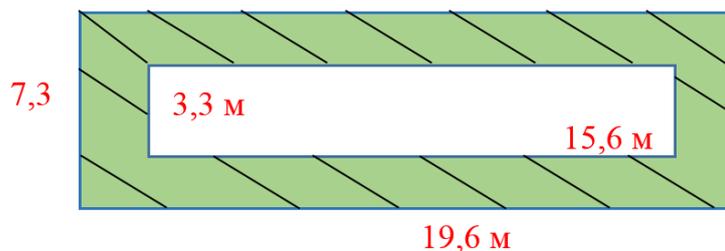
В рассматриваемом примере, исходя из размеров пола по грунту, получилось выделить только три зоны. Формирование четвертой зоны невозможно, т.к. ширина внутренней 3-ей зоны составляет 3,3 м (менее 4 м, т.е. отступить по два метра не получится).

Переходим к расчету площадей зон пола по грунту.

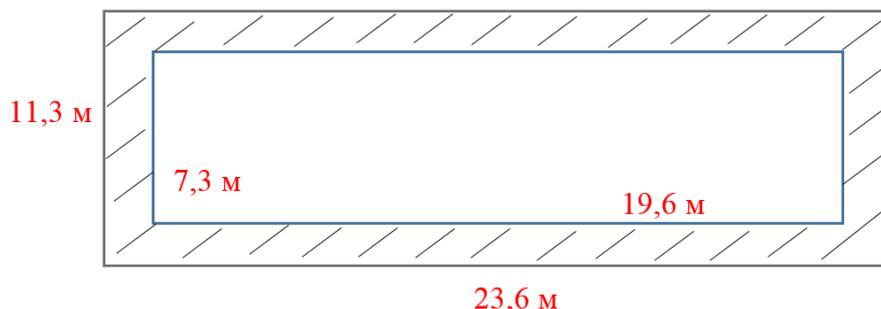
Зона III имеет площадь $3,3 \times 15,6 = 51,48 \text{ м}^2$.



Зона II имеет площадь $7,3 \times 19,6 - 3,3 \times 15,6 = 91,60 \text{ м}^2$.



Зона I имеет площадь $11,3 \times 23,6 - 7,3 \times 19,6 = 123,6 \text{ м}^2$.



Выполним расчет сопротивления теплопередаче пола по грунту:

Номер зоны	$R_f^i, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} *$	Площадь зоны, м^2
Зона I	2,1	51,48
Зона II	4,3	91,6
Зона III	8,6	123,6
Итого:	-	266,68**

Примечание: * данные значения получены учеными по результатам натуральных испытаний и исследований;

** полученное значение должно быть равно площади пола $11,3 \times 23,6 = 266,68 \text{ м}^2$.

Полученные значения подставляем в формулу (3):

$$R_f = A_f / (A_f^I / R_{yn}^I + A_f^{II} / R_{yn}^{II} + A_f^{III} / R_{yn}^{III} + A_f^{IV} / R_{yn}^{IV}) \quad (3)$$

где A_f – общая площадь пола по грунту;

A_f^i – площадь i -зоны пола по грунту;

R_{yn}^i – сопротивление теплопередаче i -зоны пола по грунту;

$$R = 266,68 / (51,48 / 2,1 + 91,6 / 4,3 + 123,6 / 8,6) = 4,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Таким образом, расчетное значение сопротивления теплопередаче пола по грунту равно $R = 4,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача № 4. Рассчитать сопротивление теплопередаче пола (неутепленного)

по грунту здания, план которого представлен на рис. 6. Длину и ширину здания в плане принять по данным таблицы 4.

