

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Проведение энергетического обследования промышленных и жилых зданий

САМАРА 2017

УДК 533

ББК 31.31

Составители: Д.А. Угланов

Проведение энергетического обследования промышленных и жилых зданий: Методические указания / Самарский университет; Д.А. Угланов; Самара, 2017. – 45 с.

Пособие (Методические указания) предназначено для студентов, обучающихся по следующим направлениям подготовки бакалавра: 13.03.03 – Энергетическое машиностроение, 15.03.04 - Автоматизация технологических процессов и производств. 15.03.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 24.03.05 – Двигатели летательных аппаратов; по специальности 24.05.02 – Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок, по направлению подготовки магистров 24.04.05 - Двигатели летательных аппаратов, а также может быть полезно слушателям курсов, аспирантам и специалистам. Разработано на кафедре теплотехники и тепловых двигателей.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского университета.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБСЛЕДОВАНИИ И К ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПАСПОРТАМ, СОСТАВЛЕННЫМ ПО ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	7
2. РАСЧЁТ НОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ.....	16
3. РАСЧЁТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА	21
4. РАСЧЁТ ФАКТИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТА ПО МАТЕРИАЛАМ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	22
5. РАСЧЁТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАЗНОСТИ ДАВЛЕНИЙ 10 Па	27
6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ОБЪЕКТА	30
7. РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОБЪЕКТА (ЗДАНИЯ, СТРОЕНИЯ, СООРУЖЕНИЯ)	32

ВЕДЕНИЕ

Термины энергетическое обследование и энергоаудит впервые введены федеральным законом об энергосбережении и повышении энергетической эффективности от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ. Закон об энергосбережении утверждает требования энергетической эффективности, перечень объектов энергетического обследования, цели и сроки проведения энергоаудита зданий, организаций и предприятий промышленности.

Проведение энергетического обследования является добровольным, за исключением ряда случаев, для которых закон об энергосбережении предусматривает обязательное энергетическое обследование. Проведение энергетического обследования осуществляют центры энергоэффективности, являющиеся членами саморегулируемых организаций в области энергетического обследования.

Цели энергетического обследования:

- получение данных об объеме расходуемых энергетических ресурсов;
- определение класса энергетической эффективности;
- определение потенциала энергосбережения и увеличения энергоэффективности;
- разработка мер по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

Энергетическое обследование зданий и сооружений проводится для определения класса энергетической эффективности здания и оценки соответствия сооружения требованиям программы энергоэффективности. По результатам проведения энергетического обследования оформляется энергетический паспорт. В энергетический паспорт жилого дома заносятся результаты проведения энергоаудита здания, показатели энергетической эффективности, данные тепловизионного обследования ограждающих конструкций, класс энергоэффективности здания, объем используемых энергетических ресурсов, программа повышения энергетической

эффективности и т.п. Закон об энергосбережении и энергоэффективности предусматривает энергетическое обследование следующих видов сооружений:

- энергетическое обследование административных зданий;
- обследование и аудит сооружений и промышленных объектов;
- энергетическое обследование многоквартирных домов;
- энергоаудит жилых и общественных зданий.

Проведение энергетического обследования зданий и сооружений является обязательным в следующих случаях:

- энергетическое обследования зданий и энергоаудит сооружений сдаваемых в эксплуатацию после строительства, реконструкции или капитального ремонта;

- энергетическое обследования зданий и сооружений, подлежащих государственному строительному надзору.

Энергетический паспорт на здания, сдаваемого в эксплуатацию после строительства, реконструкции или капитального ремонта, могут составляться на основании проектной документации.

Требования энергетической эффективности к энергетическому паспорту, разработанному по результатам обязательного энергетического обследования, а также к энергетическому паспорту, оформленному на основании проектной документации, устанавливаются федеральным органом исполнительной власти.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБСЛЕДОВАНИИ И К ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПАСПОРТАМ, СОСТАВЛЕННЫМ ПО ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

1.1 Общие положения

Согласно Приказу Минэнерго России № 400 от 30 июня 2014 года «Об утверждении требований к проведению энергетического обследования и его результатам и правил направления копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования» отчет об энергетическом обследовании должен включать в себя следующие разделы:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- сведения об объекте энергетического обследования;
- расчёт нормативных показателей теплозащиты здания;
- определение фактических показателей теплозащиты здания;
- оценка энергетических нагрузок здания;
- расчёт показателей эксплуатационной энергоёмкости здания;
- оценку класса энергетической эффективности здания.

Оформление отчета, включая таблицы и формулы, должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105-95.

Все формулы отчета должны иметь нумерацию и расшифровку буквенных обозначений, входящих в приведённые формулы.

Все вычисленные значения и табличные значения должны иметь обозначение единиц измерения.

1.2 Титульный лист

Форма титульного листа приведена в Приложении 1.

На титульном листе указывают следующие сведения:

- полное наименование саморегулируемой организации согласно государственному реестру саморегулируемых организаций в области энергетического обследования;
- полное наименование организации (лица), проводившего энергетическое обследование, в соответствии с реестром членов СРО и данным ЕГРЮЛ, ЕГРИП;
- полное наименование организации (лица), заказавшее энергетическое обследование, в соответствии с данными ЕГРЮЛ, ЕГРИП;
- наименование объекта обследования с адресом его местонахождения;
- в строке «должность и подпись лица, проводившего энергетическое обследование (руководителя юридического лица, индивидуального предпринимателя, физического лица) и печать юридического лица, индивидуального предпринимателя» рубрики «УТВЕРЖДАЮ» указывается расшифровка подписи с указанием ФИО и должности;
- в строке «должность и подпись руководителя единоличного (коллегиального) исполнительного органа организации, заказавшей проведение энергетического обследования, или уполномоченного им лица» рубрики «СОГЛАСОВАНО» указывается расшифровка подписи с указанием ФИО и должности;
- должность и подпись руководителя единоличного (коллегиального) исполнительного органа организации СРО или уполномоченного им лица рубрики «УТВЕРЖДЕНО» указывается расшифровка подписи с указанием ФИО и должности;
- месяц и год составления энергетического паспорта.

1.3 Содержание отчёта

Данный раздел включает введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов и заключение с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы отчета.

