



Украина

Руководство для проектировщиков

Энергетическая модернизация
многоквартирных домов

Выходные данные

Издатель

Немецкое энергетическое агентство ГмбХ (dena),
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena),
Chausseestraße 128 a, 10115 Berlin
тел.: +49 (0)30 66 777-0
факс: +49 (0)30 66 777-699
e-mail: info@dena.de
Интернет: www.dena.de

Редакция

Немецкое энергетическое агентство (dena)

Фото

shutterstock.com: титульная страница – mania;
стр. 7 Ivan Smuk; стр. 9 Приказ от 11.07.2018
№ 172, « Об утверждении Порядка проведения
сертификации энергетической эффективности и
формы энергетического сертификата»; стр. 10, 53
Kaspars Grinvalds; стр. 17 shutterstock.com/88studio;
стр. 24 Немецкое энергетическое агентство ГмбХ
(dena); стр. 25, 27, 30, 34, 44, 49, 90, 91 Немецкое
энергетическое агентство ГмбХ (dena); стр. 32 Chr.
Sandig-Leipzig; стр. 37 ЛУВОГЕ; стр. 38 Изовер;
стр. 41 Изовер; стр. 43 Изовер; стр. 53 shutterstock.
com/Ivan Smuk; стр. 59 Mikhail Gnatkovski; стр. 60
shutterstock.com/Mikhail Gnatkovski; стр. 62
shutterstock.com/Martin Mecnarowski; стр. 64 Михаил
Балковски, Институт Строительство, энергия,
окружающая среда; стр. 68 shutterstock.com/nikkytok;
стр. 85 shutterstock.com/THANIT PKC

Верстка

Хаймрих & Ханнот ГмбХ
(Heimrich & Hannot GmbH)

Перевод

Олена Константинова

Дата: 06/2020

Авторские права защищены. Использование только
с разрешения dena.

При содействии



Федеральное министерство
экономики и энергетики

на основе решения
Германского Бундестага

Содержание

1	Введение	6
	Жилой фонд и необходимость энергетической модернизации	6
	Типология зданий и их свойства	8
	Цели энергетической модернизации	9
2	Концепция энергетической модернизации	10
2.1	Структура концепции энергетической модернизации (энергетический аудит)	11
2.2	Цели энергетической модернизации	13
2.3	Варианты энергетической модернизации	14
2.4	Экономическая эффективность	17
2.5	Поэтапная энергетическая модернизация	18
3	Теплозащитная оболочка здания	20
3.1	Теплоизоляционные материалы	22
3.2	Наружные стены	24
3.2.1	Комбинированная система теплоизоляции (КСТ)	24
3.2.2	Вентилируемый навесной фасад	26
3.2.3	Теплоизоляция воздушной прослойки	27
3.2.4	Внутренняя теплоизоляция	27
3.2.5	Качество и гарантийные сроки	28
3.3	Окна	29
3.3.1	Теплозащита	29
3.3.2	Замена окон	30
3.3.3	Реставрация окон	31
3.3.4	Защита от инсоляции	32
3.3.5	Качество и гарантийные сроки	33
3.4	Наружные двери	34
3.5	Лоджии	35
3.6	Крыша	35
3.6.1	Плоская крыша	36
3.6.2	Скатная крыша/Верхнее междуэтажное перекрытие	37
3.7	Подвал	40
3.7.1	Теплоизоляция потолка подвального помещения	40
3.7.2	Теплоизоляция пола подвального помещения	41
3.7.3	Изоляция наружной стены подвала	42
3.8	Особые строительные элементы	44
3.8.1	Выступающие бетонные перекрытия	44
3.8.2	Коробы для рольставен	45

4	Тепловые мосты	46
4.1	Распространённые виды тепловых мостиков	47
4.2	Воздействие тепловых мостиков	48
4.3	Основные подходы к уменьшению тепловых мостиков	49
4.4	Расчёт тепловых мостиков	50
4.5	Типичные тепловые мостики	52
4.5.1	Наружная стена и крыша	53
4.5.2	Плоская крыша	53
4.5.3	Окна и двери	54
4.5.4	Подоконный парапет	54
4.5.5	Коробы для рольставен	55
4.5.6	Балконы и козырьки	55
4.5.7	Цоколь	56
4.5.8	Внутренние стены	56
5	Теплоснабжение в зданиях	57
5.1	Концепция теплоснабжения	58
5.1.1	Индивидуальные тепловые пункты (ИТП)	58
5.1.2	Циркуляционный насос	59
5.1.3	Другие элементы системы теплоснабжения	61
5.2	Система распределения тепла	63
5.2.1	Трубопроводы	63
5.2.2	Теплоизоляция	64
5.2.3	Балансировочные клапаны	64
5.2.4	Регуляторы перепада давления	65
5.2.5	Компенсаторы расширения	65
5.3	Система теплоотдачи	65
5.3.1	Однотрубная отопительная система	65
5.3.2	Двухтрубная отопительная система	66
5.3.3	Термостатные вентили и термостаты помещений	67
5.4	Гидравлическая балансировка	68
5.5	Регулировка системы отопления	69
5.6	Учет потребленного тепла	71
6	Вентиляция	72
6.1	Защита от влаги и охрана здоровья	73
6.2	Концепция вентиляции	74
6.3	Естественная вентиляция	76
6.4	Децентрализованные системы механической вытяжной вентиляции	76
6.5	Центральные системы механической вытяжной вентиляции	78
6.6	Децентрализованная вентиляционная установка с рекуперацией тепла	79
6.7	Центральная система вентиляции с рекуперацией тепла	80
6.8	Указания к пользованию	82

7	Возобновляемые источники энергии	83
7.1	Солнечная тепловая энергия	83
7.2	Фотоэлектрические установки.....	85
7.3	Координация проектирования и практическая реализация	86
8	Инструменты контроля качества	87
8.1	Интегрированное планирование.....	87
8.2	Контроль за строительными работами	88
8.3	Тест на герметичность	89
8.4	Термография.....	91
	Список использованной литературы.....	93

01

Введение

Жилой фонд и необходимость энергетической модернизации

Согласно данным Государственной службы статистики Украины, жилой фонд Украины по состоянию на 1 января 2015 г. составлял почти 9,1 млн жилых зданий, или 16,8 млн квартир общей площадью 966 млн м²

(см. Таблица 1). Таким образом, основное количество жилых зданий находится в сельской местности, однако 60 % от общего количества жилой площади приходится на города.

Параметры	Количество зданий	Количество квартир	Общая площадь, м ²
Жилой фонд, всего:	9,1 млн	16,8 млн	966 млн м²
в городах >10 000 жителей	3,3 млн	10,8 млн	587 млн м ²
в сельской местности	5,8 млн	6,0 млн	377 млн м ²
жилые здания в аварийном состоянии	43 919	данных нет	3,3 млн м ²
жилые здания под угрозой обвала	15 475	данных нет	1,0 млн м ²

Таблица 1: Жилой фонд в Украине по состоянию на 01.01.2015 г.¹

Статистические данные показывают, что средняя площадь квартиры составляет почти 58 м². Наиболее распространены при этом 2-комнатные (36 %) и 3-комнатные (32 %) квартиры. Практически все квартиры (97,5 %) находятся в частной собственности, и только незначительная часть, как и прежде, — в собственности органов местного самоуправления.

По данным Министерства регионального развития Украины, в 2012 г. общее количество многоквартирных домов составляло 240 000. Основная часть из них, или 157 500 зданий — это «небольшие» многоквартирные дома, а еще 82 500 жилых зданий — многоэтажные застройки высотой более 4 этажей. В 240 000 зданий проживает около 22 млн людей, т. е. почти половина населения Украины.²

Согласно официальным статистическим данным, около 58 000 жилых зданий находятся в крайне неудовлетворительном состоянии (0,6 % от общего объема жилого фонда). Таким образом, даже по самым скромным оценкам в домах в аварийном состоянии проживает около 90 000 украинских граждан. Эксперты исходят из того, что в действительности количество домов, нуждающихся в модернизации, гораздо больше.

Изначально предусмотренный срок эксплуатации многих домов уже давно превышен, а капитального ремонта в них не проводилось.

¹ Государственная служба статистики Украины, 2014 г., стр. 14; 24 и 78

² Emerson, Shimkin, Vladimir, 2015 г., стр. 10



Особенно сложной представляется ситуация с многоквартирными домами. Значительная доля жилого фонда состоит из зданий первой массовой застройки

1950-60-х гг. (см. Таблица 2). Расходы на эксплуатацию данных домов являются непропорционально высокими, а их потребность в энергии превышает современные нормы в 2,5-3 раза.

Год строительства	Общая площадь, млн м ²	Часть отобщего количества многоквартирных домов
до 1961 г.	76,8	16 %
1961 – 1970 гг.	71,4	15 %
1971 – 1980 гг.	105,1	22 %
1981 – 1990 гг.	134,5	27 %
1991 – 2000 гг.	62,1	13 %
2001 – 2011 гг.	34,7	7 %
Всего	484,6	100 %

Таблица 2: Многоквартирные дома в Украине по периодам строительства, 2012 г.³

80 % многоквартирных домов достигло возраста более 25 лет и нуждается в капитальном ремонте. По оценкам украинских экспертов, расходы на решение данных проблем могут составить около 500 млрд гривен. В среднем, расходы на капитальный ремонт оцениваются в 140 евро/м².

³ Emerson, Shimkin, Vladimir, 2015 г., стр. 10

Типология зданий и их свойства

Общих данных о типовой застройке по всей стране в Украине не существует. Приблизительная оценка основных типов застройки основывается на доступных из Интернета данных и обозначениях серийной застройки⁴.

В целом можно констатировать, что в советских республиках (например, в Украинской ССР) типовая жилая застройка до конца 1960-х гг. в значительной мере ориентировалась на проекты, разработанные для Москвы. Характерными для этого времени были трех-, четырех- и пятиэтажные жилые дома, получившие в народе название «хрущевка» (по фамилии Первого секретаря ЦК КПСС того времени). «Хрущевки» с их промышленным подходом к строительству пришли на смену так называемым «сталинкам» (монументальным элитным домам в стиле неоклассицизма).

Начиная с 1970-х гг., местные государственные институты и строительные предприятия⁵ разрабатывали на основе «московских» проектов и свои строительные серии и типы, адаптированные к местным условиям. При этом часто изменения происходили вследствие реальных мощностей строительных предприятий (особенно дефицита строительных материалов). В рамках одной серии проектировались многочисленные подтипы с модификациями, например, в отношении типа конструкции (кирпичная, панельная или блочная застройка) или этажности. В результате сегодня в Украине можно встретить большое разнообразие серий и типов многоквартирных домов, построенных в совсем небольших количествах. Результаты анализа наиболее распространенных серий застройки представлены в Таблица 3. Вследствие отсутствия официальной информации

Типовые серии зданий	
«Хрущёвки», 3-5 этажей, 1950–60 гг.	■ 1-438 ■ 1-464 ■ 1-480
«Брежневки» (начиная с 1970–х гг.)	
9-10-этажей, как правило, кирпичная конструкция	■ серия 87
9-12-этажей (модификация «хрущёвок», проект КиевЗНИИЭП)	■ 1-480А (9-этажный) ■ 1КГ-480-11у и 12у («чешка») ■ 1КГ-480-49 («гостинка») ■ 1-464А-20 (9-этажный) ■ 1-464А-52 (12-этажный)
9 этажей, панельная конструкция	■ серия 90 (111-90) ■ серия 94 (111-94) ■ серия 96 (111-96-XX)
12 и 16 этажей (проекты КиевЗНИИЭП)	■ серия БПС (-6) (12 и 16 этажей; железобетон) ■ серия КТ (экономичнее и «практичнее», чем БПС) ■ ОГ-16 ■ серии 67, 83, 84, 95 ■ П-43
«поздние брежневки»/«улучшенные панельные дома»	■ серия 96-х (111-96-XX; 9-10 этажей) ■ серия 134-х (111-134-XX; дальнейшая разработка серии 96-х) ■ серия Т (14 и 16-этажей; как правило, кооперативы) ■ П-44 ■ «Башня Вулыха» (14 этажей)

Таблица 3: Типовые серии жилых зданий в Украине

⁴ www.tipdoma.ru и kievbuilding.com.ua

⁵ Для Украины серия «украинской» застройки была разработана Киевским зональным НИПИ по гражданскому строительству (КиевЗНИИЭП), напр., серии БПС и серия КТ.

Цели энергетической модернизации

Энергетическая модернизация зданий имеет ряд позитивных эффектов и преимуществ:

Энергосбережение

Основной целью энергетической модернизации является сокращение объема потребления энергии, вследствие чего жильцы могут снизить свои расходы на энергоносители и эксплуатацию дома. В зависимости от состояния здания, объема и типа мероприятий по модернизации объем потребления энергии на отопление и горячую водоподготовку можно сократить более чем на 10 % в случае проведения отдельных мероприятий и до 60 % – в случае полноценной модернизации дома.

Экологичность

Энергетическая модернизация зданий играет важную роль в защите климата и борьбе с загрязнением окружающей среды. Сокращение объемов потребления энергии снижает объем отработанных газов, образующихся вследствие отопления дома и содержащих вредный для климата диоксид углерода.

Современный уровень технического развития

Устаревшие приборы и системы потребляют слишком много энергии по сравнению с современной техникой. Довести дом с помощью энергетической модернизации до современного технического уровня предполагает достаточно высокие расходы. Однако эксплуатация устаревших систем и коммуникаций будет со временем стоить только дороже, потому что цены на ископаемые энергоносители постоянно растут. Таким образом, в средне- и долгосрочной перспективе энергетическая модернизация и переход на более эффективную технику финансово окупятся. Некоторые установки уже не отвечают современным требованиям, а их работа является нестабильной. Модернизация повышает шансы зданий и их инженерных коммуникаций на будущее.

Комфорт

Теплоизоляция ограждающих конструкций и модернизация системы отопления значительно повышают комфорт проживания. При этом температура помещений остается на стабильно комфортном уровне, а колебания температуры в квартирах снижаются. Жильцы дома получают возможность самостоятельно принимать решения о комфорте и экономии тепла в собственной квартире.

Монтаж новой системы вентиляции и использование экологичных строительных материалов обеспечивают более приятный и здоровый микроклимат. Высокое качество воздуха в помещениях позволяет избежать такой нагрузки на здоровье, как повышенная влажность. Более герметичная ограждающая конструкция защищает от неприятных сквозняков.

Выгодная инвестиция

Стоимость квартиры в утепленном доме приблизительно на 20 % выше стоимости аналогичной квартиры в неутепленном доме.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ	
Адреса (місцезнаходження) будівлі:	
Функціональне призначення та назва:	
Відомості про конструкцію будівлі:	
загальна площа, м²:	
загальний об'єм, м³:	
опалювана площа, м²:	
опалюваний об'єм, м³:	
кількість поверхів:	
рік прийняття в експлуатацію:	
кількість під'їздів або в'їздів:	
ФОТО	
Шкала класів енергетичної ефективності	
Клас енергетичної ефективності	
Високий рівень енергоефективності	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
Низький рівень енергоефективності	
Пітоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі	
Пітоме споживання первинної енергії, кВт·х год/м² за рік	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 >90	
0 50 100 150 200 250 300 350 400 >450	
Пітомі викиди парникових газів, кг/м² за рік:	
Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора	

02

Концепция энергетической модернизации

Основу для детального проектирования в домах существующей застройки составляют концепция энергетической модернизации, а также подробные строительно-технические обследования, в ходе которых проводятся анализ проб материалов, проверка статичности конструкции и наличия вредных веществ и т. д.