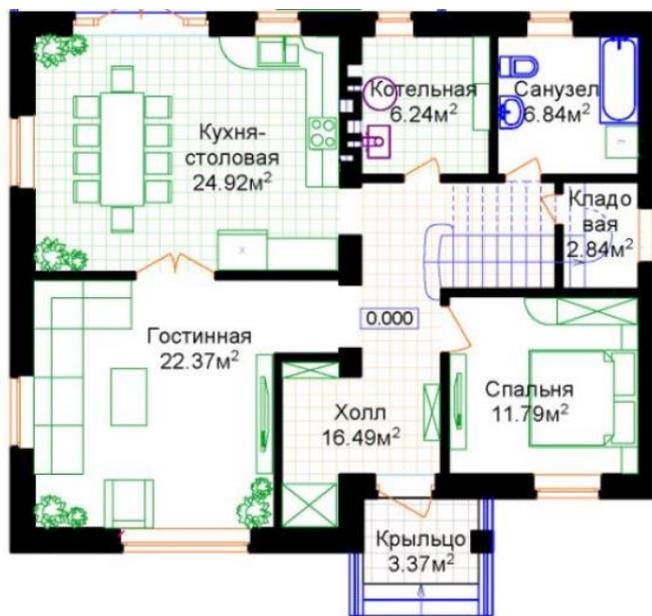


Рис. 6. План 1 этажа

Таблица 4 – Исходные данные к задаче № 4 по вариантам

Вариант/ порядковый номер студента в списке группы	Длина и ширина здания, мм	Вариант/порядковый номер студента в списке группы	Длина и ширина здания, мм
1	12600×10400	11	13200×9800
2	12500×11200	12	13800×11350
3	12000×11000	13	13640×11680
4	13400×10800	14	12430×11150
5	14000×10800	15	12100×11400
6	13000×11300	16	13700×10800
7	14000×11400	17	12700×10800
8	13600×11500	18	12620×11760
9	12800×11700	19	14100×10800
10	13500×12600	20	14340×10760

Задача 5. Определить нормируемую (базовую) удельную характеристику

расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию многоквартирного 9-этажного жилого дома, проектируемого в г. Мурманск.

Задача № 6. Каким должен быть фактический удельный годовой расход энергетических ресурсов в многоквартирном 24-этажном жилом доме 2010 г. постройки, расположенном в г. Москва, если класс энергетической эффективности объекта – «А++» высочайший.

ТЕСТЫ ПО ТЕМЕ № 1

1. Класс энергоэффективности здания - это

- А) показатель, который оценивает насколько эффективно здание расходует тепловую и электрическую энергию в процессе эксплуатации;
- Б) обобщающая характеристика энергоэффективности зданий, определяемая по отклонению удельного расхода тепловой энергии на отопление от нормируемого;
- В) показатель, который оценивает насколько эффективно здание расходует тепловую и электрическую энергию на этапе проектирования.

2. Верно ли следующее утверждение: «Здание классом энергосбережения А+ потребляет на 50-60% меньше энергии чем «среднее» здание в данном регионе при аналогичных условиях».

- А) да
- Б) нет

3. Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, равная, 35 % соответствует классу энергетической эффективности:

- А) В+;
- Б) С;
- В) В;
- Г) F

4. Здание классом энергетической эффективности В «высокий» потребляет на 30-40% меньше энергии чем «среднее» здание в данном регионе при аналогичных условиях»

- А) да;
- Б) нет

5. Отклонение расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, равное - 45 % соответствует классу энергосбережения здания:

- А) А+
- Б) В
- В) А
- Г) С

6. Застройщик обеспечивает подтверждение класса энергетической эффективности в ходе эксплуатации здания инструментально-расчетным методом:

- А) не реже 1 раза в 5 лет;
- Б) в течение первых 10 лет;
- В) в течение первых 3 лет.

7. Требование энергетической эффективности не является обязательным для:

- А) памятников истории и культуры;
- Б) многоквартирных жилых домов, построенных после 2009 г.;
- В) аварийных и ветхих зданий;
- Г) зданий площадью менее 30 м².

8. Кто контролирует соответствие класса энергетической эффективности МКД при вводе объекта в эксплуатацию?

- А) застройщик;
- Б) орган государственной жилищной инспекции;
- В) органы строительного контроля;
- Г) органы строительного надзора;
- Д) проектировщик;
- Е) органы экспертизы проектной документации

9. Для выполнения требований тепловой защиты здания достаточно соблюдения поэлементных требований к приведенному сопротивлению теплопередаче отдельных ограждающих конструкций

- А) да;
- Б) нет

10. Приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций здания должно быть не больше нормируемых значений:

- А) да;
- Б) нет

ОТВЕТЫ на тест:

Вопрос 1 А)

Вопрос 4 А)

Вопрос 7 А) В) Г

Вопрос 10 Б)

Вопрос 2 А)

Вопрос 5 В)

Вопрос 8 Г)

Вопрос 3 Г)

Вопрос 6 А)

Вопрос 9 Б)

ТЕМА 2 ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Для повышения уровня энергетической эффективности здания на практике применяют различные варианты энергосберегающих архитектурных, объемно-планировочных, конструктивных и инженерных решений.

Важным направлением энергосбережения в зданиях выступает уменьшение тепловых потерь, которые происходят преимущественно:

- в виде дисперсии тепла через наружные ограждения при нарастании разницы температур внутреннего и наружного воздуха;
- в результате усиленной инфильтрации наружного и эксфильтрации внутреннего воздуха под давлением ветра и вследствие возникновения на территории застройки различных аэродинамических эффектов.

Снижение тепловых потерь в зданиях может быть достигнуто рядом объемно-планировочных и ландшафтных мероприятий (рис. 7).