1.4 Введение

Введение должно содержать адрес здания, по которому проводится обследование проектной документации, и наименование здания, основание (или основания), по которому проводится экспертиза проектной документации, перечень используемой энергоаудитором нормативной и другой НТД. Степень соответствия квалификации энергоаудиторов требованиям, предъявляемым к специалистам для такого вида обследования (наличие документов об их аттестации). Необходимо отразить степень соответствия материалов Отчета требованиям технического задания заказчика и материалам договора на проведение обследования здания по материалам проектной документации. Степень реализации (наличия) энергоресурсосберегающих мероприятий, предусмотренных проектной документацией.

1.5 Сведения об объекте энергетического обследования

Данный раздел должен включать следующие подразделы:

- объёмно-планировочные характеристики объекта;
- описание электроснабжение объекта;
- описание теплоснабжение объекта;
- описание вентиляции и кондиционирования объекта;
- описание водоснабжение объекта.

1.5.1 Объёмно-планировочные характеристики объекта

Данный раздел формируется на основе анализа проектной документации и должен включать:

- 1) полное наименование объекта энергетического обследования;
- 2) местонахождение объекта энергетического обследования в соответствии со сведениями кадастрового плана (номер земельного участка, а также схема расположения, план или описание границ земельного участка, отведённого под объект обследования);
- 3) описание архитектурного решения объекта обследования, которое отражает этажность объекта; назначение каждого этажа (офисы, жилые помещения, магазины и т.п.); состав, площадь стен объекта, кровли, пола; наличие

чердачных и подвальных помещений; наличие эркеров, балконов и лоджий; конструкция оконных блоков; балконных и входных дверей, а также ворот.

4) климатическая зона, в которой расположен объект обследования, включающая:

- среднемесячную температуру воздуха в данной климатической зоне;
- среднемесячную скорость ветра в данной климатической зоне;
- температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92;

5) температура внутренних помещений объекта;

6) продолжительность отопительного периода и градусо-сутки отопительного периода.

7) численный состав работников (жильцов) на объекте энергетического обследования, в том числе производственного (обслуживающего) персонала.

Данные целесообразно внести в таблицу 1.

Таблица 1 - Сведения об объекте энергетического обследования

	Параметр	Единица измерения	Значение параметра
1	Строительный объем, всего	куб. м	
1.2	в том числе отапливаемой части	куб. м	
2	Количество квартир (помещений)	шт.	
3	Расчетное количество жителей (работников)	чел.	
4	Площадь квартир, помещений (без летних помещений)	кв. м	
5	Высота этажа (от пола до пола)	м	
6	Общая площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, всего, в том числе:	кв. м	
6.1	- стен, включая окна, балконные и входные двери в здание	кв. м	
6.2	- окон и балконных дверей	кв. м	

6.3	- покрытий, чердачных перекрытий	кв. м	
6.4	- перекрытий над неотапливаемыми подвалами и подпольями, проездами и под эркерами, полов по грунту	кв. м	

Строительный объем здания определяется как сумма строительного объема выше отметки ± 0.00 (надземная часть) и ниже этой отметки (подземная часть). Объем строения определяется с округлением до 1 куб. м.

Строительный объем надземной части зданий с неотапливаемым чердачным помещением определяют умножением площади горизонтального сечения по внешнему обводу здания на уровне первого этажа выше цоколя на полную высоту здания. Высоту здания измеряют от уровня чистого пола первого этажа для зданий без помещений, а для зданий со встроенными помещениями — от уровня чистого пола этих помещений до верха плоскости теплоизоляционного слоя чердачного перекрытия; при бесчердачных кровлях и плоских совмещенных крышах — по средней отметке верха крыши.

Строительный объем подземной части здания определяют умножением горизонтального сечения по внешнему обводу здания на уровне первого этажа выше цоколя на высоту, измеренную от уровня чистого пола первого этажа до уровня пола подвала или цокольного этажа. В тех случаях, когда над стенами подвала отсутствует надземная часть здания, его размеры в плане определяют по внешнему обводу стен на уровне перекрытия. Измерение по внешнему обводу надо выполнять с учетом толщины слоя штукатурки или облицовки. При измерении площади горизонтального сечения, выступающие на поверхности стен архитектурные детали, а также имеющиеся и стенах ниши не учитывают.

Строительный объем:

- мансардного этажа определяют умножением площади вертикального сечения по внешнему обводу стен, ограждающих мансардный этаж (до верхней плоскости кровельного покрытия) на длину;

- световых фонарей и куполов, выступающих над плоскостью кровли, надлежит включать в объем здания;

- здания, состоящего из отдельных частей, отличающихся высотой, конфигурацией в плане или конструкциями, следует определять как сумму объемов этих частей. При определении отдельных объемов здания стену, разграничивающую части здания, надо относить к той части, к которой она относится по высоте или конструкции;

- эркеров, остекленных веранд и переходов, тамбуров, лоджий, размещаемых в габаритах здания, должен подсчитываться отдельно и включаться в общий объем здания. Объем портиков, арок, проездов, летних помещений, размещаемых вне габаритов зданий и пространств, не ограниченных стенами (дом на столбах), в общий объем здания не включается.

Отапливаемый объём здания – произведение отапливаемой площади этажа на внутреннюю высоту, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа. При сложных формах внутреннего объёма здания отапливаемый объём определяется как объём пространства, ограниченного внутренними поверхностями наружных ограждений (стен, покрытия или чердачного перекрытия, цокольного перекрытия).

Отапливаемая площадь здания – площадь этажей (в том числе и мансардного, отапливаемого цокольного и подвального) здания, измеряемую в пределах внутренних поверхностей наружных стен, включая площадь, занимаемую перегородками и внутренними стенами. При этом площадь внутренних лестничных клеток и лифтовых шахт включается в площадь этажа.

В отапливаемую площадь здания не включаются площади теплых чердаков и подвалов, неотапливаемых технических этажей, подвала (подполья), холодных неотапливаемых веранд, неотапливаемых лестничных клеток, а также холодного чердака или его части, не занятой под мансарду.

Площадь квартир или полезная площадь помещений общественных и производственных зданий определяют, как сумму площадей пола квартир без летних помещений или полезной площади помещений общественных или

производственных зданий, за исключением площади лестниц, лифтовых шахт, тамбуров, технических этажей и гаражей.

Высота этажа определяется как расстояние от пола до пола. Если высота этажей отличается друг от друга, необходимо указать среднее значение.

Общая площадь наружных ограждающих конструкций складывается из:

- площади стен (включая окна, балконные и входные двери в здание);
- покрытий (чердачных перекрытий);
- перекрытий над не отапливаемыми подвалами и подпольями, проездами и под эркерами, полов по грунту.