Разработка концепции энергетической модернизации составляет первый этап энергетической модернизации здания. Она содержит возможные технические варианты, различные мероприятия по модернизации, их, результаты, а также расчет экономической эффективности.

В Украине концепция энергетической модернизации описывается в энергетическом аудите.



2.1 Структура концепции энергетической модернизации (энергетический аудит)

В энергетическом аудите здания представляется фактическое состояние здания, проверяются и оцениваются необходимые и возможные мероприятия модернизации, а также предлагается оптимальный пакет мероприятий. Итог проведенного обследования – отчет о проведенном энергетическом аудите. Важно,

чтобы отчет был составлен подробно и понятно для пользователей. Результаты обследований и расчетов можно представлять различными способами. В Таблица 4 приводится пример структуры концепции энергетической модернизации.

№	Пункт концепции	Примечания к содержанию
1. Введение		
1.1	Общие данные о здании	Адрес, год строительства, количество этажей, количество квартир, количество жильцов, отапливаемая и неотапливаемая площадь, объем, фотография всего здания, показатели, по возможности – наличие сертификата энергоэффективности с указанием энергетического класса здания и т. д.
1.2	Резюме	■ Резюме концепции (краткое описание исходной ситуации и предложенных мероприятий модернизации); ■ Информация о сборе данных и результатах проведенных измерений; ■ Указание на использованные нормы, стандарты, предписания, а также о методике проведения энергетического аудита.
2. Исходное состояние здания и инженерных коммуникаций		
2.1	Фактическое энергетическое состояние здания	■ Описание конструктивных решений и состояния конструкции здания и его элементов (наружные стены, крыша, окна, входные двери, лоджии, балконы, подвал и т. д.); ■ Указание на дефекты, срочность проведения ремонта; ■ Фотографии здания и его слабых участков; ■ По возможности результаты тепловизионного обследования; ■ Определение коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций; ■ Описание прочих свойств здания – защита архитектурных памятников, особые виды использования (коммерческие) и т. д.; ■ Обязательно нужно указать на наличие в здании помещений, относящихся к Гражданской обороне. Это может быть бомбоубежище, защитное сооружение или противорадиационное укрытие (ПРУ). Наличие таких помещений значительно усложняет и удорожает реализацию проекта утепления. ■ Прочее.
2.2	Фактическое энергетическое состояние инженерных коммуникаций	■ Описание всех систем и установок здания (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение, холодная вода, охлаждение, освещение): тип, возраст, состояние, основные параметры (температура, давление, скорость, потоки, энергоносители, цены на энергоносители и т. д.), их функции и т. д.; ■ Указание на дефекты, срочность проведения ремонта; ■ Фотографии инженерных систем и их слабых участков; ■ По возможности результаты тепловизионного обследования; ■ При необходимости описание поведения пользователей; ■ Прочее.

№	Пункт концепции	Примечания к содержанию
2.3	Результаты исходного баланса	■ Климатическая зона; ■ Анализ потребления энергии (тепло, электроэнергия, вода) и стоимость на энергоносители (мин. за 3 года); ■ Составление энергетического баланса; ■ Результаты сравнения потребности и потребления; ■ Анализ слабых мест энергетического хозяйства. Как правило, измеренные объемы потребления не соответствуют расчетной потребности в энергии, а именно: измеренные объемы потребления всегда ниже. Это объясняется целым рядом причин и не обязательно является признаком плохой работы или манипуляций со счетчиками. Измерения часто не отображают весь объем потребленной тепловой энергии. Во многих квартирах есть дополнительное индивидуальное отопление, а использование энергии на эти цели отдельно не учитывается. Поставляемого тепла часто не хватает для обеспечения необходимого уровня комфорта (20 °С) в течение всего отопительного сезона. Для расчетов можно взять допущение, что средняя температура помещений составляет 16 °С. Благодаря этому нет необходимости пересчитывать площади и объемы. Более точная методика приведет к необоснованному удорожанию работ.
3. Концепция энергетической модернизации		
3.1	Необходимые мероприятия, не относящиеся к энергетике	Здесь необходимо представить мероприятия по текущему или капитальному ремонту, реализации которых создаст базовые условия для проведения энергетической модернизации: санация бетона, замена труб и пр. В энергетическом аудите обязательно нужно описать проблемные места здания для проведения более детального обследования, включая лабораторные исследования. Особое внимание следует уделить трещинам в несущих и ограждающих конструкциях, расслоениям конструкций, признакам «старения», деформации конструкций, отклонениям по вертикали и прочему. Такое обследование проводит сертифицированный специалист при наличии аттестованной лаборатории. По результатам обследования оформляется «Отчет о состоянии ограждающих конструкций». Этот документ должен быть подготовлен до начала изготовления проектно-сметной документации⁶. Также нужно указать о наличии технической документации на здание, а именно: обмерочные чертежи, разрезы здания, планы этажей, площади, объемы и прочее.
3.2	Энергетические мероприятия	Здесь необходимо представить энергетические мероприятия, их объем, необходимые инвестиции, экономию и экономическую эффективность. В отчете следует также приводить допущения, использованные для расчета экономии энергии и расходов.
3.3	Возможные мероприятия для повышения уровня комфорта	Представление независимо от пакета энергетических мероприятий, например, застекление балконов и лоджий. Аудитор может рекомендовать такие мероприятия, как застекление балконов, лоджий, замена окон на более эффективные, установку индивидуальных систем вентиляции с рекуперацией тепла и т. д., но такие виды работ могут быть выполнены, как правило, за средства самих жильцов.
3.4	Возможные мероприятия для повышения имиджа	Представление независимо от пакета энергетических мероприятий, например, оформление входной группы здания.
3.5	Сравнительный анализ вариантов энергетической модернизации (пакет мероприятий)	В концепции энергетической модернизации необходимо разработать и предложить несколько вариантов (2 или 3) мероприятий (например, с невысокой, средней и высокой потребностью в инвестициях). Каждый пакет мероприятий необходимо описать и обосновать. Кроме того, следует представить ожидаемые объемы энергосбережения и экономии расходов. По каждому пакету должны быть предоставлены расчеты затрат по обслуживанию нового оборудования, срок эксплуатации, расходы на обучение персонала, увеличение потребления электрической энергии, прочие расходы. По возможности даются указания на прочие преимущества энергетической модернизации. Следует обратить внимание на то, что экономия от полного пакета мероприятий ≠ сумма экономии от отдельных мероприятий.

Таблица 4: Структура концепции энергетической модернизации (энергетического аудита)

⁶ ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво»

2.2 Цели энергетической модернизации

Тщательный сбор исходных данных – это основа достоверности концепции энергетической модернизации и предложенных мероприятий по повышению энергоэффективности. На подготовительном этапе необходимые документы и данные следует запросить у собственников. После сбора документов происходит осмотр здания на месте. Во время осмотра необходимо провести встречи с собственниками. В ходе подобных мероприятий можно лучше определить слабые места здания и инженерных коммуникаций, а также ожидания и финансовое состояние собственников.

Сбор исходных данных проводится энергоаудитором вместе с инициативной группой жильцов.

После принятия решения собственниками о начале процесса модернизации собственник проводит тендер на выбор энергоаудитора. Ему делегируются полномочия по управлению проектом. Выбор энергоаудитора осуществляется на основе составленного технического задания (далее ТЗ). В ТЗ должна быть отображена вся информация о той работе, которую должен выполнить энергоаудитор.

Сбор данных.

Необходимо запросить такие документы и данные:

- технический паспорт здания;
- проект, если есть в наличии;
- документы о строительной конструкции, эксплуатации и техническом уходе;
- по возможности протоколы измерения температуры в помещениях;
- информацию о реализованных мероприятиях по повышению энергоэффективности за последние 5-10 лет;
- отчеты энергоаудита или предыдущих обследований энергетического хозяйства/или энергоэффективности;
- счета за потребление энергоносителей и воды (минимум за 3 года с помесечной разбивкой);
- текущие и запланированные тарифы на энергоносители, воду и т. д.;
- прочая важная информация, а именно:
 - информация обо всех собственниках, арендаторах (магазины, офисы, склады, салоны красоты и т.д.);

- наличие точечного (латочного) утепления и площадь такого утепления (в % от общей площади фасадов);
- наличие коммуникаций, проходящих по фасаду здания (газовая труба, электрические сети, интернет-кабели, молниеотвод и пр.). Описание кондиционеров, спутниковых тарелок (количество), систем оповещения, держателей тросов для электрических сетей, прочих устройств;
- информация об отводе дождевой воды, как и куда организован водоотвод.

Осмотр здания на месте.

Во время осмотра здания на месте используются визуальные наблюдения и проводятся необходимые измерения:

- Необходимо оценить физическое и энергетическое состояние отдельных элементов ограждающей теплового контура конструкции и установок. При этом важно не ограничиваться только энергетическими аспектами, но и собрать информацию проинформировать пользователей и о других существующих дефектах конструкции.
- При наличии обмерочных чертежей или планов здания провести несколько контрольных замеров габаритных размеров здания (например, при помощи лазерной рулетки), для того, чтобы выяснить, насколько имеющаяся информация соответствует действительности.
- Проводится анализ дефектов (влаги и плесень, опасные вещества в конструкции, негерметичность, коррозия коммуникаций и т. д.).
- Собираются основные параметры инженерных установок и систем. Важно правильно описать все системы. Система отопления может иметь незаконные врезки, а система горячего водоснабжения может иметь циркуляцию в 3-х подъездах из четырех.
- Проводятся необходимые измерения (например, температура, влажность, потоки, давление, скорость, потребление энергии, тепловизионное обследование, тесты на герметичность и пр.). Вид измерений зависит от того, насколько глубоким или доступным должен быть анализ. Проведение измерений возможно только во время отопительного сезона.

- Часто нет необходимости осуществлять все детальные измерения в каждом здании, потому что инженерная техника в многоквартирных домах достаточно проста, здания строились по типовым сериям, а существующие проблемы являются одинаковыми для многих зданий. Однако следует помнить, что типовые решения можно применить только для систем, которые не были изменены. Есть случаи, когда жильцы вносили изменения в систему отопления и горячего водоснабжения (ГВС) (увеличивали площадь радиаторов отопления, добавляли отопление на балконы и лоджии, делали теплый пол в ванной из системы ГВС, подключались к системе отопления как источнику ГВС, т. е. брали горячую воду из системы отопления).
- Необходимо понимать поведение пользователей и его влияние на потребление энергии.
- Представление первых предложений о возможностях повышения энергоэффективности.

Рабочие материалы:

Чек-лист для сбора данных по дому для разработки концепции санации:

<http://sampleprojects.org/ru/biblioteka>

2.3 Варианты энергетической модернизации

В самом начале разработки концепции энергетической модернизации необходимо определить, насколько глубоко здание будет термомодернизировано. Если вопрос об объеме проводимых работ еще остается открытым, то в энергетическом аудите следует проанализировать несколько вариантов с различными инвестиционными затратами.

- **Пакет мероприятий с наименьшим объемом инвестиций** может, например, включать в себя модернизацию индивидуального теплового пункта, гидравлическую балансировку отопительной системы, теплоизоляцию трубопроводов, так же замену окон в местах общего пользования (возможно, с уменьшением площади остекления), замену входных (уличных) дверей, замену системы освещения на светодиодную. Во многих многоэтажных домах со старыми отопительными системами подобные мероприятия помогут – в зависимости от состояния установки – **сэкономить до 15–30 % тепла. Срок окупаемости** такого пакета мероприятий составляет в Украине менее **5 лет**.
- **Комплексная модернизация здания** предполагает и анализ максимального пакета мероприятий. Он включает в себя теплоизоляцию ограждающей конструкции, модернизацию отопительной, вентиляционной и климатической установки. Это – модернизация, требующая больших затрат. Соблюдение требований украинских нормативов позволит сэкономить до 60 % энергии. Тут важно подчеркнуть, что при комплексной энергетической модернизации речь идет не только о финансовых преимуществах. После 50-60 лет эксплуатации здание нуждается в капитальном ремонте, который обеспечит его дальнейшее функционирование, снизит расходы на техническое обслуживание и на энергоносители, а также повысит комфортность проживания в квартирах в соответствии с современными требованиями. Также необходимо понимать, что здания строились под старые ветровые и снеговые нагрузки. Комплексная энергетическая модернизация сможет обеспечить выполнение новых требований по нагрузке.

Пакеты мероприятий выбираются собственниками. Решение зависит от таких факторов, как финансовое состояние собственников и наличие государственных или местных программ финансирования.

Ниже представлены мероприятия по модернизации, которые могут предлагаться в концепции.

Теплоизоляция ограждающих конструкций

Наибольшее влияние на сокращение потребления энергии имеет энергетическая модернизация ограждающих конструкций здания. При этом термоизоляция снижает теплопередачу из отапливаемой части здания в неотапливаемые помещения или в окружающую среду. Теплоизоляция ограждающих конструкций позволяет сэкономить до 50 % тепловой энергии.

Санация элементов ограждающих конструкций повышает температуру поверхностей теплоизолированных строительных элементов. Вследствие этого снижается излучение холода от холодных внутренних поверхностей и обеспечивается равномерное отопление жилых помещений, что значительно повышает комфортность проживания.

Для того, чтобы во время проведения работ по модернизации фасада избежать необоснованного сокращения полезной или жилой площади, теплоизоляцию задних стенок лоджий или балконов можно ограничить только необходимой минимальной толщиной (от 4 см до 6 см при теплопроводности материала 0,035 Вт/(м·К), предотвращающей возникновение конденсата и плесени.

При модернизации необходимо обеспечить герметичность элементов конструкции и соединительных блоков, отсутствие температурных мостов, а также минимально необходимый уровень тепловой изоляции.

Модернизация индивидуальных тепловых пунктов (ИТП)

Замена устаревших тепловых пунктов с гравитационной циркуляцией теплоносителя на современные установки, которые можно регулировать с учетом погодных условий, приводит к существенному сокращению потребления тепловой энергии и является одним из важнейших мероприятий по модернизации каждого здания.

Необходимо правильно подобрать тепловую мощность устанавливаемого ИТП.

Если проект подразумевает только: замену окон подъездов, замену входных дверей и модернизацию системы отопления путем монтажа нового ИТП, то тепловая мощность ИТП будет рассчитана на неутепленное здание. При проведении работ по комплексному утеплению здания уже смонтированное ИТП нужно будет вновь модернизировать под новую тепловую нагрузку. Можно спроектировать ИТП с двумя теплообменниками (под большую и меньшую тепловую мощность).

Двухтрубная система отопления

Энергетическая санация здания приводит к сокращению потребления тепла и отопительной нагрузки здания. Поэтому целесообразно предусмотреть установку новых отопительных приборов с термостатными вентилями, рассчитанными на новую потребность в тепле. Новая отопительная система предусматривает гидравлическую балансировку и может работать на низких температурах. Это мероприятие не только повышает уровень комфорта и обеспечивает равномерное отопление помещений, но и снижает объем потребления энергии.

Если после проведения работ по теплоизоляции здания сохраняется существующая отопительная система (без возможности регулировки температуры в помещениях), то это приводит к перегреву здания и отдельных помещений и не позволяет достичь целей энергосбережения.