Рис.7. Объемно-планировочные и ландшафтные мероприятия по снижению тепловых потерь здания

Уменьшение площади наружных ограждений при сохранении или увеличении внутреннего объема здания, т.е. повышение его пространственной и объемной компактности – одна из ключевых объемно-планировочных задач при проектировании тепловой защиты зданий. Минимальные соотношения площади поверхности к внутреннему объему имеют шар, цилиндр и куб – именно эти формы обеспечивают предельное снижение дисперсии тепла

зданием.

Оптимизация площади светопроемов также влияет на величину тепловых потерь в зданиях. Например, при увеличении нормативной освещенности жилых помещений с 1:5.5 до 1:4 (соотношения площадей светопроемов и пола) удельный расход теплоты возрастает в среднем на 5 % в пяти и на 6 – 7 % в девятиэтажных зданиях.

Значительный потенциал энергосбережения заключен в тепловом зонировании отапливаемого объема здания и устройстве вокруг него буферных пространств – неотапливаемых помещений с промежуточной (относительно внутренней и внешней среды) температурой.

Скорость теплопередачи тем выше, чем больше амплитуда температур контактирующих сред, следовательно, тепловое зонирование, предполагающее формирование теплового ядра здания из помещений с максимальными расчетными температурами и теплоемкими конструкциями, и буферных пространств, формирующих двойную оболочку отапливаемого объема создают эффект "энергетического каскада" многоступенчатой теплопередачи от внутренней среды к внешней. Сокращение амплитуды температур контактирующих сред позволяет заметно снизить тепловые потери здания.

Наибольший эффект буферные пространства дают при их размещении в тех частях здания, где наблюдаются максимальные амплитуды температур отапливаемых помещений и внешней среды: в зоне покрытия (где функции буфера выполняет чердак) и у плохо прогреваемых солнцем стен северной ориентации.

Снижение скорости движения и турбулентности воздушных потоков вблизи зданий достигается использованием растительности в качестве естественных ветрозащитных барьеров. Растительные формы различной плотности и высоты способны значительно снизить скорость ветрового потока, обеспечивая при этом зоны «ветрового затишья». Суммарное снижение

тепловых потерь благодаря разумному использованию растительных форм ландшафта может достигать 40 %.

Примерами конструктивных мероприятий, обеспечивающих снижение тепловых потерь в зданиях, являются:

- повышение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций за счет применения современных материалов;
- устранение мостиков холода в местах стыка конструкций;
- создание герметичной оболочки здания.

Мостик холода (температурный мост) – участок ограждающей конструкции, который обладает сниженным термическим сопротивлением и, соответственно, охлаждается сильнее по сравнению с другими частями ограждения. Примеры мостиков холода: бетонные элементы в кирпичной или блочной кладке, стойки в каркасных домах, оконные и дверные перемычки, стык карниза и стены, элементы крепления теплоизоляции (дюбели), между балконной плитой и плитой перекрытия и др.

Негативное воздействие мостиков холода проявляется в виде:

- повышенного потребления энергии на отопление;
- образования и накопления водного конденсата;
- повреждения строительных элементов;
- образования плесневого грибка.

Способы устранения мостиков холода:

- герметизация оконных и дверных блоков;
- создание непрерывного слоя наружной теплоизоляции;
- избегание металлических и высокотеплопроводных элементов в конструкциях ограждений здания;
- предотвращение образование мостиков холода в швах кирпичной кладки (за счет применения менее теплопроводного раствора, используя для этого перлитовый песок) и др.

Рассмотренные выше мероприятия по устранению мостиков холода, снижению скорости воздушных потоков, оптимизации светопрозрачных конструкций и т.д. направлены на снижение тепловых потерь в здании. Однако, как показывает европейский опыт, для обеспечения высокой энергетической эффективности здания порой недостаточно реализовать мероприятия по снижению тепловых потерь.

Важным направлением энергосбережения, реализуемым в зданиях, является повышение эффективности инженерных систем здания, включая:

- модернизацию систем отопления и вентиляции здания;
- установку рекуператоров тепла в системе механической вентиляции;
- применение светодиодных светильников, датчиков присутствия и др. энергоэффективных осветительных устройств;
- установку радиаторных регистраторов тепла;
- применение приборов и оборудования высокого класса энергоэффективности;
- применение нетрадиционных, возобновляемых источников энергии (тепловых насосов, солнечных батарей и коллекторов и др.);
- установку систем автоматизированного управления процессами, протекающими в здании (например, системы «Умный дом»).

2.1 Расчет эффективности установки рекуператора в системе вентиляции

Устройство рекуператора в системе вентиляции является непременным условием строительства энергоэффективных зданий, в т.ч. пассивных зданий в странах Европы. Рекуператор – это теплообменник поверхностного типа для использования теплоты отходящих газов, в котором теплообмен между теплоносителями осуществляется непрерывно через разделяющую их стенку (рис. 8).

Назначение рекуператоров – передача энергии от вытяжного воздуха к приточному: обеспечение притока свежего воздуха, оптимальной влажности и экономия средств на отопление и кондиционирование.