Ограждающие конструкции зданий и сооружений – это строительные конструкции (стены, перекрытия, покрытия, заполнения проёмов, перегородки и т.д.), ограничивающие объём здания (сооружения) и разделяющие его на отдельные помещения.

Покрытие – верхняя конструкция здания, которая служит для защиты от атмосферных осадков, дождевой и талой воды.

Перекрытие – горизонтальная внутренняя защитная конструкция, которая разделяет по высоте смежные помещения в здании или сооружении.

1.5.2. Описание электроснабжение объекта

Данный раздел должен включать:

- 1) описание (перечень) всех приёмников электрической энергии объекта и их категория;
- 2) номиналы используемого напряжения;
- 3) способ подачи электрической энергии на объект (от вводных распределительных устройств, от трансформаторов, от собственных генераторных установок и т.п.);

- 4) количество вводов электрической энергии на объект;
- 5) разрешённая и установленная мощности электрической энергии;
- 6) способ учёта электрической энергии на объекте.

1.5.3. Описание теплоснабжение объекта

Данный раздел должен включать:

- 1) описание организации снабжения тепловой энергией объекта с указанием диаметров трубопроводов (от тепловой сети, от индивидуального теплового пункта, схема системы отопления и способ подсоединения потребителей к системе отопления и т.д.);
- 2) количество вводов тепловой энергии на объект;
- 3) параметры теплоносителя в магистралях объекта;
- 4) способ учёта тепловой энергии на объекте;
- 5) тип индивидуальных отопительных приборов.

1.5.4. Описание вентиляции и кондиционирования объекта

Данный раздел должен включать:

- 1) описание способа организации вентиляции и кондиционирования на объекте (естественная, принудительная, приточно-вытяжная, механическая и т.д.) с указанием наличия очистки наружного воздуха, регулируемого подогрева в холодный период года и охлаждения в тёплый период года;
- 2) класс воздухопроводов и наличие шумопоглотителей в системе;
- 3) типы установок приточно-вытяжной вентиляции на объекте;
- 4) способ организации дымоудаления на объекте;
- 5) затраты электроэнергии на обеспечение вентиляции и кондиционирования объекта.

1.5.5. Описание водоснабжение объекта

Данный раздел должен включать в себя:

- 1) описание способа организации водоснабжения на объекте хозяйственно-питьевого и противопожарного (от магистрали, от скважины и т.д.) с указанием диаметров трубопроводов;
- 2) количество вводов и способ учёта водоснабжения объекта;
- 3) схема водоснабжения (однотрубная, двухтрубная, тупиковая, с принудительной циркуляцией и т.д.) и схема разводки магистралей;
- 4) тип и способ размещения трубопроводов;
- 5) температура воды в сетях ХВС и ГВС;
- 6) затраты электроэнергии на обеспечение водоснабжения объекта.

Данные из пунктов 1.5.2-1.5.5 нужно свести в таблицу 2.

Таблица 2. Эксплуатационные показатели проектируемого объекта

	Наименование показателя	Ед. изм.	Величина
1	Общая установленная мощность	кВт	
2	Расчетная электрическая мощность	кВт	
3	Годовое потребление электроэнергии	МВт.ч	
4	Расход воды на хозяйственно-бытовые нужды	м ³ /сут	
5	Водоотведение в сети канализации	м ³ /сут	
6	Тепло, в том числе:		
6.1	- на вентиляцию	ккал/ч Вт	
6.2	- на отопление	ккал/ч Вт	
7	Расчетная холодопроизводительность	ккал/ч Вт	

2. РАСЧЁТ НОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ

2.1 Требуемое сопротивление теплопередаче

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $R_0^{\text{норм}}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт согласно СП 50.13330.2012 следует определять по формуле:

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тp}} m_p \quad (1)$$

где $R_0^{\text{тp}}$ - требуемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода (ГСОП), $\text{°C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, региона строительства и определять по таблице 3;

m_p - коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (1) принимается равным 1. Допускается снижение значения коэффициента m_p в случае, если при выполнении расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания выполняются требования к данной удельной характеристике. Значение коэффициента при этом должны быть не менее: 0,63 - для стен, 0,95 - для светопрозрачных конструкций, 0,8 - для остальных ограждающих конструкций.

Таблица 3 - Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты а и b	Градусо-сутки отопительного периода Dd, $\text{°C} \cdot \text{сут}$	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{норм}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей с вертикальными остеклением
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
<i>a</i>	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025

<i>b</i>		1,4	2,2	1,9	-	0,25
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
<i>a</i>	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
<i>b</i>	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
<i>a</i>	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
<i>b</i>	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

Требуемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций определяется по формуле:

$$R_0^{\text{тр}} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (2)$$

где: a, b – коэффициенты, значения которых следует принимать по таблице 3, ГСОП – градусо-сутки отопительного периода.

Градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, определяют по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})z_{\text{от}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{от}}$, $z_{\text{от}}$ - средняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаются согласно СНиП 23-01-99 для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C ; $t_{\text{в}}$ - расчётная температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая при расчёте ограждающих конструкций жилых и общественных зданий согласно ГОСТ 30494-2011, производственных зданий согласно СанПиН 2.2.4.548-96.

В случаях, когда средняя наружная или внутренняя температура для отдельных помещений отличается от принятых в расчете ГСОП, базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, определенные по таблице 3 умножаются на коэффициент n , который рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{t_{в}^* - t_{от}^*}{t_{в} - t_{от}}, \quad (4)$$

где, $t_{в}^*$, $t_{от}^*$ - средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, $^{\circ}\text{C}$

Используя формулу (2) вычисляются нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{норм}}$, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций, результаты необходимо внести в таблицу.

Требуемый приведенный коэффициент теплопередачи здания, строения, сооружения $k_m^{\text{тр}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, рассчитывается по формуле:

$$k_m^{\text{тр}} = \frac{1}{A_{\text{н}}^{\text{сум}}} \sum n_i \frac{A_i}{R_i^{\text{тр}}} = \left(\frac{A_{\text{ст}}}{R_{0,\text{ст}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{ок}}}{R_{0,\text{ок}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{дв}}}{R_{0,\text{дв}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{покр}}}{R_{0,\text{покр}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{цок}}}{R_{0,\text{цок}}^{\text{тр}}} \right) / A_{\text{н}}^{\text{сум}}, \quad (5)$$

где

$A_{\text{ст}}$ - площадь наружных стен, м^2 ;

$A_{\text{ок}}$ - площадь окон и балконных дверей, м^2 ;

$A_{\text{дв}}$ - площадь наружных дверных проемов и ворот, м^2 ;

$A_{\text{покр}}$ - площадь покрытия, м^2 ;

$A_{\text{пер}}$ - площадь перекрытия над подвалом, м^2 ;

$A_{\text{н}}^{\text{сум}}$ - общая площадь наружных ограждающих конструкций, м^2 ;

$R_{0,\text{ст}}^{\text{тр}}$ - приведенное сопротивление теплопередаче стен, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{0,\text{ок}}^{\text{тр}}$ - приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{0,\text{дв}}^{\text{тр}}$ - приведенное сопротивление теплопередаче наружных дверных проемов и ворот, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{0,\text{покр}}^{\text{тр}}$ - приведенное сопротивление теплопередаче покрытия, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

n - коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции, рассчитывается по формуле 4.