Учет тепловой энергии

Современный уровень развития техники дает возможность регулировать температуру в помещениях в зависимости от потребностей и соответственно экономить энергию и расходы. Если происходит замена существующей отопительной системы на современную, можно предусмотреть и поквартирный учет расхода тепловой энергии.

Вентиляция

После проведения энергетической модернизации здания сокращается инфильтрация воздуха через неплотности наружных стен, поэтому рекомендуется составить концепцию вентиляции квартир, которая обеспечит воздухообмен в жилых помещениях, соответствующий санитарно-гигиеническим нормам. Использование принудительной вентиляции жилых помещений необходимо рассматривать особенно в тех случаях, когда происходит замена больших площадей окон и ограждающие конструкции или когда в здании есть влажные помещения без окон, чтобы предотвратить появление плесени и избежать структурных повреждений здания.

Рекомендуется использование принудительной системы вытяжной вентиляции. Для этого необходимо провести санацию существующих вентиляционных шахт и оснастить их новыми вентиляторами. Поступление свежего воздуха может обеспечиваться соответствующими потоками через окна.

Возобновляемые источники энергии

Можно предусмотреть использование солнечных коллекторов для поддержки горячей водоподготовки и/ли фотоэлектрических установок для производства электроэнергии.

При анализе данного мероприятия необходимо учитывать ветровую и снеговую нагрузки.

Правовые аспекты

Еще на стадии выбора концепции утепления здания необходимо обсудить вопрос со всеми заинтересованными участниками о правовой принадлежности нового оборудования (в первую очередь ИТП). Надо четко понимать, кому на баланс будет передано новое оборудование, кто будет его обслуживать, как будет осуществляться гарантийное обслуживание, у кого будет доступ к новому оборудованию, откуда будет запитано (электрической энергией) оборудование, кто будет за все платить (электрика, обслуживание, ремонт, проверка счетчика, зарплата персоналу и т. д.). Новый ИТП может взять на обслуживание местная теплосеть и заложить расходы в тариф на тепловую энергию, а может и само ОСББ.

Рабочие материалы для презентации результатов концепции энергетической модернизации:

1. Плакат
 2. Факты и цифры «Рекомендации по энергетической санации»
- <http://sampleprojects.org/ru/biblioteka>



2.4 Экономическая эффективность

Для всех разработанных пакетов энергетической модернизации проверяется их экономическая эффективность. При расчете учитываются программы субсидирования, а также другие возможности финансирования.

Анализ экономической эффективности – это важная часть концепции энергетической модернизации, т. к. его результаты служат основой для принятия решения собственниками дома об объеме проводимых работ. Для этого необходимо проанализировать все возникающие инвестиционные и эксплуатационные расходы, сокращение расходов после реализации мероприятий по повышению энергоэффективности, тарифы на энергоносители и жизненный цикл отдельных мероприятий:

- Инвестиционные расходы.
- Расходы на энергоносители и энергию. Тут надо учитывать и рост тарифов в будущем. Прогноз цен можно составить на основе динамики тарифов за предыдущие годы.

- Расходы на эксплуатацию и обслуживание инженерных систем здания, а также на энергоносители с учетом доходов от электричества собственного производства.
- Прочие расходы: страховка, общие сборы и т. д.
- Во всех расходах будущих периодов необходимо учесть рост цен. Чтобы суммировать все отдельные статьи расходов, которые будут возникать в разный период времени, и сравнить расходы различных вариантов модернизации все расходы дисконтируются до текущей стоимости (приведенной дисконтированной стоимости) на основе процентного множителя

Анализ экономической эффективности должен содержать как минимум статический расчет срока окупаемости. Однако рекомендуется провести более глубокий расчет экономической эффективности (например, определение динамического срока окупаемости или сравнимых показателей).

2.5 Поэтапная энергетическая модернизация

Состояние жилых зданий, находящихся в эксплуатации, часто требует проведения комплексной модернизации. Однако собственники часто отказываются от комплексной модернизации по финансовым причинам. В целях более лёгкого разрешения данной проблемы предлагается осуществлять энергетическую модернизацию поэтапно. Поэтапная энергетическая модернизация означает, что необходимые мероприятия согласовываются между собой и составляется долгосрочный план их реализации.

Немецкое энергетическое агентство (dena) вместе с партнерами разработали инструмент, который хорошо зарекомендовал себя на практике в Германии – индивидуальный план комплексной модернизации (iSFP). Он может применяться как к домам индивидуальной застройки, так и к многоквартирным домам.

План комплексной модернизации дает собственникам обзор энергетического состояния здания, этапов термомодернизации, сроков проведения этапов модернизации, что они означают и как они согласовываются между собой. В случае поэтапной реализации мероприятий план комплексной модернизации показывает, что при выборе этого метода повысить стандарт энергоэффективности здания можно только путем последовательного и целенаправленного осуществления согласованных между собой мероприятий. План комплексной модернизации разрабатывается с учетом индивидуальных особенностей здания и поведения пользователей. Он может также учитывать финансовые возможности и ожидания собственников.

План комплексной модернизации по содержанию можно сравнить с энергоаудитом (концепцией энергетической модернизации). Эту процедуру осуществляет энергоаудитор совместно с жильцами (ОСББ или инициативной группой). Графическое изображение плана комплексной модернизации представлено на Рисунке 1. Разработка плана комплексной модернизации состоит из 7 шагов:

- Первая консультация на месте. Во время первой встречи на месте определяется энергетическое состояние здания и обсуждаются индивидуальные пожелания и потребности собственников.
- Энергетическая оценка исходного состояния.
- Разработка предложений по комплексной модернизации.
- Согласование индивидуального плана комплексной модернизации с собственником.
- Составление индивидуального плана комплексной модернизации. В этом плане представляются энергетическое состояние здания, рекомендации по энергосбережению путем изменения повседневного поведения пользователей и необходимые действия, которые могут быть реализованы без промедления. Ключевым элементом индивидуального плана комплексной модернизации является представление поэтапной модернизации на последующие 10 или 20 лет. Здесь разъясняются мероприятия, сроки их реализации, а также рассчитываются предстоящие расходы.
- Пояснение индивидуального плана комплексной модернизации собственникам.
- Распечатка и передача плана собственникам.



¹ Указанные инвестиционные затраты основаны на смете на момент составления плана модернизации.

² Суммы финансирования были рассчитаны на основе условий программ финансирования, действовавших на момент составления iSFP, и являются чисто информативными.

³ Затраты на электроэнергию рассчитывались с использованием цен на энергию на момент расчётов и ожидаемого конечного потребления энергии после реализации соответствующего пакета мероприятий. В долгосрочной перспективе цены на энергоносители могут колебаться.

Рисунок 1: План комплексной модернизации⁷

Необходимо подчеркнуть, что общие расходы на поэтапную реализацию индивидуального плана комплексной модернизации до окончательного результата в большинстве случаев выше, чем комплексная модернизация, проведенная в один этап. С другой стороны, при поэтапной модернизации пакет мероприятий можно адаптировать под жизненный срок отдельных элементов конструкции. Если это связать с мероприятиями по текущему ремонту, то можно повысить экономическую эффективность, т. к. в любом случае будут возникать расходы по уходу за зданием.

Индивидуальный план комплексной модернизации должен разрабатываться квалифицированными энергоаудиторами на основании технического задания собственников при наличии заключенного договора.

⁷ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung, Passivhaus Institut, 2017.

03

Теплозащитная оболочка здания

Если планируется модернизация ограждающих конструкций здания или его элементов, сначала необходимо определить, какие помещения отапливаются. Потому что они должны находиться в зоне теплоизоляции. Неотапливаемые помещения, например, подвалы или чердаки, могут оставаться без изоляции. Однако тогда в зимний период внутри этих помещений могут возникать минусовые температуры.

Четкое определение теплозащитной оболочки важно также для составления энергетического баланса (расчет потребности в энергии). В многоквартирных домах неотапливаемые помещения также могут быть включены в теплозащитную оболочку здания. К этому могут относиться, например, внутренние лестничные клетки, коридоры, машинные помещения лифтов, помещения для сбора отходов. Это упрощает конструктивные решения для энергетической модернизации. При этом следует учитывать, что за основу необходимо брать среднюю расчетную температуру. Как правило, это 16–18 °С.

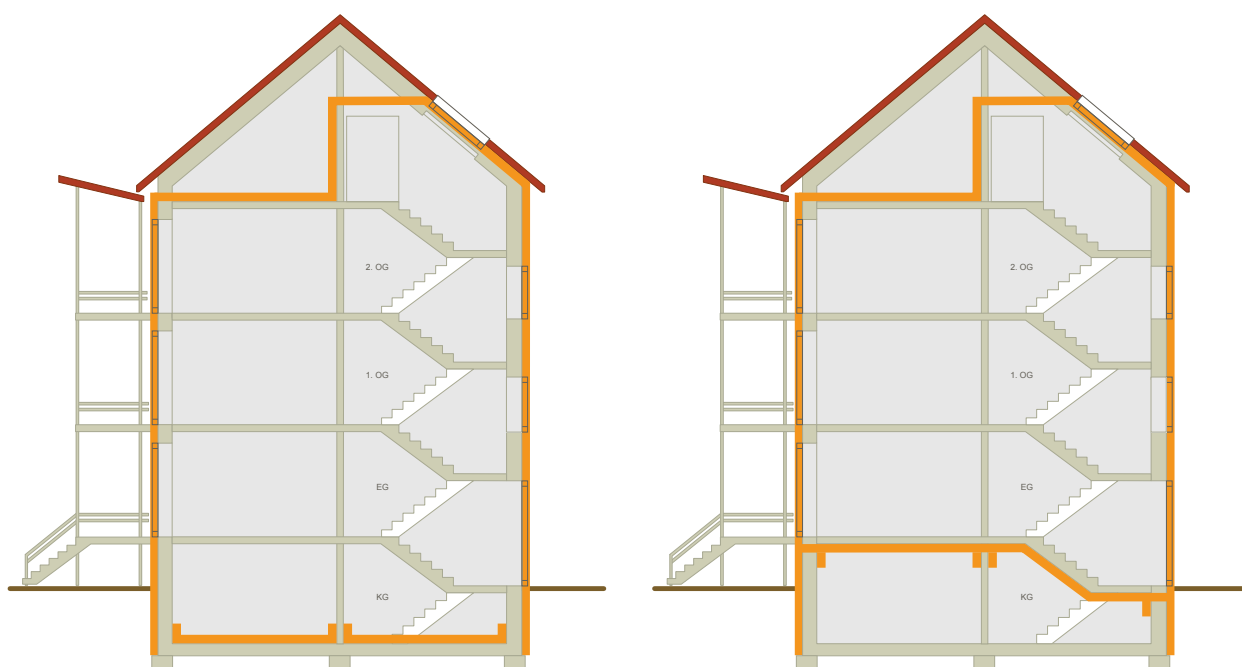


Рисунок 2: Границы теплозащитной оболочки здания (оранжевая линия) – полная изоляция и герметичный слой

В Украине:

- согласно ДСТУ Б В.2.6-36:2008 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови» п. 5.17 необхідно цокольную часть стены неотапливаемого подвала утеплить слоем утеплителя на расстоянии не менее чем на 0,5 м от нижней части плиты перекрытия. Т. е. утеплитель должен частично закрывать неотапливаемый подвал. Или,

- согласно ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» п. 4.10: «Внешние углубленные стеновые конструкции, контактирующие с грунтом, в зданиях без подвала необходимо утеплять теплоизоляционными материалами на глубину 0,5 м ниже уровня грунта, в зданиях с подвалом – на глубину 1,0 м ниже уровня грунта».

Оба варианта приемлемы, выбор того, какой материал применить – за собственниками.

Какие помещения относятся к отапливаемым объемам здания?

Решение о включении периодически отапливаемых помещений в отапливаемую зону может базироваться на таких правилах:

- Все помещения, которые отапливаются прямым или косвенным образом за счет соседства с другими помещениями, например, коридоры и кладовые квартир, относятся также к отапливаемым помещениям даже при отсутствии собственных радиаторов.
- Помещения, которые могут отапливаться за счет централизованной системы отопления,

однако на данный момент не используются и не отапливаются, относятся к отапливаемым площадям, например, внутренние лестничные клетки.

- После проведения энергетической модернизации лоджии также могут быть включены в теплозащитную оболочку здания, как только они будут правильно изолированы и закрыты высококачественными окнами. Лоджии и балконы с простым остеклением не относятся к теплозащитной оболочке здания.
- При определении границ теплозащитной оболочки специфическое поведение пользователей, например, пустующие квартиры, не учитывается.

Чтобы сэкономить энергию, теплоизоляционный слой должен представлять собой максимально неразрывный барьер теплозащиты между отапливаемыми помещениями и неотапливаемыми помещениями или наружным воздухом. Каждый разрыв создает температурные мосты, повышает опасность возникновения плесени на этом месте и увеличивает потери энергии.

3.1 Теплоизоляционные материалы

Существуют различные модификации теплоизоляционных материалов:

- неорганические или минеральные теплоизоляционные материалы, например, керамзит, силикат кальция, минеральная вата (стекло-/каменная вата) или пеностекло;
- органические теплоизоляционные материалы из нефти, например, пенополистирол (EPS/XPS) или пенополиуретан;
- органические материалы из возобновляемых материалов растительного происхождения, например, конопля, древесное волокно, овечья шерсть и целлюлоза;
- особенно эффективные теплоизоляционные материалы обладают низкой теплопроводностью (λ , коэффициент лямбда) 0,035 Вт/(м·К) или ниже.