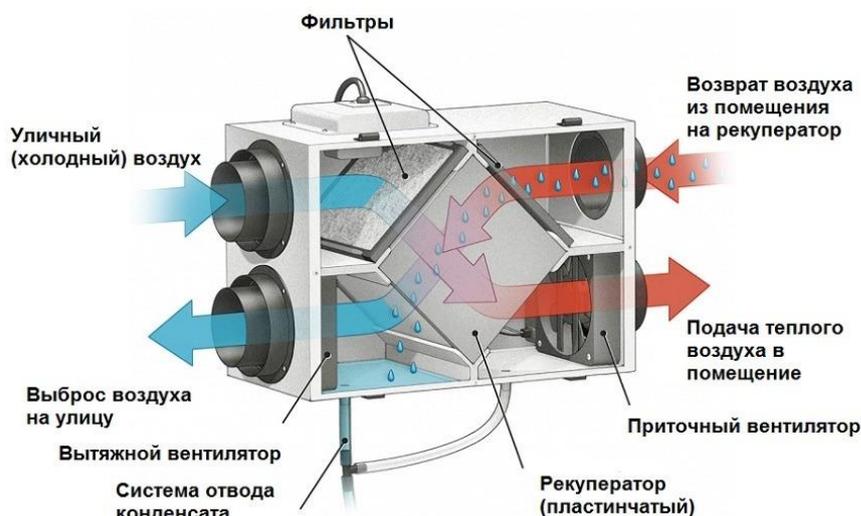


Рис. 8. Схема работы рекуператора в системе вентиляции здания

Факторы, влияющие на работоспособность рекуператора:

- а) воздухообмен (расход воздуха, м³/ч);
- б) условия эксплуатации: температура, влажность и давление воздуха внутри и снаружи здания;
- в) КПД рекуператора;
- г) качество монтажа установки.

Стоимость устройства рекуператора включает затраты на приобретение самого рекуператора и дополнительного оборудования (шумоглушителей, диффузоров и т.д.), затраты на прокладку теплотрасс, если в доме не планировалась принудительная приточно-вытяжная вентиляция, а также расходы на эксплуатацию – количество энергии, потребляемой вентилятором в вытяжной сетке (т.е. класс энергопотребления рекуператора).

В соответствии с положениями СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП

41-01-2003» минимальный требуемый воздухообмен в жилом доме составляет 3 м³/ч на 1 м² жилой площади, для ванной комнаты – 30 м³/ч, для кухни – 60 м³/ч.

Порядок расчета эффективности установки в здании рекуператора:

1. Определение требуемого воздухообмена в отдельных помещениях и в здании в целом исходя из действующих норм [7].

2. Расчет массы воздуха, m , кг, по формуле (4):

$$m = V \cdot \rho, \quad (4)$$

где V – объем воздуха, м³;

ρ – плотность воздуха (1,3 кг/м³).

3. Определение количества энергии, требуемой на нагрев зимой поступающего воздуха, Q , МДж, по формуле (5):

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1), \quad (5)$$

где c – теплоемкость воздуха, Дж/кг·°С;

t_1 – температура внутреннего воздуха в помещении, °С;

t_2 – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С.

4. Расчет величины эксплуатационных затрат, связанных с поддержанием требуемых параметров воздуха в рассматриваемом здании, с учетом данных о величине тарифов на энергию, действующих в регионе строительства.

5. Подбор модели рекуператоров, представленных на строительном рынке, на основе данных о требуемом воздухообмене в здании.

6. Расчет тепловой эффективности, E , Вт, подобранного рекуператора по формуле (6):

$$E = Q \cdot n, \quad (6)$$

где E – эффективность рекуператора, Вт;

Q – затраты энергии на нагрев или охлаждение воздуха, Вт;

n – КПД рекуператора.

Пример расчета эффективности установки рекуператора тепла в системе вентиляции малоэтажного дома

Требуемый объем воздуха для малоэтажного жилого дома для семьи из трех человек составляет 1194 м³/ч.

Требуемая масса воздуха равна:

$$m=1194 \text{ м}^3 \cdot 1,3 \text{ кг/м}^3=1552,2 \text{ кг.}$$

Расход энергии на нагрев требуемого объема воздуха составляет:

$$Q=1005 \text{ Дж/кг } ^\circ\text{C} \cdot 1552,2 \text{ кг} \cdot (20 \text{ } ^\circ\text{C}+0,6 \text{ } ^\circ\text{C})=32,14 \text{ МДж} = 8,93 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Для выработки 8,93 кВт·ч энергии требуется 0,95 м³ газа. За отопительный период продолжительностью 171 сут. это значение составит 2924 м³ (производительность котла 90 %) или 12,7 тыс. руб. (при стоимости 1 м³ газа 4,353 руб.). При отоплении электричеством расходы на поддержание требуемых параметров воздуха в рассматриваемом малоэтажном доме составят 5495,94 МДж или 1526,7 кВт, в денежном выражении – 5,5 тыс. руб.