$R_{0,пер}^{тр}$ - приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия над подвалом, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$.

2.2 Требуемая воздухопроницаемость

Нормируемую поперечную воздухопроницаемость ограждающих конструкций здания (при разности давлений 10 Па) G_n , принимается в соответствии с таблицей 9 СП 50.13330-2012. Требуемые значения приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Наименование ограждающей конструкции	Единица измерения	G_n
1. Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений	кг/($м^2 \cdot ч$)	0,5
2. Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и помещений	кг/($м^2 \cdot ч$)	1,0
3. Стыки между панелями наружных стен: а) жилых зданий б) производственных зданий	кг/($м \cdot ч$)	0,5 1,0
4. Входные двери в квартиры	кг/($м^2 \cdot ч$)	1,5
5. Входные двери в жилые, общественные и бытовые здания	кг/($м^2 \cdot ч$)	7,0
6. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений с деревянными переплетами; окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	кг/($м^2 \cdot ч$)	6,0
7. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений с пластмассовыми или алюминиевыми переплетами	кг/($м^2 \cdot ч$)	5,0
8. Окна, двери и ворота производственных зданий	кг/($м^2 \cdot ч$)	8,0
9. Фонари производственных зданий	кг/($м^2 \cdot ч$)	10,0
10. Окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	кг/($м^2 \cdot ч$)	6,0

Нормативную обобщенную воздухопроницаемость здания, строения, сооружения при разности давлений 10 Па, кг/м² (РМД 23-16-2012, пункт 7.1.9) рассчитывается по следующей формуле:

$$G_H = \frac{\sum G_{Hi} \cdot A_i}{\sum A_i} \quad (6)$$

где A_i – площадь i -той ограждающей конструкции (по таблице 1), м²;

G_{Hi} – нормативное значение воздухопроницаемости i -той ограждающей конструкции (по таблице 4), кг/м²·ч.

3. РАСЧЁТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА

К расчётным показателям и характеристикам относятся:

- общая площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемой части объекта, а также его составных частей (стен, включая окна, балконные и входные двери; отдельно окон и балконных дверей; покрытий, чердачных перекрытий или их сумма, если крыша комбинированная: плоская и скатная; перекрытий над неотапливаемыми подвалами и подпольями, проездами и под эркерами, полов по грунту);

- отношение площади наружных ограждающих конструкций отапливаемой части объекта к площади квартир (помещений);

- отношение площади окон и балконных дверей к площади стен, включая окна и балконные двери.

Расчёт отношения площади наружных ограждающих конструкций отапливаемой части объекта к площади помещений получается, как частное от деления суммарной площади, представленных в таблице 1, к площади обитаемых (полезной площади) помещений.

$$f_1 = \frac{A_{\text{сум}}}{A_{\text{пол}}} \quad (7)$$

где $A_{\text{сум}}$ – общая площадь наружных ограждающих конструкций;
 $A_{\text{пол}}$ – полезная площадь.

Расчёт отношения площади окон и балконных дверей к площади стен, включая окна и балконные двери получают как частное от деления площади окон и балконных дверей к площади стен, включая окна и балконные двери (таблица 1) по формуле:

$$f_2 = \frac{A_{\text{ок}}}{A_{\text{ст}}} \quad (8)$$

где $A_{\text{ок}}$ – окон и балконных дверей; $A_{\text{ст}}$ – площадь стен, включая окна и балконные двери.

4. РАСЧЁТ ФАКТИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТА ПО МАТЕРИАЛАМ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

При расчёте фактического уровня тепловой защиты объекта по материалам проектной документации рассчитываются следующие величины:

- приведённое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций;
- приведённый коэффициент теплопередачи здания;
- сопротивление воздухопроницанию наружных ограждающих конструкций при разности давлений 10 Па (стен; окон и балконных дверей; перекрытия над техподпольем, подвалом; входных дверей в квартиры; стыков элементов стен);
- приведённая воздухопроницаемость ограждающих конструкций здания при разности давлений 10 Па.

4.1 Расчёт приведённого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Расчёт приведённого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций подразделяется на расчёт приведённого сопротивления: стен; окон и балконных дверей; покрытий, чердачных перекрытий; перекрытий над подвалами и подпольями, а также перекрытий над проездами и эркерами. Сопротивление теплопередаче проектных ограждающих конструкций определяют в зависимости от материалов, использованных в конструкции (их номенклатуры и толщины изоляционного слоя). Большинство современных ограждающих конструкций выполняются многослойными.

Расчёт приведённого сопротивления стен

Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$, однородного слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однослойной ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (9)$$

где δ - толщина слоя конструкции, м;

λ - теплопроводность слоя конструкции, $\text{Вт} / (\text{м}^{\circ}\text{С})$

Термическое сопротивление с последовательно расположенными однородными слоями следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоев:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_i, \quad (10)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n - термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$.

Для многослойной ограждающей конструкции сопротивление теплопередаче R_0 определяется по формуле:

$$R_0 = R_{si} + R_k + R_{se}, \quad (11)$$

где $R_{si} = \frac{1}{\alpha_{int}}$, α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°С})$;

$R_{se} = \frac{1}{\alpha_{ext}}$, α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°С})$.

Значения коэффициентов α_{int} и α_{ext} согласно СП 50.13330.2012 (таблица 4,6) представлены в таблице 5 и 6 соответственно.

Таблица 5 - Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_{int} , $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°С})$
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a , между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2 Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3 Окон	8,0
4 Зенитных фонарей	9,9

Коэффициент теплоотдачи α_{int} внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с СП 106.13330.