Обозначение	Описание	λ , Вт/(м·К)	Вес	Сфера применения
Панели из минерального волокна	Разработаны на технологической основе пенобетона. Минеральное вещество изготовлено из извести, кварцевого песка и/или цемента, поэтому невоспламеняемое и паропроницаемое.	0,047-0,040	100-120 кг/м³	Внутренняя изоляция, комбинированная система теплоизоляции
Древесное волокно	Изготавливается из расщепленной на волокна древесины хвойных деревьев (напр., пихта, ель), т. е. из возобновляемых материалов растительного происхождения.	0,040-0,032	110-250 кг/м³	Комбинированная система теплоизоляции, утепление крыши, внутренняя изоляция
Минеральная вата, каменная и Стекловата	Материал из искусственно изготовленных минеральных волокон. Для производства используются расплавленные каменные материалы, напр., базальт, известняк, полевой шпат или доломит. Плиты, в которых волокна расположены параллельно к поверхности плиты, называются плитами из минеральной ваты.	0,045-0,030	каменная вата: 22-200 кг/м³; каменная вата: 20-150 кг/м³	Комбинированная система теплоизоляции, навесной фасад, утепление подвального потолка, утепление крыши
Расширенный пенополистирол (EPS)	Речь идет о вспененном пластике. Он устойчив к влаге и очень легкий. На рынке продаются белые плиты, а в последнее время и серые. Последние модифицируются с гранитом, благодаря чему повышается их стойкость к воспламенению.	0,035-0,032	160-250 кг/м³	Комбинированная система теплоизоляции, изоляция плоской кровли, шумоизоляция
Экструдированный полистирол жесткой пены (XPS)	В отличие от EPS, XPS используется для производства жесткого вспененного листа из пластикового гранулята. Пластины очень устойчивы к нагрузкам и в зависимости от класса могут выдерживать, например, вес грузовика. Кроме того, они водонепроницаемы и могут быть установлены на наружной стене подвала и на цоколе, а также на них могут быть размещены дома для понижения эффекта от теплового моста, возникающего в грунте.	0,035-0,032		Под фундаментом, наружная стена подвала, цоколь, крыша подземного гаража, зеленая крыша
Пенофенопласт	Твердый пенопласт относится к теплоизоляционным материалам из органических синтетических веществ.	0,022-0,025	35-40 кг/м³	Комбинированная система теплоизоляции, утепление окон, экономия площади
Пенополистирол	Плиты пенополистирола относятся к группе искусственных органических теплоизоляционных материалов. Это – пенопластмасса. Для использования плиты выпиливаются из больших блоков.	0,026-0,022	30 кг/м³	Комбинированная система теплоизоляции

Обозначение	Описание	λ , Вт/(м·К)	Вес	Сфера применения
Изоляционные плиты из древесного волокна	Отходы древесины измельчают, смешивают с водой, сушат, прессуют и формируют в форме досок с помощью древесного лигнина в качестве клея - обычно без химических добавок. Древесное волокно является естественным изоляционным материалом, не содержит загрязняющих веществ и очень легко перерабатывается. Хорошая теплоизоляция и теплоемкость. Также возможна изоляция полостей.	0,040-0,055	твердые панели: 110-250 кг/м ³ ; гибкие панели: 40-60 кг/м ³	Комбинированная система теплоизоляции, утепление кровли, звукоизоляция
Целлюлозное волокно	Изоляционный материал из переработанного сырья производится из смеси измельченной макулатуры и противопожарных добавок, например, соли бора. Доступен в виде объемной изоляции, мокрой спрей-изоляции и в виде панелей. Хорошие теплоизоляционные свойства, особенно используется в кровле старых зданий и деревянных каркасных конструкциях.	0,040	35-70 кг/м ³	Изоляция полостей крыши/фасада, внутренняя изоляция
Конопля	Для изготовления волокнистой массы и изоляционного мата из конопли перерабатываются стебли растения. Путем разлома и вальцовки они разделяются на волокна. ⁸	0,040	30-42 кг/м ³	Вентилируемые фасады
Лен	Изоляционные маты из льна изготавливаются из стеблей льна путем механической переработки. Для теплоизоляционных целей используется короткое льноволокно. После удаления лубяного слоя при помощи игольчатых валиков оно перерабатывается в волокнистую массу. ⁹	0,040-0,045	20-80 кг/м ³	Для заполнения каркасов стояков и балок, а также для наружной и внутренней термоизоляции

Таблица 5: Описание теплоизоляционных материалов

ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» приведены лямбда материалов **в условиях эксплуатации**.

Важными свойствами теплоизоляционных материалов является сопротивление влажности, стойкость к разрушению, вес, экологичность, цена и наличие такого материала в Украине.

В зависимости от сферы применения и типа строительного проекта используются либо невоспламеняемые (НГ), либо трудновоспламеняемые (Г1), либо обычно воспламеняемые (Г2) теплоизоляционные материалы.

⁸ VDPM, 2018 г.

⁹ VDPM, 2018 г.

3.2 Наружные стены

Наружные стены дома составляют наибольшую площадь ограждающих конструкций здания с соответствующей высокой долей трансмиссионных теплопотерь. Теплоизоляция наружных стен обладает поэтому большим потенциалом энергосбережения в отношении общей энергетической потребности здания.

Прежде всего перед тем, как начать работы по утеплению наружных стен, необходимо провести обследования статика (механическую стойкость и надежность в соответствии с Регламентом ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану) конструкции наружной стены.

Не каждый теплоизоляционный материал подходит для всех типов стены. При выборе теплоизоляционного материала необходимо учитывать требования к пожарной безопасности здания. Имеет значение и внешний вид здания. Теплоизоляция наружных стен повышает качество фасада, но часто она непригодна, например, для фасадного фахверка или зданий с историческими фасадами.

Требования к коэффициенту теплопередачи наружных стен в Украине¹⁰:

- $U_{\text{стены}} = 0,303 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$
для первого температурного пояса
- $U_{\text{стены}} = 0,357 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$
для второго пояса (южные районы)

3.2.1 Комбинированная система теплоизоляции (КСТ)

В случае комбинированной системы теплоизоляции (система фасадной теплоизоляции с облицовкой штукатуркой) поверхность подготавливается для достаточной сцепляемости изоляционных плит, затем изоляционный материал накладывается непосредственно на стену, а в конце покрывается штукатуркой. В зависимости от системы теплоизоляции вместо штукатурки на основе синтетической смолы может использоваться и толстослойная минеральная штукатурка. Важно планировать конструкцию стены изнутри наружу, чтобы она была более проницаемой, особенно для наружной штукатурки и фасадной краски, которые должны быть открытыми для диффузии.



Рисунок 3: Комбинированная система теплоизоляции – система, зафиксированная с помощью клея и дюбелей

¹⁰ ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель»

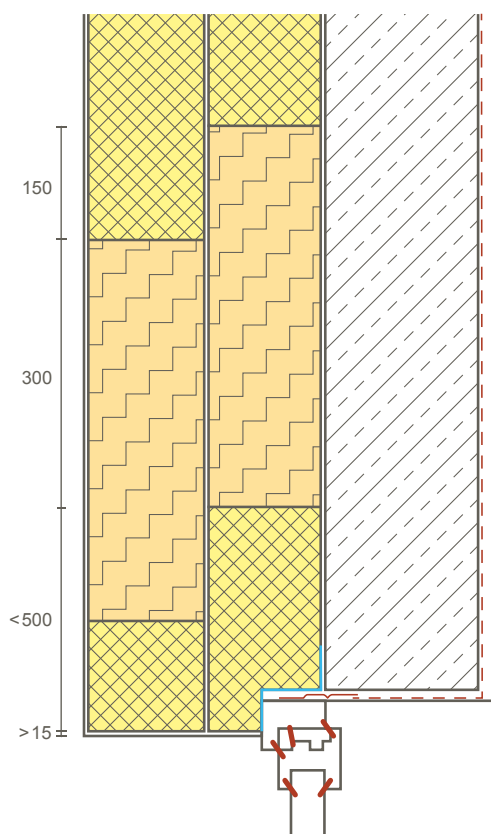


Рисунок 4: Противопожарный пояс в двухслойной теплоизоляционной системе

При использовании горючих изоляционных материалов (например, пенополистирола) огнезащита должна быть установлена в соответствии с местными правилами. Это может быть сделано путём нанесения противопожарной защиты на внешнюю фасадную часть здания, или с помощью трехстороннего обрамления окон изолирующей минеральной ватой. Минеральная вата впитывает больше влаги, чем пенополистирол, и поэтому должна быть защищена дополнительным слоем раствора.

Теплоизоляционная штукатурка сама по себе имеет, как правило, незначительное влияние на термические свойства. Ее толщина ограничена (один слой до 6 мм), а материал обладает вдвое худшими изоляционными свойствами, чем испытанные теплоизоляционные материалы.



Комбинированная система теплоизоляции приклеивается и обязательно закрепляется дюбелями в соответствии с руководством производителей. Следует использовать как можно меньше обычных дюбелей, а также **термодюбелей с низким тепловым мостом для теплоизоляции**. Нанесенный на уровень изоляции слой арматуры прочно соединяется с теплоизоляционным материалом и служит основой для накладываемой арматурной сетки. Волокно принимает верхний слой штукатурки толщиной 2-3 мм, которая соответствует толщине зерен. При этом следует обращать внимание на то, чтобы **все компоненты** (клей, теплоизоляция, дюбели, штукатурка и т. д.) **обрабатывались в соответствии с учетом допусков строительного надзора, разработанных для комбинированных систем теплоизоляции**.



Рисунок 5: Термодюбели для теплоизоляции – винт утеплен

Важным аспектом являются качественно выполненные строительные работы, что достигается путем привлечения обученных строительных компаний и использованием качественного материала. Комбинированная система теплоизоляции должна состоять из проверенной системы. Места соединений должны быть плотными и без остатков строительного раствора.

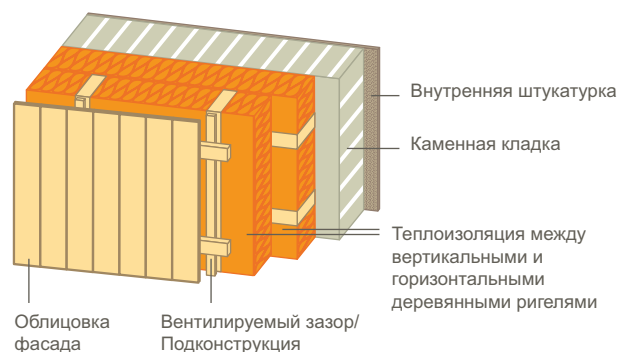


Рисунок 6: Структура вентилируемого навесного фасада

Типичные изоляционные материалы и крепление

- Жёсткий пенопласт, минеральное волокно, минеральная вата, древесноволокнистая изоляция.
- При креплении следует соблюдать требования соответствующего производителя.
- При неспособной выдерживать нагрузки основе или для выравнивания серьёзных неровностей применяются специальные крепёжные рейки.
- КСТ могут передавать в помещение усиленное шумовое излучение внешней среды. Поэтому на улицах с интенсивным движением транспорта особенно тщательно следует подходить к выбору изоляционного материала.

Преимущества

- Простое нанесение относительно толстых слоёв изоляционных материалов.
- Недорогая изоляция.
- Аккумулирующая способность массивной наружной стены (защита от тепла в летний период).

3.2.2 Вентилируемый навесной фасад

Теплозащитный вентилируемый навесной фасад состоит из изоляционного слоя, наносщегося на наружную стену с помощью механического крепления, защищённого ветронепроницаемым и водоотталкивающим слоем. Перед ним находится зазор для циркуляции воздуха, ограниченный снаружи облицовкой, защищающей от непосредственного атмосферного воздействия. Благодаря своей способности отводить конденсат и обеспечивать высыхание диффузионно-открытых строительных материалов навесной фасад может использоваться и тогда, когда кладка здания пропитана влагой.

По сравнению с многослойной теплоизоляционной системой для его монтажа требуется больше места, и он стоит дороже, чем КСТ.

Перед началом работ следует соответственно проверить имеющееся место на наличие точек примыкания, например, крыши и окон. Точки примыкания требуют особо тщательного проектирования.

Особо тщательно надо проектировать систему крепления вентилируемых фасадов. Система крепления через слой изоляции представляет собой тепловой мост, который необходимо учитывать в энергетическом балансе. Следует планировать как можно меньше точек прокола. Кронштейны на наружной стенке должны быть изготовлены из нержавеющей стали, поскольку ее теплопроводность значительно ниже, чем у обычного алюминия. Температурные мосты можно уменьшить, например, за счет применения пластиковых крепежей.

С наветренной стороны навесной фасад покрывается не штукатуркой, а облицовкой (например, из дерева, натурального камня, фасадных панелей), которая закрепляется на наружной стене при помощи опорных конструкций. Полости опорных конструкций заполняются теплоизоляционными материалами (важно обращать внимание на **хорошую вентиляцию и защиту от насекомых**).



Рисунок 7: Плохо обработанные швы являются тепловыми мостами

Некоторые изготовители рекламируют энергосберегающие краски, однако краска не может заменить эффективную теплоизоляцию.

Типичные изоляционные материалы и крепление

- Изоляция: изоляция из минерального волокна, мягкая древесноволокнистая плита, плиты из жёсткого пенопласта.
- Облицовка: целый ряд материалов и поверхностей (например, деревянные панели, облицованный металлом фасад, пластмассовые плиты, панели под штукатурку и т. д.).
- Крепление на каркас из древесины или металла. Выбор каркаса зависит от облицовки (вес, система крепления и т. д.).

Преимущества

- Благодаря циркуляции воздуха защита от тепла в летний период лучше по сравнению с КСТ.
- Имеющаяся штукатурка не требует реставрации.
- Лёгкий ремонт благодаря съёмной конструкции.

Начиная с определённой высоты здания фасадные элементы должны получить допуск органов строительного надзора.

3.2.3 Теплоизоляция воздушной прослойки

Если наружная стена имеет двухслойную кладку и не будет облицовываться, то в этом случае целесообразно использовать теплоизоляцию воздушной прослойки. Для этого полости между двумя слоями кладки задуваются или засыпаются теплоизоляционным материалом. Важно провести оценку с точки зрения строительной физики, а также провести экспертизу влажности стены и использовать только влагостойкие изоляционные материалы, потому что неправильная теплоизоляция воздушной прослойки может привести к структурным повреждениям.

Проемы окон и переходы между слоями стен являются местами возникновения многочисленных температурных мостов, поэтому необходимо проверить влияние тепловых мостов на статическое соединение двух слоев стен. Именно поэтому теплоизоляция воздушной прослойки проводится только специализированными фирмами, имеющими опыт и необходимый инструмент.

3.2.4 Внутренняя теплоизоляция

Внутренняя теплоизоляция наружной стены используется в тех случаях, когда другие мероприятия являются невозможными, например, из-за требований к фасаду со стороны органов по охране памятников архитектуры. Внутреннюю теплоизоляцию следует выполнять крайне осторожно, чтобы снизить температурные мосты на междуэтажных перекрытиях и внутренних стенах до минимального уровня. **Неправильное нанесение внутренней теплоизоляции может вызвать существенные структурные повреждения за счет образования влаги.**

Чтобы избежать конденсации влаги за теплоизоляционным слоем необходимо обеспечить прилегание всей площади теплоизоляционного материала к стене и не допустить проникновения воздуха из помещения за слой теплоизоляции. Кроме того, необходимо обеспечить достаточную защиту фасада от дождя (особенно, если это каркасное здание), потому что со стены с внутренней теплоизоляцией влага удаляется хуже.

Хорошим вариантом для внутренней теплоизоляции являются капиллярно-активные теплоизоляционные материалы, например, силикат кальция, минеральное волокно или глина, обеспечивающие паропроницаемость. Они без вреда отражают влагу назад в помещение. В случае внутренней изоляции с использованием минеральной ваты, панелей из пенополистирола, вакуумных панелей и т. д. на внутренней стороне слоя изоляции должен быть нанесен хорошо функционирующий пароизоляционный слой для того, чтобы избежать конденсации за изоляцией. Для этого все соединения паронепроницаемой мембраны и все соединения с полом, потолком и внутренними стенами должны быть тщательно проклеены паронепроницаемой клейкой лентой.

3.2.5 Качество и гарантийные сроки

- При проектировании системы утепления следует учесть такой параметр, как срок службы несущих конструкций систем теплоизоляции. Он должен составлять не менее 30 лет.
- Срок эксплуатации конструкций фасадной теплоизоляции до капитального ремонта должен быть не менее 25 лет.
- Гарантийный срок эксплуатации системы теплоизоляции должен быть не менее 5 лет.

Обеспечение гарантийного срока эксплуатации осуществляют организация-разработчик конструкции фасадной теплоизоляции или изготовитель комплектов теплоизоляции совместно с организацией, осуществлявшей монтаж сборной системы¹¹.

Выбор типа, вида и системы утепления, материала утеплителя, толщину слоя теплоизоляционного материала осуществляет энергоаудитор на основании своих расчетов. Он рекомендует собственнику здания конкретные технические решения. Собственник формирует Задание на проектирование для проектировщика. Проектировщик может предложить своё техническое решение.

Написание технического задания на проектирование может входить в круг обязанностей энергоаудитора или быть отдельным этапом работ.

Результаты модернизации наружных стен можно проверить при помощи тепловизионного обследования.