Далее, зная требуемый воздухообмен в здании, подбираем соответствующие этому значению модели рекуператоров, представленных на строительном рынке.

Для многоквартирного малоэтажного жилого дома подойдет пластинчатый рекуператор 2VV серии Resibox стоимостью 117,1 тыс. руб., общая стоимость с учетом монтажа составит 300 тыс. руб. КПД подобранной модели рекуператора составляет 45 %, воздушный поток – 1500 м³/ч. Потребление энергии самим рекуператором составляет порядка 0,311 кВт/ч.

Тепловая эффективность подобранного рекуператора равна $E= 8930 \text{ Вт}\cdot\text{ч} \cdot 0,45 = 4018,5 \text{ Вт}\cdot\text{ч}$ – такое количество энергии позволит экономить устройство рекуператора.

2.2 Методика выбора оборудования, использующего возобновляемые источники энергии в зданиях

Возобновляемая (нетрадиционная) или «зеленая энергия» – энергия из источников, которые, по человеческим масштабам, являются неисчерпаемыми. Основной принцип использования возобновляемой энергии заключается в ее извлечении из постоянно происходящих в окружающей среде процессов и предоставлении для технического применения.

В европейских странах наибольшее распространение в зданиях получили солнечные коллекторы и фотоэлектрические батареи, а также установка тепловых насосов. Данные установки, работающие на возобновляемых источниках энергии, способны полностью обеспечить потребность жилого дома в необходимых ресурсах (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристика энергоэффективного оборудования, использующего возобновляемые источники энергии

Наименование	Назначение	Принцип действия
Солнечный коллектор	- отопление; - горячее водоснабжение	устанавливается на стенах и крыше дома, обращенных на юг; темная поверхность поглощает солнечное излучение, нагревая воздух внутри коллектора
Вентиляционный рекуператор тепла	- нагрев воздуха; - кондиционирование	сокращает потери при вентиляции, устанавливается между потоками выходящего и входящего воздуха в вентиляции или печной трубе; обеспечивает хороший теплообмен между потоками, нагревая входящий воздух
Тепловой насос	- отопление; - кондиционирование; - нагрев воды	глубокая подземная скважина с циркулирующей жидкостью; поступающая в скважину холодная вода нагревается, и это тепло можно использовать на обогрев дома
Солнечные батареи	- выработка электрической энергии	устанавливаются на стенах и крыше дома, обращенных на юг; преобразуют энергию света в электрическую энергию

Применение рассмотренных выше энергосберегающих решений повышает экологичность строительного объекта, делая его более независимым от энергии, произведенной с загрязнением окружающей среды.

Порядок расчета показателя эффективности применения энергосберегающего оборудования, использующего возобновляемые источники энергии, представлен на рис. 9.