Таблица 6 - Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, α_{ext} , Вт/(м ² ·°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами и техническими, подпольями, не вентилируемых наружным воздухом	6

Приведенное сопротивление теплопередаче следует определять по формуле:

$$R_0^r = R_0 \cdot r \quad (12)$$

где, r - коэффициент теплотехнической однородности участка ограждающей конструкции, учитывающий влияние стыков, откосов проемов, обрамляющих ребер, гибких связей и других теплопроводных включений.

При определении коэффициента теплотехнической однородности рекомендуются использовать ГОСТ Р 54851-2011 «Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче».

Расчётные теплотехнические показатели строительных материалов берут из справочных данных и по данным производителей материалов. При расчётах теплопроводности все исходные данные по каждому материалу ограждающей конструкции стен следует помещать в таблицу 6.

Таблица 7. Характеристики материала стены

№	Материал	δ , м	λ Вт/(м·°С)	R, м ² ·С/Вт

1.				
2.				
...				

Таблицу 7 можно изменять в зависимости от особенностей конструкции обследуемого объекта.

Расчёт приведённого сопротивления покрытия и оконных конструкций проводится аналогично расчёту сопротивления теплопередачи стен по уравнениям 9 - 12. Характеристики материала покрытия и оконных конструкций следует записать в таблицу аналогичную таблице 6. При расчёте приведенного сопротивления теплопередаче оконных конструкций можно использовать данные сертификационных испытаний данного типа оконных конструкций.

4.2 Расчёт фактического значения приведённого коэффициента теплопередачи объекта

Приведённый трансмиссионный коэффициент теплопередачи через ограждающие конструкции объекта согласно СП 50.13330-2012 приложения Ж вычисляется по формуле:

$$K_{\text{общ}} = \frac{1}{A_{\text{сум}}} \cdot \sum \frac{A_{\text{ф},i}}{R_{\text{o},i}^{\text{пр}}} \quad (13)$$

где $A_{\text{сум}}$ – сумма площадей всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м²;

$A_{\text{ф},i}$ – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²;

$R_{\text{o},i}^{\text{пр}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²·С/Вт.

Для расчёта приведённого коэффициента теплопередачи всего объекта рекомендуется выписать ранее вычисленные значения в таблицу 8.

Таблица 8 – Характеристики ограждающих конструкций объекта

№	Наименование ограждающей конструкции объекта	$A_{\phi,i}, \text{м}^2$	$R_{o,i}^{\text{пр}}$ $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	$\frac{A_{\phi,i}}{R_0^{\text{пр}}}$
1	Наружные стены			
2	Окна			
4	Фонари			
5	Входные наружные двери			
6	Ворота			
7	Покрытие и перекрытие над проездами			
8	Перекрытие чердачное и над неотапливаемыми подпольями и подвалами			
	Итого			

5. РАСЧЁТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАЗНОСТИ ДАВЛЕНИЙ 10 Па

Сопrotивление воздухопроницанию ограждающих конструкций, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей), зданий и сооружений R_B должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию R_B^{TP} , которое определяется, согласно СП 50.13330-2012 пункт 7, по формуле:

$$R_B^{TP} = \frac{\Delta p}{G_H}, \quad (14)$$

где G_H – нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м²·ч), принимается в соответствии с таблицей 4;

Δp – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па;

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций определяется по формуле:

$$\Delta p = 0,55H \cdot (\gamma_H - \gamma_B) + 0,03\gamma_H v, \quad (15)$$

где H – высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м;

v – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по СП 131.13330, м/с;

γ_H, γ_B – удельный вес наружного и внутреннего воздуха, Н/м³.

Удельный вес наружного и внутреннего воздуха определяется по формуле:

$$\gamma = 3463 / (273 + t), \quad (16)$$

где t – температура воздуха.

Для определения γ_B используется температура внутреннего воздуха согласно оптимальным параметрам по ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.2645.

Для определения γ_n используется температура наружного воздуха, которая принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СП 131.13330.

Сопротивление воздухопроницанию светопрозрачных конструкций (окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий) R_B должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию и определяется по формуле:

$$R_B^{тр} = \frac{1}{G_n} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (17)$$

$\Delta p_0 = 10$ Па – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждения, при которой определяется его воздухопроницаемость;

Сопротивление воздухопроницанию выбранного типа светопрозрачной конструкции R_B ($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$)/кг определяют по формуле:

$$R_B = \frac{1}{G_n} \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^n \quad (18)$$

n – показатель режима фильтрации светопрозрачной конструкции, полученный в результате испытаний.

Сопротивление воздухопроницанию многослойной ограждающей конструкции следует рассчитывать как сумму сопротивлений воздухопроницанию отдельных слоев.

$$R_B = \sum_1^i R_{Bi}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг} \quad (19)$$

где R_{Bi} – сопротивление воздухопроницанию i -го слоя материала, которое может быть определено по данным производителя или данным таблицы Приложения С, из СП 50.13330-2012.

Приведенное сопротивление воздухопроницанию неоднородной ограждающей конструкции, содержащей непрозрачные и светопропускающие участки, допускается определять по формуле:

$$R_B^{пр} = \sum_1^i A_i / \sum_1^i \frac{A_i}{R_{Bi}}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг} \quad (20)$$

где A_i – площадь i -го участка конструкции, m^2 ; R_{vi} – сопротивление воздухопроницанию i -го участка конструкции, $m^2 \cdot ч/кг$, определяемое по формуле (17).

Результаты расчёта сопротивления воздухопроницанию наружных ограждающих конструкций целесообразно внести в таблицу 9. По необходимости таблица 9 может быть дополнена.

Таблица 9 – Характеристики воздухопроницанию ограждающих конструкций объекта

№	Наименование и материалы ограждающей конструкции объекта	A_i, m^2	Толщина, мм	$R_B, m^2 \cdot ч/кг$	$G_{vi}, кг/m^2 \cdot ч$
1	Наружные стены:				
1.1					
...					
	Итого				
2	Окна				
2.1					
...					
	Итого				
3	Перекрытия над техническим подпольем и подвалом				
3.1					
...					
	Итого				
...					
Итого по всему объекту ($\sum_1^n R_B^{np}$)					

Воздухопроницаемость объекта G_B , это величина обратная сопротивлению воздухопроницанию, вычисляемая по формуле:

$$G_B = \frac{1}{R_B^{np}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^n, \quad (21)$$

Если известна воздухопроницаемость всех ограждающих конструкций, то определение приведённой воздухопроницаемости G_{0B}^{np} , $кг/m^2 \cdot ч$ определяется по формуле:

$$G_{0B}^{np} = \frac{\sum_1^i A_i \cdot G_{vi}}{\sum_1^i A_i} \quad (22)$$

6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ОБЪЕКТА

6.1. Потребляемая мощность систем инженерного оборудования и установленная мощность систем электроснабжения.