В Украине очень подробно описаны как требования, так и решения по утеплению зданий, а именно:

- ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель»;
- ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування»;
- ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги;
- ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентильованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови;
- ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. СТУ Б.В.2.6-79:2009;
- ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель;
- ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення»;
- ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель і споруд».

¹¹ ДБН В.2.6-33:2008 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації»

3.3 Окна

Окна дома формируют внешний вид здания, обеспечивают проникновение света и свежего воздуха вовнутрь, а также выполняют функцию звукозащиты. Окна – это элементы конструкции с наиболее высокими трансмиссионными теплопотерями, одновременно в помещение через них поступает и часть тепловой энергии.

Как правило, старые окна со множеством стыков недостаточно герметичны, а также рамы и остекление обычно имеют высокий коэффициент теплопередачи. Поэтому, особенно в случае возникновения сквозняков, конденсата или луж на подоконнике, окна следует заменить.

Требования к коэффициенту теплопередачи окон в Украине¹²:

- $U_w = 1,33 \text{ Вт/ (м}^2\cdot\text{К)}$
для первой температурной зоны
- $U_w = 1,667 \text{ Вт/ (м}^2\cdot\text{К)}$
для южных районов.

3.3.1 Теплозащита

Теплозащитные свойства окна характеризуются коэффициентом теплопередачи U_w (англ.: window = окно) всей площади окна. За это отвечают остекление, соединительный профиль кромок остекления, а также рама окна и ее монтаж.

В зависимости от требований существуют различные модификации современных теплоизоляционных стеклопакетов. Они имеют как минимум двойное остекление (однокамерные), а высоко энергоэффективные окна – тройное остекление (двухкамерные). Пространства между стеклами заполняются такими инертными газами, как аргон, криптон или ксенон. Газовая прослойка обеспечивает теплозащитные свойства. Дополнительно эффект

теплоулавливания окна может усиливаться за счет очень тонкого, почти невидимого покрытия стекла. В результате пропускаются только волны солнечной радиации определенной длины. Свет может проникать вовнутрь, а тепловое излучение с более длинными волнами не выходит наружу.

При выборе окна важно также учитывать материал дистанционного профиля стеклопакета. Его теплопроводность должна быть как можно более низкой. **Коэффициент Ψ для соединительного профиля кромок остекления должен составлять $\leq 0,035 \text{ Вт/ (м}\cdot\text{К)}$.**

Особенно высоким уровнем энергосбережения обладают окна со специальными изолированными рамами или с многокамерными рамами. Поперечные планки, разделяющие стекла, повышают теплопотери. Так называемые окна с «теплой рамкой» — это энергоэффективные окна, в которых соединительный профиль кромок оконного стекла улучшен за счет полимерных рамок.

- Окна с простым однокамерным теплоизоляционным стеклопакетом и меньшей изоляцией рамы достигают показателя $U_w = 1,3 \text{ Вт/ (м}^2\cdot\text{К)}$.
- Окна с улучшенным теплоизоляционным стеклопакетом и большей изоляцией рамы достигают показателя $U_w = 1,0 - 1,1 \text{ Вт/ (м}^2\cdot\text{К)}$;
- для двухкамерных стеклопакетов возможен даже показатель $U_w \geq 0,8 \text{ Вт/ (м}^2\cdot\text{К)}$.

¹² ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель»

Окна также делают вклад в поступление тепла за счет проникновения солнечного света или инсоляции. Определяющей величиной является коэффициент пропускания света (коэффициент g) остекления. Чем выше этот показатель, тем больше тепла может попасть в помещение. **В окнах с высоким уровнем теплозащиты возможен показатель 0,5.** В зависимости от здания и его географического местоположения имеет смысл выбирать значение g в соответствии с основным направлением относительно сторон света в целях увеличения солнечного тепла на юге и избегания нагревания при ориентации на восток и запад из-за низкого утреннего и вечернего солнца. При проектировании следует выбирать правильное сочетание таких параметров, как размер окна, значение g и затенение.

В Украине есть сертифицированные лаборатории по измерению теплопотерь всей оконной конструкции. Лаборатория дает протокол испытаний на оконную и дверную конструкцию. В нём указываются и другие характеристики конструкции (влаго-, звуко-, паро-, ветропроницаемость, количество циклов открывания/закрывания, изгиб конструкции при ветровой нагрузке). Наличие такого протокола говорит о наличии полноценного производства конструкций.

Энергетический аудитор в своих рекомендациях должен указать на параметры рекомендуемой оконной и дверной конструкции, а также акцентировать внимание на наличии протокола испытаний таких конструкций и наличии паспорта на изделие при приемке таких изделий.

3.3.2 Замена окон

При модернизации окон важно учитывать следующие моменты:

- Соединительный шов между оконной рамой и стеной должен быть как можно более узким. Однако необходимая минимальная ширина шва должна составлять 10-15 мм (в зависимости от конкретной системы).
- Для герметизации окна необходимо использовать нетвердеющий герметик (например, предварительно сжатую уплотнительную ленту) и/или паронепроницаемую уплотнительную ленту. Важно, чтобы для герметизации монтажного соединения использовалась уплотнительная лента, которая сможет обеспечить диффузию пара изнутри наружу. Это означает, что внутренняя уплотнительная

лента должна быть более паронепроницаемой (с приблизительным показателем эквивалентной толщины сопротивления диффузии водяного пара S_d 50 м) по сравнению с внешним слоем (с приблизительным показателем S_d 1–2 м). **Строительная пена не является воздухопроницаемой (!) и не может заменить внутреннее или внешнее уплотнение.**

- Необходимо изолировать и герметизировать шов стыка под окном на месте установки подоконника снаружи. Важно отметить, что при установке наружного подоконника в нижнем надрезе возле оконной рамы должна быть проложена по сторонам теплоизоляционная комбинированная система, а также следует обеспечить водопроницаемость между штукатуркой фасада с помощью клейкой ленты. **Влага не должна попадать в теплоизоляцию фасада!**
- Внутреннее уплотнение должно быть герметично и устойчиво по отношению к диффузии.
- Необходимо хорошо герметизировать короба от роллет. Тут также не стоит использовать строительную пену. **Роллеты представляют собой тепловой мост, для которого должна быть предусмотрена дополнительная теплоизоляция внутри или снаружи.**
- Если в окнах предусмотрены ставни, то это необходимо учесть и во время работ по теплоизоляции наружных стен. Необходимо избегать температурных мостов на крепежах.



Рисунок 8: Воздухонепроницаемая лента приклеена к оконной раме перед установкой с 4-х сторон

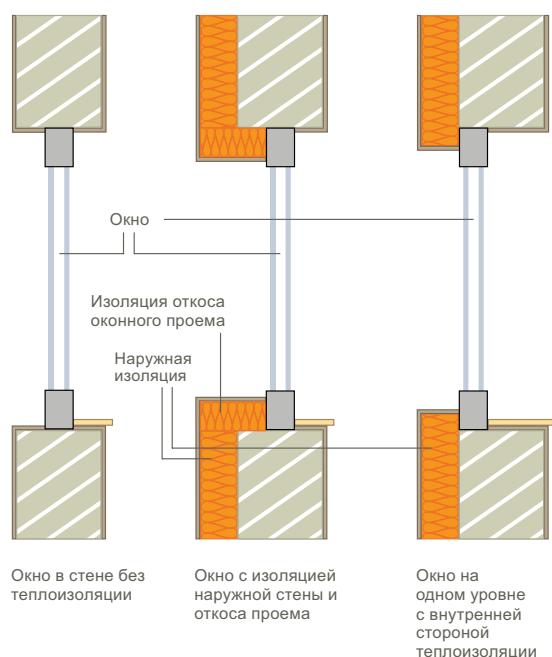


Рисунок 9: Положение окон в термоизоляционном слое

Комбинирование с теплоизоляцией наружных стен

Если замена окон комбинируется с теплоизоляцией наружных стен, необходимо проверить и положение окон:

- С точки зрения энергетической модернизации и внешнего вида рекомендуется перенос окон ближе к внешней плоскости стены.
- Если окна монтируются заподлицо со слоем термоизоляции, можно отказаться от изоляции оконных проемов, дополнительно, поверхность остекления, рассматриваемая как коллектор света и тепла, может быть дополнительно увеличена.
- При применении более толстых слоев изоляции оптимальный вариант достигается в том случае, если окно монтируется в середине толщи стены и рама закрывается слоем изоляции.
- Как правило, для того, чтобы минимизировать тепловой мост оконной рамы, только 15-20 мм наружной оконной рамы должны оставаться видимыми по бокам и сверху.
- Лучше всего окна устанавливать на уровне изоляции. Если же это невозможно или связано с большими расходами, во избежание тепловых мостов следует изолировать откосы, перемычку и парапет под подоконниками. При этом оконную раму в целях повышения энергоэффективности следует изолировать слоем в 3–4 см.

- (1) уровень герметичности
- (2) функциональная зона
- (3) защита от атмосферного воздействия

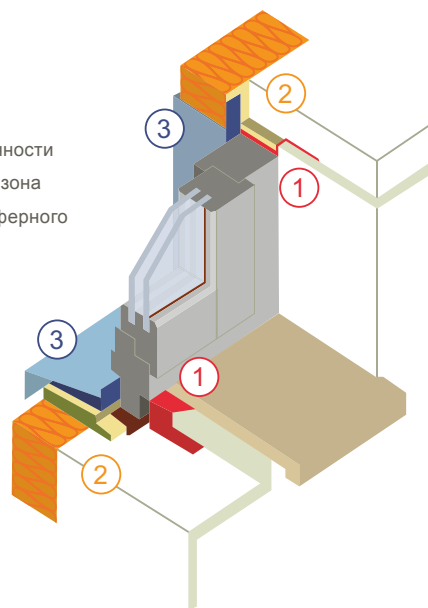


Рисунок 10: Модель уровней на примере монтажа окна в комбинированной системе термоизоляции

Для герметизации наружных оконных коробок, подоконников и коробов рольставен на наружной стене необходимо использовать подвижные системы герметизации. Пустоты в стыках заполняются изоляцией.

Как правило, установка окон не обходится без повреждений. Приходится устранять дефекты на откосах (выравнивать неровности, замазывать разбитые участки и т. д.). Это надо учитывать при расчетах стоимости замены окон.

3.3.3 Реставрация окон

В отдельных случаях имеет смысл оставить окно как строительный элемент. Тогда можно реставрировать раму и заменить только стекло. Это может понадобиться, например, в случае, если окно расположено в наружной стене таким образом, что его нельзя убрать без серьезных повреждений фасада или, если здание является памятником архитектуры.

Возможность замены оконного стекла зависит от состояния рамы. При этом основную роль играют несущая способность и глубина рамы, а также размеры фурнитуры. Кроме этого, штапик для крепления стекла должен сниматься без нанесения повреждений. По деревянным рамам решение принимается проще, чем по пластмассовым рамам, так как по внешнему виду последних нельзя определить их несущую способность.



Рисунок 11: Ремонт двойной оконной рамы при помощи уплотнителя

Повышение воздухопроницаемости

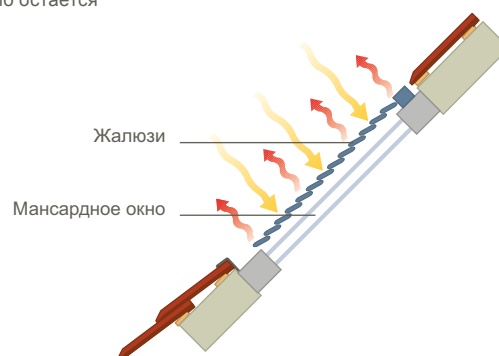
Щели в рамах можно дополнительно герметизировать, заклеив их уплотняющими профилями. Вместо имеющихся в продаже обычных профилей для ремонта своими руками рекомендуется использование уплотняющих профилей, изготовленных специалистом на фрезерном станке. Точно так же с помощью нетвердеющего герметика можно дополнительно обработать переход от оконной рамы к кладке. Это мероприятие повышает воздухопроницаемость, но его следует регулярно повторять через определённые отрезки времени.

В случае двойной оконной рамы новое уплотнение необходимо зафиксировать в раме внутреннего окна, чтобы избежать попадания влажного комнатного воздуха между двумя уровнями окна, а также его конденсации на холодной внешней панели.

3.3.4 Защита от инсоляции

При попадании прямой солнечной радиации рекомендуется снаружи устанавливать жалюзи, оконные ставни или роллеты для теплозащиты летом. Они удерживают солнечные лучи до того, как они попадают в помещения. В случае больших площадей окон, ориентированных на юг, восток или запад, а также в случае мансардных окон целесообразной защитой от летнего перегрева может оказаться не только установка прилегающих роллет и жалюзи, но и солнцезащитное стекло.

Солнцезащитные жалюзи снаружи:
тепло остается



Солнцезащитные жалюзи внутри:
тепло заходит внутрь

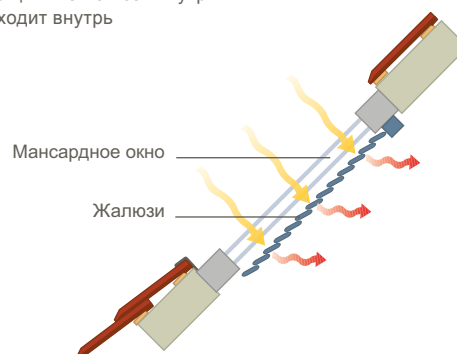


Рисунок 12: Положение жалюзи на мансардных окнах

3.3.5 Качество и гарантийные сроки

В случае замены окон без изоляции наружной стены имеется повышенная опасность выпадения конденсата и появления плесени, например, на откосах наружной стены со стороны помещений. Во-первых, благодаря установке новых окон пропадают неконтролируемые вентиляционные потери, во-вторых, неизолированная наружная стена после замены окон часто становится более «плохим» и холодным строительным элементом, на котором скорее оседает влага. Поэтому рекомендуется параллельно с заменой окон изолировать наружную стену. Как минимум:

- Следует обеспечить хорошее проветривание помещений. Для этого можно предусмотреть дополнительные мероприятия по вентиляции (вентиляционные клапаны наружного воздуха, вентиляционная установка или автоматические клапаны приточной вентиляции, которые врезаются прямо в оконную конструкцию при ее изготовлении на заводе и могут регулироваться в зависимости от влажности в помещении) и т. д.
- При выборе окон следует обратить внимание на то, чтобы коэффициент теплопередачи окна не был ниже коэффициента теплопередачи наружной стены. Иначе возрастет опасность образования конденсата на поверхностях наружных стен.

Для контроля качества установки окон и монтажа теплоизоляции используется тест на герметичность или термография, которые выявляют температурные мосты. Контроль должен производить исполнитель и верификатор.

Гарантийный срок эксплуатации оконных и дверных конструкций составляет **5 лет**¹³.