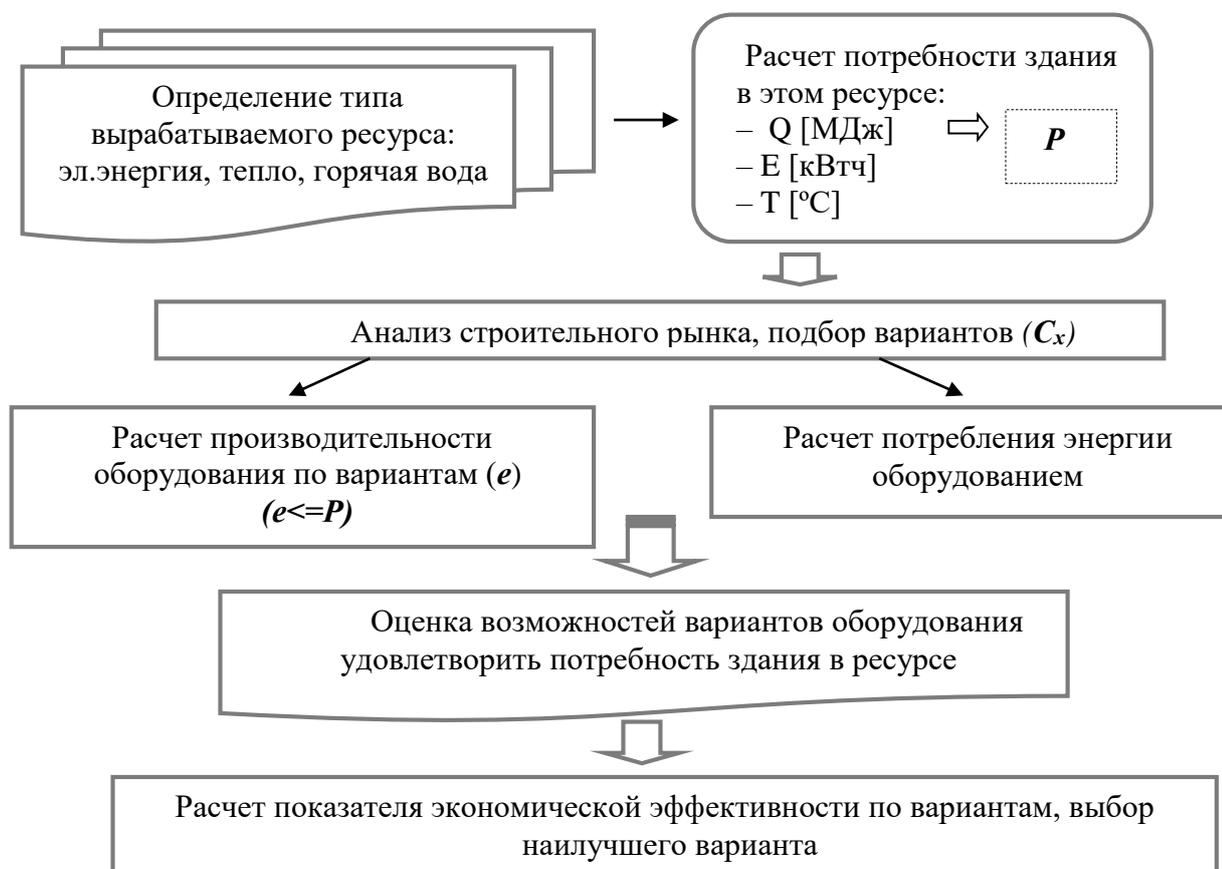


Рис. 9. Алгоритм выбора энергоэффективного оборудования, использующего альтернативные источники энергии

Европейскими странами накоплен значительный опыт применения нетрадиционных источников энергии в зданиях: Примерами таких зданий являются технологии пассивных домов, активные здания, а также дома с нулевыми выбросами парниковых газов. В Германии активно используют

солнечную энергию, в Дании – ветровую, в Швеции – биотопливо, тепло грунтов, в Финляндии – солнечные и ветровые установки и др.

В Швеции, например, для производства тепла и электричества применяют энергию сточных вод, солнечные панели, расположенные на крышах и стенах домов, энергию от сжигания мусора. Системы отопления, основанные на солнечных батареях, обеспечивают выработку половины энергии, необходимой для горячего водоснабжения зданий Швеции, 35 % энергии поступает от избыточного тепла, вырабатываемого системами очистки сточных вод, остальное тепло производится из биотоплива.

2.3 Порядок подбора модели теплового насоса в здании

Тепловой насос – это устройство, обеспечивающее нагрев или охлаждение воздуха, воды для нужд здания. Внешним источником работы теплового насоса является воздух, почва или вода (рис. 10).

Факторы, влияющие на эффективность работы теплового насоса:

- а) коэффициент передачи тепла, учитывающий потребление энергии самим насосом;
- б) номинальная тепловая мощность насоса;
- в) теплоемкость источника энергии.



Рис.10. Схема работы теплового насоса с горизонтальным и вертикальным грунтовым теплообменником

При использовании в работе теплового насоса грунтовых коллекторов, его эффективность также будет зависеть от:

- а) числа труб в траншее;
- б) расстояния между траншеями;
- в) теплопроводности грунта;
- г) длины трубопроводов и диаметра труб.

Подбор теплового насоса производится на основе данных об объеме используемых энергетических ресурсов в здании на отопление, горячее водоснабжение и кондиционирование воздуха.

Годовая потребность в энергии на кондиционирование воздуха, Q , МДж, для эксплуатируемых зданий принимается по данным фактического энергопотребления или может быть рассчитана по формуле:

$$Q=0,335 \cdot L \cdot \Delta t \cdot n, \quad (7)$$

где L – расход воздуха, м³/ч;

Δt – температура охлаждения воздуха, °С

n – количество дней в году, требующих охлаждения воздуха.

Затраты на отопление здания рассчитываются в составе энергетического паспорта объекта, в рамках разработки проектной документации для новых зданий, или по данным фактического объема потребляемых ресурсов для эксплуатируемых объектов.

Пример подбора теплового насоса в малоэтажном жилом доме

Выполним подбор наиболее эффективного с точки зрения экономии затрат теплового насоса, планируемого к установке в малоэтажном доме при условии его использования для отопления и охлаждения воздуха в помещении.

$Q = 0,335 \cdot 1194 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 8 \text{ }^\circ\text{C} = 3199,92 \text{ Вт} \cdot 194 \text{ сут} = 620 \text{ кВт} - \text{расходы на кондиционирование за год.}$

Затраты на отопление малоэтажного жилого дома взяты по данным проектной документации и составляют 49849 МДж или 13847 кВт·ч.