На основании проектной документации потребляемая мощность систем инженерного оборудования и установленная мощность систем электроснабжения сводится в таблицу 10.

Таблица 10 – Тепловая и электрическая мощность на объекте

№ п./п.	Вид потребляемой мощности	Обозначение	Ед. изм.	Значение
1	Отопление	Q_0	кВт	
2	ГВС	$Q_{ГВС}$	кВт	
3	Вентиляция	$Q_в$	кВт	
4	Кондиционирование	$Q_к$	кВт	
5	Электроснабжение	$Э_{уст}$	кВт	
	Всего		кВт	

6.2. Средние суточные расходы воды и природного газа.

На основании проектной документации на реконструкцию 4-го пролёта корпуса №17 средние суточные расходы воды и природного газа представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Среднесуточные расходы воды и природного газа на объекте

№ п./п.	Вид потребляемого ресурса и воды	Обозначение	Ед. изм.	Значение
1	ХВС	$q_{ХВС}$	м ³ /сут.	
2	ГВС	$q_{ГВС}$	м ³ /сут.	
3	Природный газ	$q_{газ}$	м ³ /сут.	

6.3. Удельный максимальный часовой расход тепловой энергии на 1 м² отапливаемой площади объекта.

Удельный максимальный часовой расход тепловой энергии на 1 м² площади помещений q_0^{max} , Вт/м² определяется по формуле:

$$q_{0B}^{max} = \frac{Q_0}{A_{от}} , \quad (23)$$

в том числе на вентиляцию:

$$q_B^{max} = \frac{Q_B}{A_{от}} , \quad (24)$$

где Q_0 и Q_B – тепловая мощность из таблицы 10; $A_{от}$ – отапливаемая площадь (площадь квартир, помещений (без летних помещений) в таблице 1).

7. РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ОБЪЕКТА (ЗДАНИЯ, СТРОЕНИЯ, СООРУЖЕНИЯ)

7.1. Расчёт годовых расходов конечных видов энергоносителей на объект (жилую часть здания), строение, сооружение.

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию объекта за отопительный период $Q_{от}^{год}$, МДж в соответствии с СП 50.13330-2012, приложения Г вычисляется по формуле:

$$Q_{от}^{год} = 0,0864 \cdot q_{от}^p \cdot ГСОП \cdot V_{от}, \quad (25)$$

где $V_{от}$ – отапливаемый объём, м³; $q_{от}^p$ – расчётная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию объекта, Вт/м³·°С.

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, следует определять по формуле:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h, \quad (26)$$

где: $k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/м³·°С;

$k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/м³·°С;

$k_{быт}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/м³·°С;

$k_{рад}$ – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации;

ν – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле:

$$\nu = 0,7 + 0,000025 \cdot (ГСОП - 1000); \quad (27)$$

ξ – коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения 0,1.

β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового

потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов, проходящих через не отапливаемые помещения для:

- многосекционных и других протяженных зданий $\beta_h = 1,13$;
- зданий башенного типа $\beta_h = 1,11$;
- зданий с отапливаемыми подвалами или чердаками $\beta_h = 1,07$;
- зданий с отапливаемыми подвалами и чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты $\beta_h = 1,05$.

ζ - коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления:

$\zeta = 1,0$ - в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой;

$\zeta = 0,95$ - в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;

$\zeta = 0,9$ - в однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также в двухтрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\zeta = 0,85$ - в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\zeta = 0,7$ - в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;

$\zeta = 0,5$ - в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной.

Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об}$, Вт/(м²·°С) рассчитывается по формуле

$$k_{об} = \frac{1}{V_{об}} \sum \frac{A_{\phi,i}}{R_{0,i}} \quad (28)$$

где $R_{0,i}^{np}$ - приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$;

$A_{\phi,i}$ - площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, m^2 ;

$V_{об}$ - отапливаемый объем здания, m^3 .

Удельная вентиляционная характеристика здания $k_{вент}$ будет равна:

$$k_{вент} = 0,28cn_v\beta_v\rho_B^{вент}(1 - k_{эф}) \quad (29)$$

где c - удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(кг \cdot ^\circ C)$;

β_v - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимается равным $0,85$;

$\rho_B^{вент}$ - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, $кг/m^3$;

n_v - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, $ч^{-1}$;

$k_{эф}$ - коэффициент эффективности рекуператора, отличен от нуля в том случае, если:

- средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) обеспечивает в период испытаний воздухообмен кратностью n_{50} , $ч^{-1}$, при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции с механическим побуждением $n_{50} \leq 2ч^{-1}$

- кратность воздухообмена зданий и помещений при разности давлений 50 Па и их среднюю воздухопроницаемость определяют по ГОСТ 31167.

Средняя плотность приточного воздуха за отопительный период будет равна:

$$\rho_B^{вент} = \frac{353}{273+t_{от}}, \quad (30)$$

где $t_{от}$ - средняя температура наружного воздуха, см. формулу (3).

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период определяется по формуле:

$$n_{\text{в}} = \left[\frac{L_{\text{вент}} n_{\text{вент}}}{168} + \frac{G_{\text{инф}} n_{\text{инф}}}{168 \rho_{\text{в}}^{\text{вент}}} \right] / \beta_{\text{в}} V_{\text{от}} \quad (31)$$

где $L_{\text{вент}}$ - количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м³/ч, равное для:

- жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека – $3A_{\text{ж}}$;

- других жилых зданий – $0,35 \cdot h_{\text{эт}}(A_{\text{ж}})$, но не менее 30 м; где m – расчетное число жителей в здании;

- общественных и административных зданий принимают условно: для административных зданий, офисов, складов и супермаркетов – $4A_{\text{р}}$; для магазинов шаговой доступности, учреждений здравоохранения, кабинетов бытового обслуживания, спортивных арен, музеев и выставок – $5A_{\text{р}}$; для детских дошкольных учреждений, школ, среднетехнических и высших учебных заведений - $7A_{\text{р}}$; для физкультурно-оздоровительных и культурно-досуговых комплексов, ресторанов, кафе, вокзалов - $10A_{\text{р}}$;