В Украине очень подробно описано требование к монтажу оконных конструкций, а именно в ДСТУ Б.В.2.6-79:2009 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия». Кроме этого, есть широкий перечень нормативных документов, касающихся всех этапов производства, проектирования, монтажа и обслуживания таких конструкций:

- ДСТУ Б В.2.6–23:2009 «Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови»
- ДБН В.1.2–2:2006 «Навантаження й впливи»
- ДСТУ Б В.2.6–17 – 20:2000 «Блоки віконні та дверні. Методи випробувань»
- ДСТУ-Н Б В.2.6–146:2010 «Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей»
- ДСТУ-Н Б В.2.6–83:2009 «Настанова з проектування світлопрозорих елементів огорожувальних конструкцій»
- ДСТУ Б В.2.6–164:2011 «Комплекти скління балконів і лоджій полівінілхлоридні»
- ДСТУ Б В.2.7–158:2008 «Матеріали герметизуючі полімерні»
- ДСТУ Б В.2.6–89:2009 «Блоки віконні та дверні балконні»

¹³ ДСТУ Б В.2.6–23:2009 «Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови»

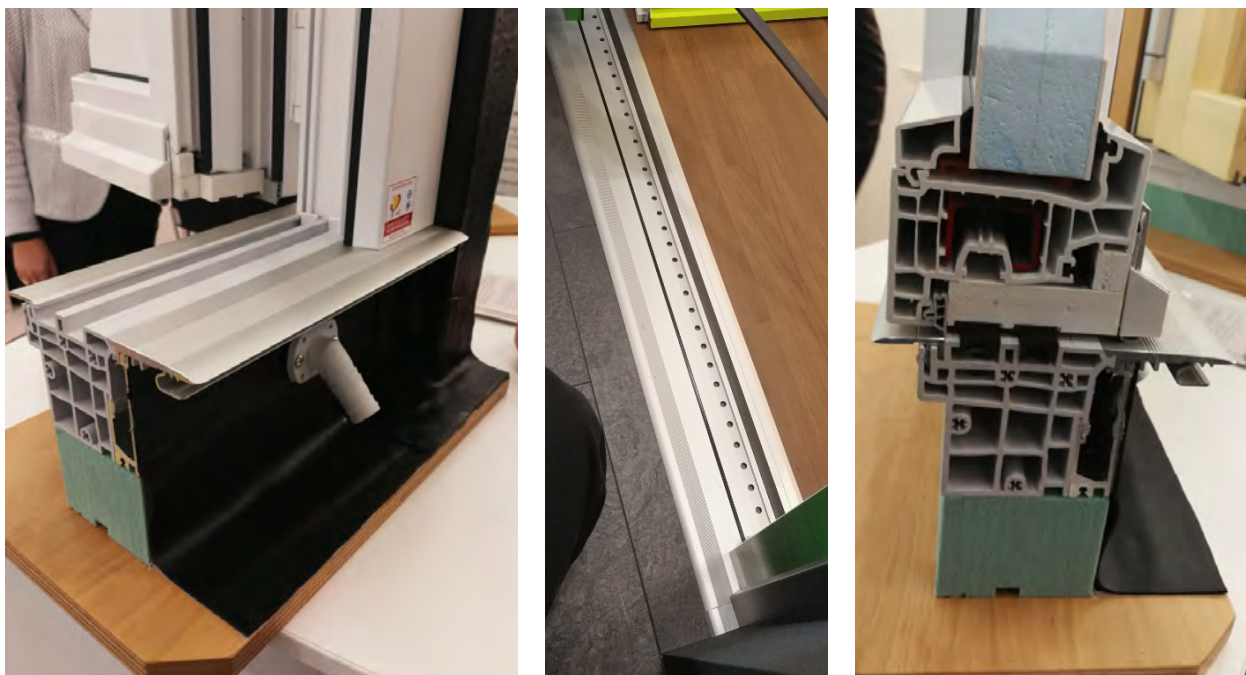


Рисунок 14: Входная дверь с 3 уровнями уплотнения, нижним порогом и внешним уплотнительным соединением

3.4 Наружные двери

Наружные двери также приводят к потере тепла и способствуют появлению сквозняков и некомфортного климата в помещениях. Толщина и материал, из которого сделаны коробка, филёнка и дверное полотно, влияют на уровень комфорта и герметичность примыканий. Альтернативой полной замены двери при определённых обстоятельствах может быть последующее уплотнение основания, заделка швов с помощью уплотнительной ленты и герметизация примыканий с соседними строительными элементами.

Однако лучше всего заменить наружные двери. Коэффициент теплопроводности стекла и закрытых дверных панелей новых дверей должен быть таким же, как и у новых окон. Входные двери в дом и двери, ведущие с лестничного пролета на крышу, должны быть герметичными в зависимости от того, того, отапливаемы ли лестничная клетка и коридоры. В любом случае необходимо обратить внимание на воздухопроницаемость новых дверей при их установке.

Хорошие наружные двери должны иметь непрерывные уплотнения по контуру как минимум с четырех сторон. Этот аспект следует особенно учитывать при проведении тендеров, так как многие производители еще не предлагают решение этой проблемы.

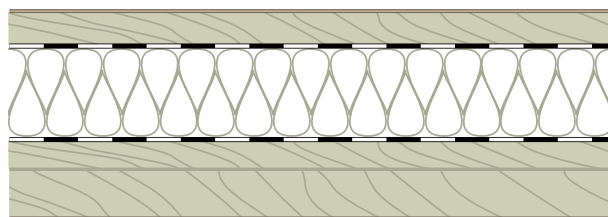


Рисунок 13: Деревянная дверь с сэндвич-панелью и изолированным сердечником

3.5 Лоджии

В плане квартиры лоджии обозначаются как открытый во внешнее пространство балкон.

Неотапливаемые лоджии, которые снаружи закрыты одинарными окнами, прогреваются за счет внешнего солнечного освещения и снижают таким образом теплопотери всего дома. Они образуют буферную зону между внешней средой и внутренними помещениями.

Отапливаемые лоджии излучают значительные объемы энергии в окружающую среду. Однако при помощи остекления с высоким уровнем энергоэффективности тепловые потери можно сократить. Имеет смысл включать лоджии в тепловой контур здания во время энергетической санации. Конечно, это следует делать только по согласованию с пользователями и по возможности включать все лоджии, которые находятся друг над другом, для того, чтобы избежать хаотично расположенные закрытые лоджии и открытые балконы друг над другом

3.6 Крыша

Тепло поднимается вверх. Поэтому хорошая гидро- и теплоизоляция крыш или чердачного перекрытия помогут сэкономить большие объемы тепловой энергии.

В случае плоских крыш теплоизоляционный слой, как правило, соединяется с кровельным покрытием. Если между перекрытием верхнего этажа и крышей имеются пустоты, к которым есть доступ, там можно проложить дополнительный слой теплоизоляции.

В Украине есть два показателя¹⁴:

- U совмещенного перекрытия – $0,167 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ и
- U перекрытия чердаков, мансард, отапливаемых чердаков – $0,202 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

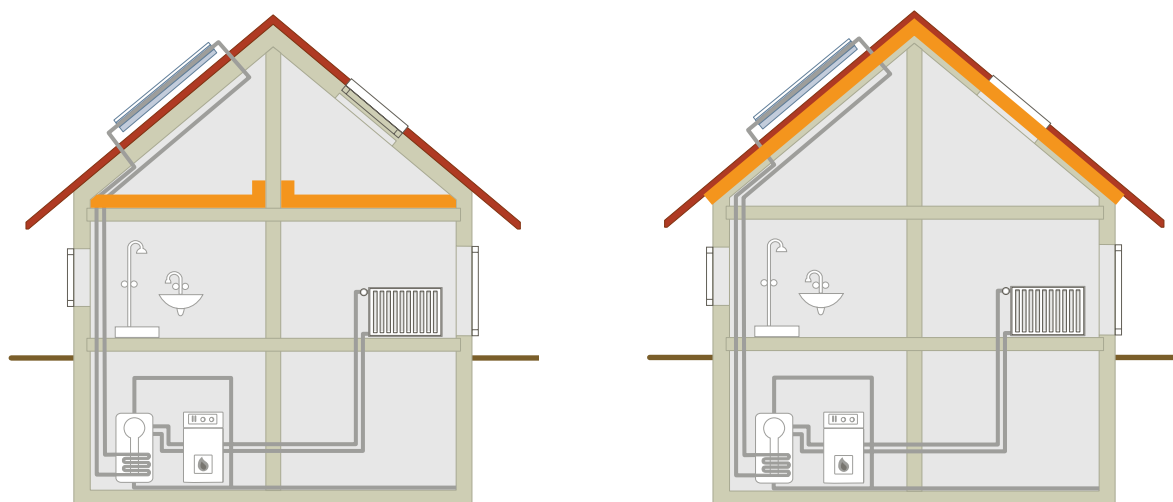


Рисунок 15: Теплоизоляция крыши на верхнем этаже/наклонная крыша

¹⁴ ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель»

3.6.1 Плоская крыша

Перед реализацией запланированных мероприятий на плоской крыше следует проверить ее состояние (например, герметичность) и несущую способность. Наиболее распространены два типа конструкции плоских крыш:

Тёплая крыша (невентилируемая плоская крыша)

Герметизация происходит непосредственно на плите перекрытия верхнего этажа. В случае ее санации существующую изоляцию следует удалить, после чего проверить перекрытие на паронепроницаемость и положить новую, более плотную изоляцию.

В случае, если существующая изоляция не повреждена, ее необходимо усилить и герметизировать. При неповреждённом герметичном слое изоляционные плиты, прочные и устойчивые к влаге (например, XPS-панели), могут накладываться на контур уплотнения. При такой конструкции обратной крыши герметический слой защищён от механического повреждения. На практике старый изоляционный слой испорчен и должен быть заменен.

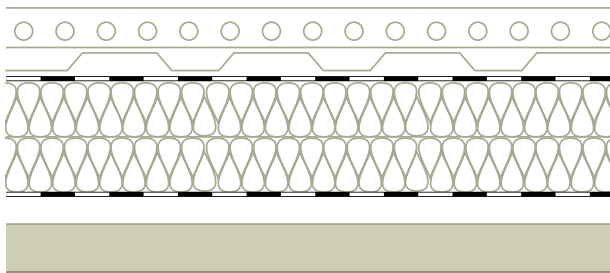


Рисунок 16: Старая тёплая крыша превращается в обратную крышу

Холодная крыша (вентилируемая плоская крыша)

Циркуляция воздуха происходит между погодозащитным слоем и уровнем изоляции. В крупнопанельных железобетонных зданиях чаще всего встречается вентилируемый чердачный полуэтаж (технический этаж). Это воздушное пространство может продуваться в полную высоту вместе с изоляционным материалом в случае, если заранее было установлено, что воздушная прослойка имеет достаточные размеры, а конструкция в строительно-физическом отношении может быть и тёплой крышей. При достаточной высоте можно также выполнить изоляцию потолка верхнего этажа. Затем остается вентилируемая холодная крыша, а уплотнение на существующей плоской бетонной крыше необходимо проверить и при необходимости заменить.

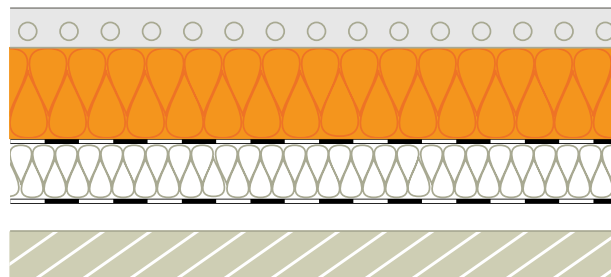


Рисунок 17: Старая холодная крыша превращается в тёплую крышу с помощью теплоизоляции

Парапет: Особое внимание надо обратить на парапет. Возможно, в связи с увеличением высоты крыши придётся увеличивать высоту парапета. В целях недопущения тепловых мостов рекомендуется парапет изолировать.

3.6.2 Скатная крыша/Верхнее междуэтажное перекрытие

Если крыша скатная, можно провести теплоизоляцию либо чердачного перекрытия, либо скатов кровли. Основное значение имеет дальнейшее использование чердака:

- Если в обозримом будущем не планируется его использование в качестве жилого помещения, то теплоизоляция чердачного перекрытия будет более выгодным вариантом.
- При теплоизоляции скатов крыши, напротив, можно не только сэкономить энергию, но и обустроить новое жилое помещение. Как правило, в этом случае монтируются новые окна и слуховые окна.

При этом необходимо обратить внимание на то, чтобы термоизоляция была без пробелов, а стыки герметичными. Следует избегать температурных мостов.

Теплоизоляция чердачного перекрытия

При массивной перегородке изоляция может накладываться непосредственно на имеющийся бетон или на стяжку. В качестве изоляции можно использовать либо прочные на давление и рассчитанные на нагрузку людей плиты, укладывая их в два слоя со стыками в разбorkу, либо усиливается система балок, между которыми укладываются мягкие изолирующие маты.

Если же потолок неровный или в нём имеется большое количество сквозных проникновений дымоходами, перегородками и т. д., то целесообразно использовать засыпку.

Важно: необходимо проверить герметичность верхнего междуэтажного перекрытия. В основном это касается бетонных перекрытий. После утечек, выявленных в ходе строительного осмотра, особенно в потолках с деревянными балками, под новым слоем изоляции должна быть установлена пароизоляция, которая должна быть плотно приклеена ко всем точкам соединения с крышей, опорами и т. д.

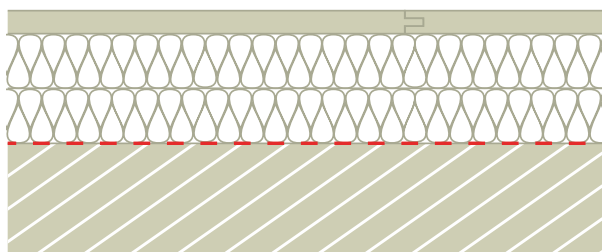


Рисунок 18: Массивный потолок с последующей изоляцией



Теплоизоляции скатов крыши

На скатах крыши теплоизоляция монтируется, как правило, между стропилами. Рекомендуется комбинация подстропильной и надстропильной теплоизоляции, потому что в этом случае появляется возможность разместить на внутренней стороне технические элементы (трубы, кабели, розетки, крепежи гвоздями или шурупами), не нарушая герметичный слой. Внутренняя герметичность перекрытия является особенно важной, потому что она предотвращает проникновение влажного воздуха в теплоизоляционные слои. Паропроницаемая подкровельная мембрана защищает от внешнего воздействия ветра и дождя.

При первой реконструкции чердачного помещения наиболее простым вариантом является, как правило, полная изоляция стропил и подстропильная

теплоизоляция. В этом случае нужно учесть, что деревянные конструкции крыши должны быть открытыми, хорошо проветриваемыми, доступными для осмотров, профилактического ремонта и восстановления защитной обработки¹⁵.

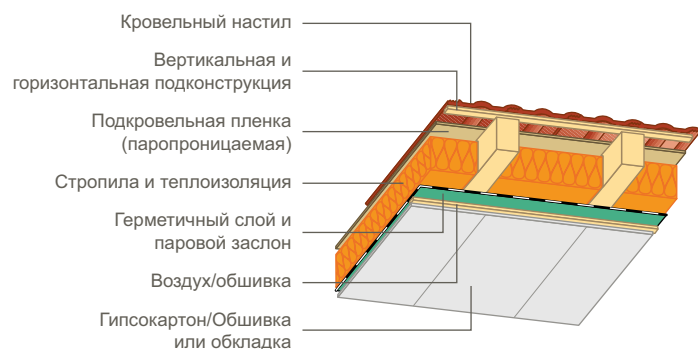
Если чердачное помещение уже использовалось как жилая комната, то можно отдать предпочтение надстропильной теплоизоляции, чтобы сократить неудобства для жильцов.