Представленные на строительном рынке тепловые насосы представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительная характеристика тепловых насосов

Характеристика	Vitocal 222-G	Insolar H-WCh150/A3	MD20D	MD15D
Тип насоса: рассольно-водяной	для отопления, нагрева воды и охлаждения	для нагрева воды, отопления и охлаждения	для отопления и кондиционирования	для отопления и кондиционирования
Тепловая мощность/ мощность охлаждения, кВт	10/5	17/14,5	7/5,16	5/3,75
Коэффициент тепловой мощности/ охлаждения	4,3/1,3	4,25/4,83	3,8/2,8	4/3
Общая стоимость, тыс. руб.	720	750	560	510
Затраты энергии на работу насоса, кВт·ч	2,4/3,9	4/3	1,84/1,84	1,25/1,25

В соответствии с представленными в таблице значениями коэффициентов тепловой мощности и мощности охлаждения, а также технической мощности моделей тепловых насосов, рассчитаем для каждого варианта количество вырабатываемой и потребляемой энергии (таблица 7).

Таблица 7 – Расчет потребления и выработки энергии тепловыми насосами

Показатели	Vitocal 222-G	Insolar H WCh150/A3	MD20D	MD15D
Выработка энергии на отопление, кВтч/руб.	$\frac{13885,2}{49986,7}$	$\frac{13866,4}{49919,0}$	$\frac{13765,5}{49555,8}$	$\frac{13851,0}{49863,6}$
Выработка энергии на кондиционирование, кВтч/руб.	$\frac{630,5}{2269,8}$	$\frac{655,4}{2359,5}$	$\frac{633,7}{2281,2}$	$\frac{618,4}{2226,2}$

Потребляемая насосом энергия, кВтч/руб.	$\frac{3840,7}{13826,4}$	$\frac{3398,3}{12233,8}$	$\frac{3844,3}{13839,5}$	$\frac{3668,9}{13207,9}$
Получаемая экономия за год, руб.	38430,2	40044,7	37997,4	38881,8

Опыт европейских стран позволяет с уверенностью говорить о том, что наилучшее соотношение «затраты – получаемая экономия энергии» обеспечивает применение тепловых насосов мощностью, не превышающей потребность в энергии в ходе эксплуатации жилого дома т.е. (варианты тепловых насосов MD15D и MD20D). Это объясняется тем, что рассчитываемая по нормам потребность в энергии отличается по объективным причинам от реальной, определяемой уже в ходе эксплуатации.

2.3 Расчет горизонтального коллектора теплового насоса

В случае, если источником энергии теплового насоса служит земля, после подбора модели теплового насоса выполняют расчет требуемой мощности грунтового коллектора.

Для этого определяют:

- 1) требуемую тепловую мощность коллектора Q_0 , кВт;
- 2) суммарную длину труб:

$$L = Q_0/q, \quad (8)$$

где L – суммарная длина труб коллектора;

Q_0 – тепловая мощность коллектора;

q – теплосъем с поверхностного слоя грунта.

- 3) площадь участка:

$$A=L \cdot h, \quad (9)$$

где h – шаг укладки труб грунтового коллектора.

Пример расчета грунтового коллектора теплового насоса

Рассмотрим пример подбора грунтового коллектора для теплового насоса

мощностью 14,5 кВт, затрачивающего на нагрев фреона 3,22 кВт.

Теплосъем с поверхностного слоя грунта в расчетах примем равным $q=27$ Вт/м.

Следовательно, требуемая тепловая мощность коллектора равна:

$$Q_0 = 14,5 - 3,22 = 11,28 \text{ кВт.}$$

Суммарная длина труб грунтового коллектора равна:

$$L = 11,28 / 0,027 = 418 \text{ м.}$$

Для организации такого коллектора потребуется 5 контуров длиной по 100 м. При шаге укладки 0,75 м необходимая площадь участка составит:

$$A = 500 \cdot 0,75 = 375 \text{ м}^2.$$

Для устройства коллектора выбираем металлопластиковую трубу типоразмера 32. Потери давления в ней составят 45 Па/м, скорость потока теплоносителя – 0,3 м/с.

Максимальная теплоотдача поверхностного грунта составляет 50–70 кВт·ч/м² в год. Площадь грунтового теплообменника составляет 400 м², учитывая потери при прохождении тепла по трубам и передаче в генератор, производимая энергия будет составлять не менее 20000 кВт·ч/год, что обеспечит заданную мощность теплового насоса.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ № 2

Задача № 7. Выполнить расчет горизонтального коллектора теплового насоса мощностью 17,5 кВт и эксплуатационными расходом энергии в 2,85 кВт.