$A_{\text{ж}}, A_{\text{р}}$ – для жилых зданий – площадь жилых помещений ($A_{\text{ж}}$), к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые; для общественных и административных зданий – расчетная площадь ($A_{\text{р}}$), определяемая согласно СП 117.13330 как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей, м²;

$h_{\text{эт}}$ – высота этажа от пола до потолка, м;

$n_{\text{вент}}$ – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

168 – число часов в неделе;

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, m^3 ;

$n_{инф}$ - число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и $(168 - n_{вент})$ для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

$G_{инф}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч: для общественных зданий – воздуха, поступающего через не плотности светопрозрачных конструкций и дверей; для общественных зданий в нерабочее время в зависимости от этажности здания допускается принимать: до трех этажей – равным $0,1\beta_v \cdot V_{общ}$, от четырех до девяти этажей – $0,15\beta_v \cdot V_{общ}$, выше девяти этажей – $0,2\beta_v \cdot V_{общ}$, где - $V_{общ}$ отапливаемый объем общественной части здания; для жилых зданий – воздуха, поступающего в лестничные клетки в течении суток отопительного периода, определяемого по формуле:

$$G_{инф} = (A_{ок}/R_{и,ок}^{тр})(\Delta p_{ок}/10)^{2/3} + (A_{дв}/R_{и,дв}^{тр})(\Delta p_{дв}/10)^{1/2}, \quad (32)$$

где $A_{ок}$ и $A_{дв}$ – соответственно суммарная площадь окон, балконных дверей и входных наружных дверей, m^2 ;

$R_{и,ок}^{тр}$, $R_{и,дв}^{тр}$ – соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей, $(m^2 \cdot ч)/кг$;

$\Delta p_{ок}$, $\Delta p_{дв}$ - соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па, для окон и балконных дверей и входных наружных дверей, рассчитывается по формуле (15) с заменой в ней величины 0,55 на 0,28 и с вычисление удельного веса по формуле (16) при температуре воздуха равной средней температуре наружного воздуха $t_{от}$.

Для лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ) жилых зданий – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через не плотности заполнения проемов; допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех

этажей – равным $0,3\beta_v V_{\text{ЛЛУ}}$, от четырех до девяти этажей - $0,45\beta_v V_{\text{ЛЛУ}}$, выше девяти этажей - $0,6\beta_v V_{\text{ЛЛУ}}$, где $V_{\text{ЛЛУ}}$ - отапливаемый объем лестнично-лифтовых холлов здания. Для ЛЛУ без поэтажных выходов на балконы количество инфильтрующегося воздуха, полученное по упрощенным формулам следует уменьшать в два раза.

Удельную характеристику бытовых тепловыделений здания, Вт/(м³·°С), следует определять по формуле

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}}(t_{\text{в}} - t_{\text{от}})}, \quad (33)$$

где $q_{\text{быт}}$ - величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений ($A_{\text{ж}}$) или расчетной площади общественного здания ($A_{\text{р}}$), Вт/м², принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека $q_{\text{быт}} = 17$ Вт/м²;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м² общей площади и более на человека $q_{\text{быт}} = 10$ Вт/м²;

с) других жилых зданий – в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины между $q_{\text{быт}} = 17$ и 10 Вт/м²;

д) для общественных и административных зданий бытовые тепlopоступления учитываются по расчетному числу людей (90 Вт/чел), находящихся в здании, освещения (по установленной мощности) и оргтехники (10 Вт/м²) с учетом рабочих часов в неделю.

Удельную характеристику тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, $k_{\text{рад}}$, Вт/(м³·°С), следует определять по формуле

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{V_{\text{от}} \text{ГСОП}}, \quad (34)$$

где, $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$ – тепlopоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемым по формуле:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \tau_{2\text{ок}} (A_{\text{ок1}} I_1 + A_{\text{ок2}} I_2 + A_{\text{ок3}} I_3 + A_{\text{ок4}} I_4) + \tau_{1\text{фон}} \tau_{2\text{фон}} A_{\text{фон}} I_{\text{гор}}, \quad (35)$$

где $\tau_{1ок}, \tau_{1фон}$ – коэффициенты относительного проникновения солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон и зенитных фонарей, принимаемые по паспортным данным соответствующих светопропускающих изделий; при отсутствии данных следует принимать по своду правил; мансардные окна с углом наклона заполнений к горизонту 45° и более следует считать как вертикальные окна, с углом наклона менее 45° – как зенитные фонари;

$\tau_{2ок}, \tau_{2фон}$ – коэффициенты учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным; при отсутствии данных следует принимать по своду правил;

$A_{ок1}, A_{ок2}, A_{ок3}, A_{ок4}$ – площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям, m^2 ;

$A_{фон}$ – площадь светопроемов зенитных фонарей здания, m^2 ;

I_1, I_2, I_3, I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, $MДж/(m^2 \cdot год)$, определяется по методике свода правил;

$I_{гор}$ – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, $MДж/(m^2 \cdot год)$, определяется по своду правил.

7.2 Расчёт удельных годовых расходов конечных видов энергоносителей в расчете на 1 кв. м площади квартир (помещений).

Удельные годовые расходы конечных видов энергоносителей вычисляются как частное от деления годовых расходов энергоносителей на отапливаемую площадь объекта.

Удельный расход тепловой энергии на отопление $Q_{от}^{уд}$, $MДж/(m^2 \cdot год)$ определяется по формуле:

$$q_{от}^{уд} = \frac{Q_{от}^{год}}{A_{от}}, \quad (36)$$

где $Q_{от}^{год}$ – количество потребляемой тепловой энергии на отопление в год, МДж/год;

$A_{от}$ – площадь отапливаемых помещений, m^2 .

Удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение (ГВС) $q_{ГВС}^{уд}$, МДж/год, определяется по формуле:

$$q_{ГВС}^{уд} = \frac{Q_{ГВС}^{год}}{A_{от}} \quad (37)$$

Удельный расход тепловой энергии на вентиляцию $q_{вент}^{уд}$, МДж/($m^2 \cdot год$), определяется по формуле:

$$q_{вент}^{уд} = \frac{Q_{вент}^{год}}{A_{от}}, \quad (38)$$

где $Q_{вент}^{год}$ – количество потребляемой тепловой энергии на вентиляцию в год, МДж/год.

Удельный расход электрической энергии $q_{элект}^{уд}$, кВт·ч/ $m^2 \cdot год$, определяется по формуле:

$$q_{элект}^{уд} = \frac{Q_{элект}^{год}}{A_{от}}, \quad (39)$$

где $Q_{элект}^{год}$ – количество потребляемой тепловой энергии на вентиляцию в год, кВт·ч/ $m^2 \cdot год$.