Особо проблемными при теплоизоляции являются потолочные и кровельные балки, которые в основном пробивают воздухонепроницаемый слой. На это нужно обратить особое внимание при проектировании и строительстве.

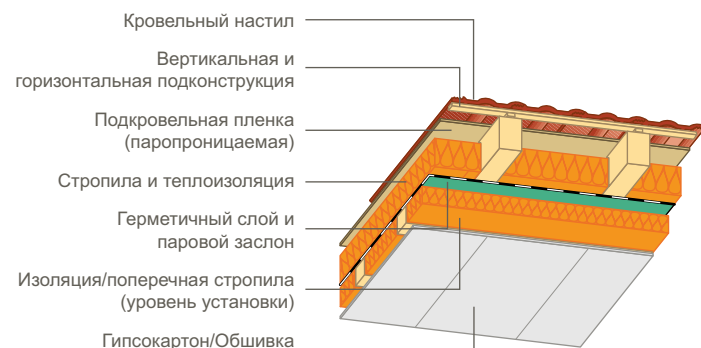


¹⁵ ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель і споруд»

Полная теплоизоляция стропил



Подстропильная изоляция вместе с полной теплоизоляцией стропил



Герметичность выполненных работ можно проверить при помощи специального теста на герметичность (Blower-Door-Test).

Типичные изоляционные материалы

- Маты из минеральной ваты
- Маты из древесного волокна
- Изоляционные засыпки (целлюлозный утеплитель, перлиты)
- Герметичные плиты из жёсткого пенопласта

Надстропильная теплоизоляция

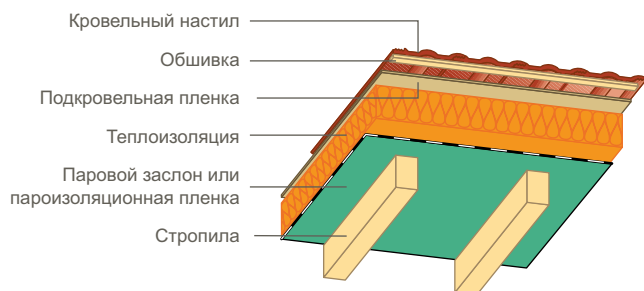


Рисунок 19: Варианты теплоизоляции скатных крыш

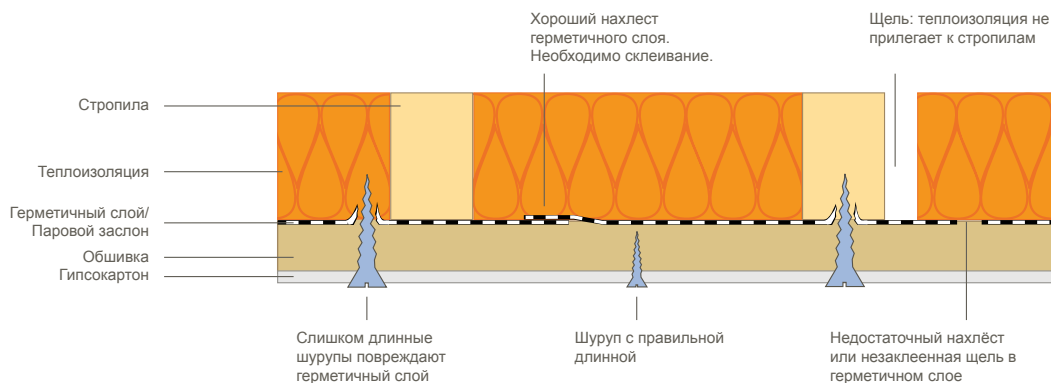


Рисунок 20: Причины ошибок при переоборудовании кровли: воздухонепроницаемый слой

3.7 Подвал

Место монтажа теплоизоляции в подвале зависит от вида его использования. Если подвал отапливается, то тогда изолируются стены и пол подвала. Если же подвал не отапливается, то рекомендуется провести теплоизоляцию подвального перекрытия, чтобы избежать холодных полов на первом этаже. Согласно украинским стандартам, утепляются стены неотапливаемых подвалов:

- Цокольную часть стены неотапливаемого подвала необходимо утеплить слоем утеплителя на расстоянии не менее 0,5 м от нижней части плиты перекрытия. Т. е. утеплитель должен частично закрывать неотапливаемый подвал¹⁶
- Внешние углубленные стеновые конструкции, контактирующие с грунтом, в зданиях без подвала необходимо утеплять теплоизоляционными материалами на глубину 0,5 м ниже уровня грунта, в зданиях с подвалом – на глубину 1,0 м ниже уровня грунта¹⁷.

Требования к коэффициенту теплопередачи перекрытия подвала в Украине¹⁸:

$$U_{\text{перекрытия подвала}} = 0,267 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

Следует обратить внимание, что в Украине есть требование по высоте помещения в подвале – минимум 2,5 м¹⁹. При утеплении пола подвала и перекрытия первого этажа надо следить за высотой помещения.

Изоляционные материалы должны соответствовать предусмотренным стандартам, нормам и противопожарным требованиям, а также отвечать необходимым параметрам полезной нагрузки и прочности на сжатие.

3.7.1 Теплоизоляция потолка подвального помещения

Для предотвращения энергопотерь и повышения комфорта в квартирах на первом этаже, граничащих с холодным подвалом и имеющих холодный пол, рекомендуется проведение изоляции потолка подвального помещения.

Возможная толщина используемого изоляционного материала зависит от высоты подвального помещения, высоты оконной и дверной перемычки, а также от прокладки трубопроводов в подвале. На ровном перекрытии над подвалом изоляционные плиты можно наклеить или зафиксировать дюбелями.

В участках, где проходят трубопроводы, плиты не крепятся. В качестве альтернативы можно использовать изоляцию, наносимую через распылитель (например, распыление таких утеплителей, как минеральное волокно/ целлюлоза), преимуществом которой является возможность использования при наличии хаотично проложенных многочисленных кабелей и труб. Но перед этим необходимо проверить на герметичность все трубы, так как при использовании этого метода они окажутся полностью под изоляцией.

Изоляция боковых поверхностей: **подвальные стены представляют собой тепловые мосты**. Поэтому имеет смысл демонтировать старые, поврежденные, легкие перегородки, которые имеются в подвале. Несущие кирпичные стены и опоры должны иметь боковую изоляцию с обеих сторон, которая поднимается на высоту до 80 см ниже перекрытия подвала. Неровные или сводчатые потолки можно отделать обшивкой и с помощью распылителя задуть в полости изоляцию. Пароизоляция обычно не требуется для утепления подвального потолка.

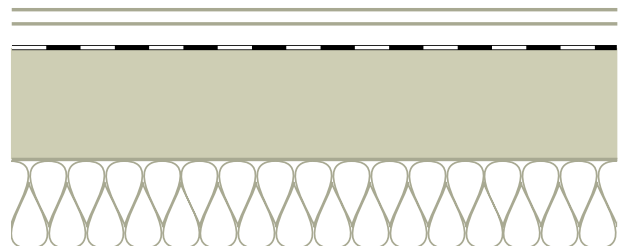


Рисунок 21: Изоляция перекрытия над подвалом снизу

¹⁶ ДСТУ Б В.2.6-36:2008 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови»

¹⁷ ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»

¹⁸ ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»

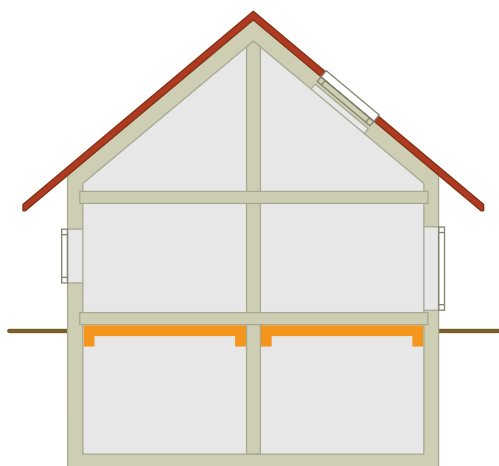


Рисунок 22: Теплоизоляция потолка подвального помещения

Изоляция потолка подвала со стороны первого этажа возможна только в рамках полноценной санации пустых квартир, расположенных на первом этаже, так как она предполагает изменение многих примыканий (подрезка дверей или расширение дверных проёмов, поднятие отопительных приборов, подгонка лестницы и т. д.). Здесь необходимо решить, стоит ли прокладывать слой пароизоляции на изоляции.

Типичные изоляционные материалы

- Плиты из жёсткого пенопласта
- Изоляция из минеральной ваты согласно требованиям пожарной безопасности
- Распыляемый целлюлозный утеплитель

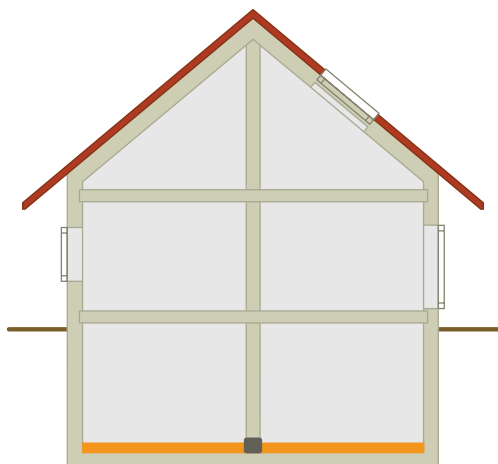


Рисунок 23: Изоляция пола подвала



3.7.2 Теплоизоляция пола подвального помещения

Если подвал часто используется в качестве жилого помещения, целесообразно утеплить пол для предотвращения потерь тепла вниз. Такие мероприятия рекомендуется сочетать с внешней теплоизоляцией подвала, чтобы избежать появления тепловых мостов. На тепловой мост, возникающий в результате расположения внутренних стен на опорной плите/ фундаменте можно, как правило, не обращать внимания.



Вначале необходимо удалить имеющееся напольное покрытие и засыпку, не способную выдержать нагрузку. После этого на плиту перекрытия накладывается новая влагонепроницаемая гидроизоляция или реставрируется старая. На нее укладываются стойкие к давлению изоляционные плиты. Возможна засыпка сыпучей изоляции между брусками. Для некоторых типов сыпучей изоляции (например, перлита) стяжка может наноситься непосредственно без использования деревянных брусков. На изоляционный уровень укладывается и плотно соединяется со стенами пароизолирующая плёнка, которая может служить основой для нанесения плавающей или сухой стяжки. Существующая лестница и высота дверей должны быть впоследствии адаптированы под более высокий уровень пола.

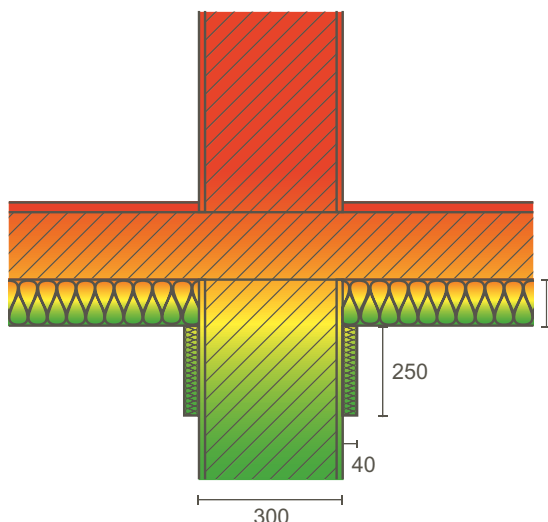
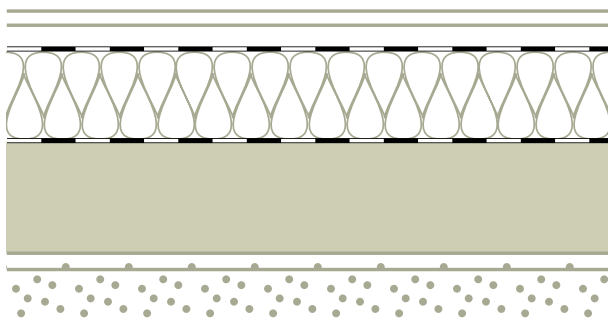


Рисунок 24: Изоляция пола сверху

При проведении энергоаудита и при проектировании следует обратить внимание на дополнительные затраты, связанные с подрезкой дверей, поднятием отопительных приборов, подгонкой лестницы, обработкой сложных строительно-физических примыканий (уменьшение риска повышения влажности).

Типичные изоляционные материалы

- Плиты из жёсткого пенопласта.
- Плиты из минерального волокна.
- Сыпучая изоляция (перлит, целлюлоза, волокно минеральное).
- Лучше всего использовать изоляционные материалы, максимально устойчивые к влаге.

3.7.3 Изоляция наружной стены подвала

Для теплоизоляции наружных стен подвала, которые граничат с почвой, необходимо применять особые теплоизоляционные материалы, которые не гниют, удерживают влагу почвы и могут сопротивляться давлению земли. В основном это – панели из экструдированного полистирола (XPS), которые могут быть наклеены непосредственно на гидроизоляционный слой стены подвала. Обеспечить это может так называемая изоляция по периметру.

Перед проведением наружной изоляции следует проверить стены подвала на влажность. При наличии влаги вначале необходимо установить причину ее появления в целях недопущения ущерба в будущем. Часто встречается сочетание капиллярного подъема влаги сквозь стены одновременно с появлением влаги, проходящей горизонтально из почвы в стены подвала. Оба недостатка могут возникнуть по причине старых дефектных уплотнений.

В случае оголения стен подвала для устранения просачивания в связи с отсутствием герметизации снаружи рекомендуется нанесение наружной изоляции по периметру. После освобождения стен от земли и просушки на них наносится водонепроницаемый слой в виде наклеивания битумных лент или нанесения битумного толстослойного покрытия.

¹⁹ ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення»

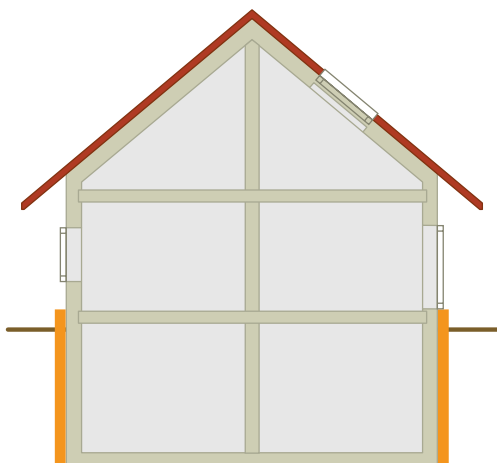


Рисунок 25: Изоляция наружной стены подвала

На него клеятся влагоустойчивые, прочные на сжатие изоляционные плиты (в основном XPS). В целях недопущения промокания изоляции с обратной стороны рекомендуется наклеивание плит по всей площади.

Устройство дренажного слоя перед изоляцией и прокладка дренажного трубопровода в области фундамента обеспечат более надёжное водоотведение. Перед засыпкой земли в целях недопущения повреждения изоляционного материала можно положить защитные материалы.

Отсутствие разрывов в теплоизоляции по периметру является очень важным фактором для теплоизоляции верхней наружной стенки, потому что тут нельзя допустить возникновения температурных мостов и проникновения воды.

Типичные изоляционные материалы

- Плиты из жёсткого пенопласта (XPS).
- Пеностекло.

Типичные прокладочные материалы

- Битумное толстослойное покрытие или битумная лента (в несколько слоёв).
- Изоляционные материалы должны быть гидрофобными, стойкими к воздействию давления и к гниению. Уплотняющие, изоляционные и клеящие материалы должны быть совместимыми между собой.