Задача № 8. Выполнить расчет эффективности установки рекуператора тепла в системе вентиляции малоэтажного дома, с жилой площадью 275 м², предназначенного для семьи из трех человек.

Задача № 9. Рассчитать годовую потребность в энергии на кондиционирование воздуха, для проектируемого 2-этажного здания с жилой площадью 215 м², в г. Ростове-на-Дону.

Задача № 10. Рассчитать годовую потребность в энергии на кондиционирование воздуха, для проектируемого 2-этажного здания с жилой площадью 275 м², в г. Москва.

Тестовые задания

1. Рекуперация – это...

- А) поступление в помещение наружного воздуха через неплотности наружных ограждений под влиянием гравитационного и ветрового давлений, обеспечивающее естественный воздухообмен в помещении;
- Б) возврат тепла в системе вентиляции из удаляемого воздуха для нагрева поступающего более холодного воздуха;
- В) участок ограждающей конструкции здания, имеющий пониженное термическое сопротивление

2. Способы устранения мостиков холода:

- А) герметизация оконных и дверных блоков;
- Б) создание непрерывного слоя наружной теплоизоляции;
- В) устройство вентиляции с рекуперацией тепла;
- Г) избегание металлических и высокотеплопроводных элементов в стенах

3. Примерами мостиков холода являются:

- А) бетонные элементы в кирпичной или блочной кладке;
- Б) оконные и дверные перемычки;
- В) элементы крепления теплоизоляции (дюбели);
- Г) места опирания балконной плиты и плиты перекрытия

4. Верно ли утверждение: «Ядерное топливо относится к невозобновляемым источникам энергии»

- А) да
- Б) нет

5. К возобновляемым источникам энергии относятся:

- А) нефть;

- Б) ядерное топливо;
- В) биомасса;
- Г) сланец;
- Д) древесина;
- Е) энергия приливов.

6. Принцип работы механической вентиляции с рекуперацией тепла основан на:

- А) инфильтрации холодного воздуха за счет разности давлений;
- Б) обеспечении подачи в помещение свежего воздуха и удалении отработанного воздуха из помещения;
- В) заборе тепла из удаляемого отработанного воздуха и его использовании для нагрева поступающего свежего воздуха

7. Распределите виды энергетических ресурсов: нефть, ядерное топливо, биомасса, сланец, пар, древесина, каменный уголь, избыточное давление, биогаз, энергия приливов по группам: первичные, вторичные.

8. Верно ли утверждение: «В работе тепловых насосов применяются возобновляемые источники энергии»

- А) да
- Б) нет

9. Отметьте верные утверждения:

- А) к первичным энергетическим ресурсам относятся природный газ, солнечная энергия, уран;
- Б) энергосервисная компания заинтересована в качественном выполнении работ по энергосбережению, так как окупаемость проекта и полученная прибыль напрямую зависит от размера сэкономленных заказчиком средств;
- В) энергия – это материальные объекты, в которых сосредоточена энергия, пригодная для практического использования человеком
- Г) вторичные энергетические ресурсы – это энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии или в виде побочного продукта основного производства, применяемая в этом технологическом процессе

10. К энергосберегающим конструктивным мероприятиям в зданиях

относятся:

А) утепление стен подвала;

Б) оптимизация этажности застройки;

В) устранение мостиков холода;

Г

)

разделение зон с различным температурным фоном

ОТВЕТЫ на тест:

Вопрос 1 Б)

Вопрос 2 А) Б) Г)

Вопрос 3 А) Б) В) Г)

Вопрос 4 А)

Вопрос 5 В) Е)

Вопрос 6 В)

Вопрос 7: нефть, биомасса, сланец, древесина, каменный уголь, энергия приливов
(пар, избыточное давление, биогаз, ядерное топливо)

Вопрос 8 А)

Вопрос 9 А)Б)

Вопрос 10 А) В)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Существующие системы энергетических сертификатов зданий: проект Проект ПРООН/ГЭФ «Улучшение энергоэффективности в секторе жилищного строительства Туркменистана». – 2016. – 64 с.
2. EN 15217 “Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for the energy certification of buildings” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.buildup.eu/sites/default/files/content/P155_EN_CENSE_EN_15217.pdf (дата обращения: 15.12.2019).
3. Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3A0J.L_.2018.156.01.0075.01.ENG (дата обращения 13.08.2017).
4. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 2003-23-02. – М. : Минрегион России, 2012. – 132 с.
5. Приказ Минстроя РФ от 6 июня 2016 года N 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов». – М.: 2016. –15 с.
6. Кудревич О.О. Сертификация энергетической эффективности зданий. Анализ передового европейского и международного опыта и рекомендации для Беларуси // О.О. Кудревич. – 2014. – 59 с. – <http://energoeffekt.gov.by/effbuild/download/230.pdf>.
7. СП 60.13330.2012 СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 118 с.