7.3 Удельная эксплуатационная энергоёмкость объекта.

Удельную эксплуатационную энергоёмкость здания $q_{зд}$ в расчёте на $1 m^2$ площади помещений $q_{зд}$, кг у.т./ m^2 год вычисляют по формуле:

$$q_{зд} = (q_{от}^{уд} + q_{ГВС}^{уд} + q_{вент}^{уд}) \cdot 0,03413 + q_{элект}^{уд} \cdot 0,12285, \quad (40)$$

где 0,03413 – коэффициент перерасчёта МДж в кг у.т.;

0,12285 – коэффициент перерасчёта кВт·ч в кг у.т.

7.4 Суммарный удельный годовой расход тепловой энергии.

Суммарный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение $q_{\text{сум}}^{\text{в год}}$, кВт·ч/(м²·год), вычисляется по формуле:

$$q_{\text{сум}}^{\text{в год}} = (q_{\text{от}}^{\text{уд}} + q_{\text{ГВС}}^{\text{уд}} + q_{\text{вент}}^{\text{уд}}) \cdot 0,2778, \quad (41)$$

где, 0,2778 – коэффициент перерасчёта МДж в кВт·ч.

Суммарный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию в сутки отопительного периода $q_{\text{сум}}^{\text{в сутки}}$, кВт·ч/(м²·С⁰·сут), вычисляется по формуле:

$$q_{\text{сум}}^{\text{в сутки}} = (q_{\text{от}}^{\text{уд}} + q_{\text{вент}}^{\text{уд}}) \cdot \frac{0,2778}{\text{ГСОП}} \quad (42)$$

Нормируемая величина удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$, Вт/(м³·С⁰), в зависимости от типа здания определяется по таблицам 12 или 13 (СП 50.13330.2012, таблица 13 или 14).

Таблица 12 - Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий, $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$, Вт/(м³·С⁰)

Площадь здания, м	С числом этажей			
	1	2	3	4
50	0,579	-	-	-
100	0,517	0,558	-	-
150	0,455	0,496	0,538	-
250	0,414	0,434	0,455	0,476
400	0,372	0,372	0,393	0,414
600	0,359	0,359	0,359	0,372
1000 и более	0,336	0,336	0,336	0,336

Примечание - При промежуточных значениях отапливаемой площади здания в интервале 50-1000 м² значения $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$ должны определяться линейной интерполяцией.

Таблица 13 - Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $q_{от}^{тр}$, Вт/(м³·°С)

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1 Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
2 Общественные, кроме перечисленных в строках 3-6	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3 Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
4 Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	-	-	-	-	-
5 Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	-		
6 Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232
Примечание - Для регионов, имеющих значение $\Gamma_{СОП} = 8000$ °С·сут и более, нормируемые следует снизить на 5%.								

Величина отклонения суммарного удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию от нормативного значения определяется по формуле:

$$\Delta_q = \frac{q_{от}^{тр} - q_{от}^p}{q_{от}^{тр}} \cdot 100\%, \quad (43)$$

где $q_{от}^p$ - расчётная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию объекта, рассчитывается по формуле (26).

Для определения класса энергетической эффективности необходимо сравнить полученную величину отклонения с табличными данными таблицы 14 (СП 50.13330.2012, таблица 15).

Таблица 14 - Классы энергосбережения жилых и общественных зданий

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A++	Очень высокий	Ниже -60	Экономическое стимулирование
A+		От -50 до -60 включительно	
A		От -40 до -50 включительно	
B+	Высокий	От -30 до -40 включительно	Экономическое стимулирование
B		От -15 до -30 включительно	
C+	Нормальный	От -5 до -15 включительно	Мероприятия не разрабатываются
C		От +5 до -5 включительно	
C-		От +15 до +5 включительно	
При эксплуатации существующих зданий			
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании
E	Низкий	Более +50	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании, или снос

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные полученные в ходе расчёта могут быть использованы для составления энергетического паспорта здания. Согласно ФЗ 261 «Об энергосбережении и энергетической эффективности» - не допускается ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащённости их приборами учета используемых энергетических ресурсов. Также застройщики обязаны обеспечить соответствие зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащённости их приборами учета используемых энергетических ресурсов путем выбора оптимальных архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений и их надлежащей реализации при осуществлении строительства, реконструкции, капитального ремонта. Основным документом подтверждающим соответствие требованиям энергетической эффективности является энергетический паспорт здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении в отдельные законодательные акты РФ».

2. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации (Минэнерго России) от 30 июня 2014 г. N 400 г. Москва «Об утверждении требований к проведению энергетического обследования и его результатам и правил направления копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования».

3. Инструкция по организации в Министерства энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передачи по электрическим сетям (утверждена приказом Минэнерго России от 30.12.2008 г. №325).

4. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации (Минэнерго России) от 30 июня 2014 г. N 398 г. Москва «Об утверждении требований к форме программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства и муниципального образования, организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, и отчетности о ходе их реализации».

5. Методика расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях, утверждена приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 07.06.2010г. №273.

6. ГОСТ 26254-84 "Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций".

7. ГОСТ 26629-85 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций.

8. РД 153-34.1-09.163-00 Типовая программа проведения энергетических обследований тепловых электрических станций и районных котельных акционерных обществ энергетики и электрификации России.

9. РД 153-34.1 -09.164-00 Типовая программа проведения энергетических обследований систем транспорта и распределения тепловой энергии (тепловых сетей).

10. СНиП 2.04.01-85* Строительные нормы и правила внутренних водопровод и канализация зданий.

11. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя. 31 августа 1995г. Зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 25 сентября 1995 г. (Регистрационный № 954).

12. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. МГСН 2.01-99. ТСН 23-304-99 г. Москвы.

13. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

14. Методика энергетического обследования промышленных предприятий.

15. Методика энергетических обследований предприятий жилищно-коммунального хозяйства, в том числе коммунальной энергетики.

16. СНиП 23.02-2003 Тепловая защита зданий.

17. Варнавский Б.П., Колесников А.И., Федоров М.Н. «Энергоаудит промышленных и коммунальных предприятий. Учебное пособие». - М.: Ассоциация энергоменеджеров, 1999.

18. ГОСТ 27322-87. Энергобаланс промышленного предприятия. - М.: Изд-во стандартов, 1987.