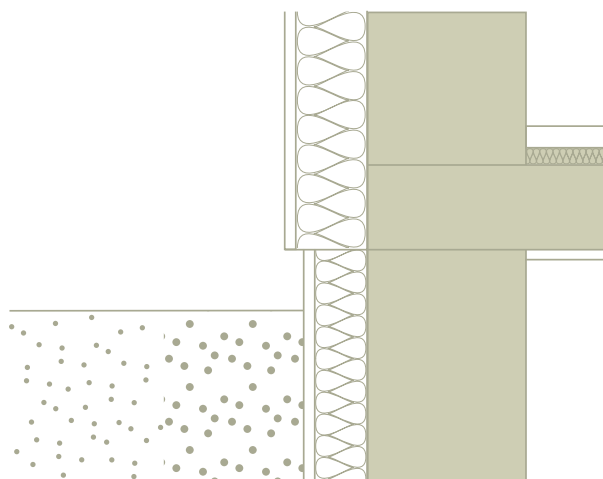


Рисунок 26: Последующая изоляция соприкасающихся с землёй строительных элементов (изоляция по периметру)

Важно! Срок эффективной эксплуатации теплоизоляционных изделий, которые используются для теплоизоляции заглубленных конструкций здания, цокольных конструкций, а также конструкций фасадной теплоизоляции, должен составлять **не менее чем 50 лет**.

3.8 Особые строительные элементы

3.8.1 Выступающие бетонные перекрытия

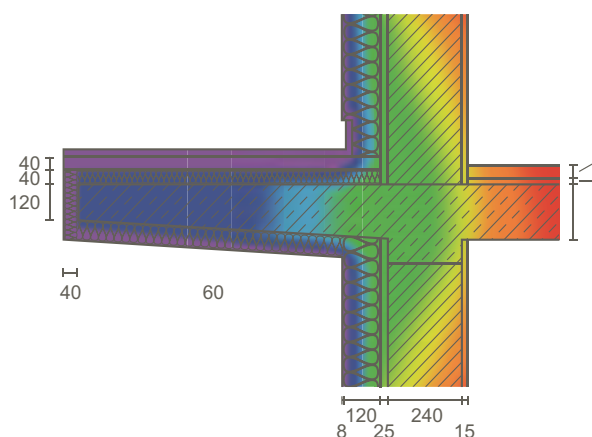
Выступающие массивные перекрытия, например, балконы или козырьки, представляют собой большие тепловые мосты. Поэтому в ходе санации фасада их необходимо модернизировать. Для уменьшения или полного устранения воздействия тепловых мостов в целом есть три варианта:

- **Демонтаж бетонной плиты.** Вопрос о последующем демонтаже балконной плиты должен быть решён заранее с учётом статических показателей. После демонтажа старых выступающих частей и последующей изоляции наружных стен перед фасадом можно установить самонесущие системы из деревянных или металлических конструкций. После проверки статики новая балконная плита либо устанавливается перед зданием, либо укрепляется на здании с помощью кронштейнов и подвесок. Наружную стену в области балконной плиты по возможности необходимо изолировать устойчивой к давлению изоляцией.
- **Изоляция балконной плиты/выступа.** Выступающие плиты можно изолировать со всех сторон по периметру. При этом у балконных плит сложно изолировать верхнюю сторону, так как



Рисунок 27: Снос балконной плиты

у дверей на балкон, как правило, не было бы требуемой разницы в высоте между внутренней и наружной сторонами. При одновременном проведении данного мероприятия и заменой окон порог двери можно сделать более высоким и нанести достаточный слой изоляции на бетонную плиту сверху.

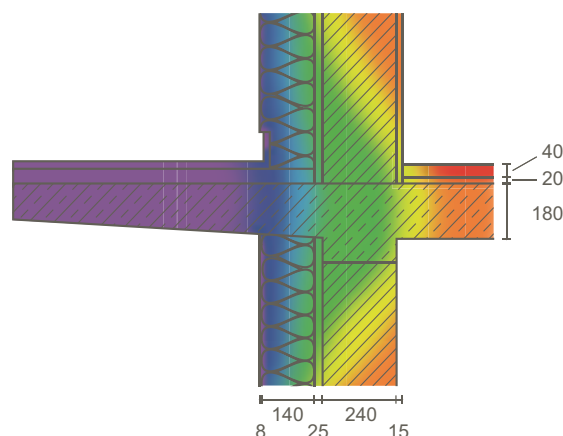


Температурное поле по периметру теплоизолированной балконной плиты в системе фасадной теплоизоляции (12 см) с облицовкой штукатуркой:

$$F_{Rsi} = 0,816$$

$$\Psi = 0,46 \text{ Вт/(мК)}$$

$$U = 0,234 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$



Температурное поле неизолированной ж/б балконной плиты в системе фасадной теплоизоляции (14 см) с облицовкой штукатуркой:

$$F_{Rsi} = 0,750$$

$$\Psi = 0,72 \text{ Вт/(мК)}$$

$$U = 0,206 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Рисунок 28: Температурное поле балконной плиты

- **Изоляция с помощью замедляющих полосок.** Для уменьшения тепловых мостов можно изолировать выступающую плиту с нижней и верхней сторон (при условии, если на пол положено новое покрытие) примерно на 50 см с помощью изоляционных панелей (так называемых замедляющих изоляционных полосок).

3.8.2 Коробы для рольставен

Коробы для рольставен часто представляют собой слабое место, так как в большинстве случаев они неизолированы или изолированы недостаточно, так же как и встроенные коробки для рольставен, а отверстия для протяжки ленты нарушают герметичность. В принципе при санации фасада следует ответить на вопрос, должны ли оставаться встроенные в стену коробки для рольставен, или же от них можно отказаться. На внешней стороне фасада можно установить новые жалюзи, встроенные в утепление фасада, коробки для роллет или раздвижные жалюзи.

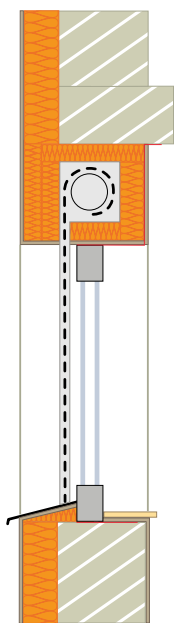


Рисунок 29: Изолированный короб для рольставен

- **Демонтаж рольставен.** Если в любом случае происходит замена окон, рекомендуется демонтировать коробки и поставить соответствующую перемычку или повысить дневное освещение в помещениях за счёт увеличения оконного проёма. В случае, если коробки не демонтируются, после удаления рольставен их можно изолировать снаружи, заполнить утеплителем и герметизировать изнутри.
- **Сохранение рольставен.** В случае сохранения рольставен коробки можно при необходимости дополнительно изолировать изнутри изоляционными плитами. С помощью клейкой ленты, специальных резиновых пробок или валиков герметизируются щели и отверстия для ленты. Наилучшее решение – установка электрического привода, для которого не требуется сквозное отверстие в стене. В любом случае коробки остаются тепловым мостом, потому что холодный наружный воздух проникает глубоко в стену.
- **Установка короба для рольставен снаружи.** При нежелании отказываться от рольставен и поиске оптимального строительно-физического решения можно повесить коробки для рольставен, жалюзи или раздвижные ставни на наружной стене.

04

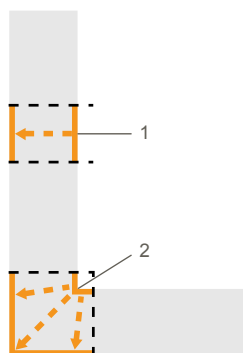
Тепловые мосты

Тепловые мосты являются слабым местом в тепловом контуре зданий, на которых по сравнению с неповреждёнными площадями строительных элементов происходят повышенные трансмиссионные потери тепла. На изолированных зданиях тепловые мосты имеют большее значение, так как процентная составляющая теплопотерь увеличивается по сравнению с другими строительными элементами. Поэтому при последующей изоляции здания особенно важно обеспечить сплошной изоляционный уровень. На местах, где это оказывается невозможным, путь для оттока тепла должен быть как можно более длинным (например, с помощью изоляционной ленты по бокам).

На эффективно теплоизолированных зданиях плохо уплотнённые части тепловых мостиков могут увеличить трансмиссионные потери тепла до 40 %.

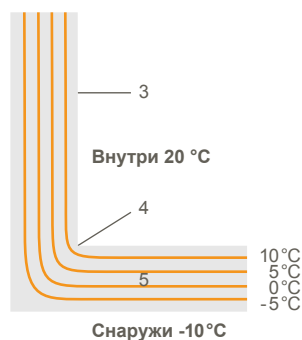
Тепловыми мостиками называются участки теплового контура здания, на которых в связи с:

- изменениями на уровне строительных элементов (например, на корпусных стенах);
- геометрическими особенностями строительных элементов (например, в углах зданий);
- конструктивной необходимостью (например, консольными железобетонными потолками);
- швами и неплотностями (вызванными ненадлежащим исполнением);



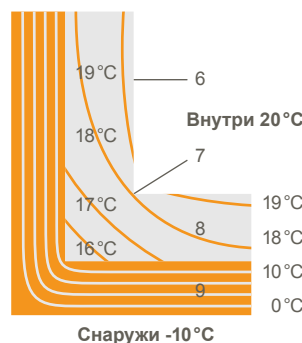
На иллюстрации показан принцип геометрического теплового мостика в углу здания. Стрелки демонстрируют направления потоков тепла.

- 1 Неповреждённый строительный элемент. Каждой внутренней поверхности противостоит внешняя поверхность тех же размеров.
- 2 В углу или на грани небольшая внутренняя поверхность отдаёт поток тепла гораздо большей поверхности.



Изотермы показывают зоны строительного элемента с одинаковой температурой. На данном примере во внутреннем углу образуется самое холодное место – опасность образования плесневого грибка!

- 3 Температура неповреждённой стены: 14,4 °C
- 4 Температура в углу: 9,97 °C
- 5 Многоспустотный кирпич, 24 мм



При очень хорошей теплозащите температура во внутреннем углу гораздо выше.

- 6 Температура неповреждённой стены: 19,2 °C
- 7 Температура в углу: 18,2 °C
- 8 Известково-песчаный кирпич, 24 мм
- 9 Изоляционный материал, 24 мм

Рисунок 30: Угол здания

во время отопительного периода происходит повышенная утечка тепла по сравнению с неповреждёнными строительными элементами. В связи с этим температура поверхности с внутренней стороны меньше, чем на неповреждённых строительных элементах.

Для идентификации и избегания тепловых мостиков требуются специальные профессиональные знания. Тепловизионные снимки и визуальный осмотр зон риска могут помочь в выявлении тепловых мостиков.

4.1 Распространённые виды тепловых мостиков

Тепловые мостики, обусловленные свойствами материала. Образуются в связи с изменением теплопроводности внутри одного или нескольких слоёв строительного элемента. Обычными носителями этих тепловых мостиков являются железобетонные стойки, оконные перемычки или кольцевые анкеры в кладке, заполненные раствором швы, опоры железобетонных перекрытий, деревянные висячие стропила на уровне изоляции конструкции крыши, разрывы в изоляционном слое внутренних стен.

Тепловые мостики, обусловленные геометрией. Образуются там, где принимающая тепло внутренняя поверхность и отдающая тепло внешняя поверхность имеют различные размеры, например, на гранях или углах здания. Геометрических тепловых мостиков нельзя полностью избежать. Однако хорошая теплоизоляция наружной стены может значительно уменьшить их воздействие и ослабить поток тепла.

Конструкционные тепловые мостики. Практически не отличаются от тепловых мостиков, обусловленных свойствами материала. Причина образования прежде всего – ограничения при проектировании или строительная необходимость. Это, например, рольставни, водосточная труба внутри многослойной теплоизоляционной системы, замена строительного элемента (примыкание окна) и т. д.

Особые формы. Наряду с причинами образования тепловые мостики также различаются по своей форме. Так, тепловые мостики на тепловом контуре зданий могут возникать в качестве линейных, точечных и трёхмерных слабых мест.

- **Точечные тепловые мостики.** Точечные тепловые мостики – это дефекты в тепловом контуре здания, сконцентрированные в одной точке. Это могут быть, например, пробивающие изоляционный

слой опоры, дюбели для крепления многослойных термоизоляционных систем, анкеры в кладке для вентилируемых навесных систем, отдельные кронштейны балконов и козырьков.

- **Трёхмерные тепловые мостики.** В углах помещений три линейных тепловых мостика встречаются между собой, образуя соответственно трёхмерное температурное поле. В этих углах устанавливаются ещё более низкие внутренние температуры поверхности, чем на участках двухмерных граней. Поэтому здесь – самый большой риск образования конденсата и появления плесени.
- **Конвективные тепловые мостики.** Конвективные тепловые мостики появляются в связи с наличием неплотностей (швов между строительными элементами, сквозных отверстий для бытовой электропроводки и т. д.) на строительных элементах между помещениями и атмосферой. Через них тепловая энергия вследствие конвективного переноса воздуха, газов или жидкостей транспортируется из тепла в холод. В строительной практике эти тепловые мостики минимизируются за счёт оптимизации воздухонепроницаемого теплового контура зданий. В случае, если несмотря на это, всё же происходит образование конвективного теплового мостика, виной этому, как правило, выступает неправильное выполнение строительных работ. Частой причиной появления конвективных тепловых мостиков является некачественное и негерметичное исполнение примыкания между наружной стеной и окном.
- **Тепловые мостики, обусловленные ненадлежащим производством работ.** Наряду с разрывами на воздухонепроницаемом уровне, обусловленными ненадлежащим выполнением строительных работ, в связи с ошибками при выполнении ручных работ также часто появляются тепловые мостики.

4.2 Воздействие тепловых мостиков

Повышенное энергопотребление

В зоне тепловых мостиков наблюдается усиленный отток тепла, что приводит к повышенному расходу тепловой энергии. На качественно изолированных зданиях в связи с наличием тепловых мостиков зимой дополнительные потери тепла могут составлять до 30 % потребностей в энергии.

Понижение температурного комфорта

Зимой тепловые мостики в связи с повышенным оттоком тепла на внутренней стороне строительных элементов обуславливают очень низкую температуру поверхности. Холодные поверхности в связи с низкой теплотой лучеиспускания воспринимаются некомфортно. Жильцы расценивают такую ситуацию как недостаток в работе системы отопления. Для борьбы с холодом и нагрева воздуха в помещениях они увеличивают температуру отопления или добавляют дополнительные источники обогрева помещений. Это обуславливает дополнительный расход тепловой энергии. Для обеспечения температурного комфорта температура поверхности наружных строительных элементов должна быть не ниже, чем на 4 °C по сравнению с температурой воздуха в помещениях и ни в коем случае не опускаться ниже 10 °C²⁰.

Неудовлетворительная гигиена жилья

В области теплового мостика в связи с низкими температурами внутренней поверхности может образовываться конденсат. Он образуется в случае, когда тёплый и влажный воздух попадает на холодную поверхность и охлаждается на ней ниже так называемой точки росы.

На влажных поверхностях строительных элементов собирается пыль, которая в сочетании с обоями клеит и краской образует идеальную питательную среду для отчасти опасных для здоровья плесенных грибов. Особенно велика опасность появления плесени на кухнях и в ванных, так как уровень влажности воздуха в них в связи с видом их использования гораздо выше, чем в других

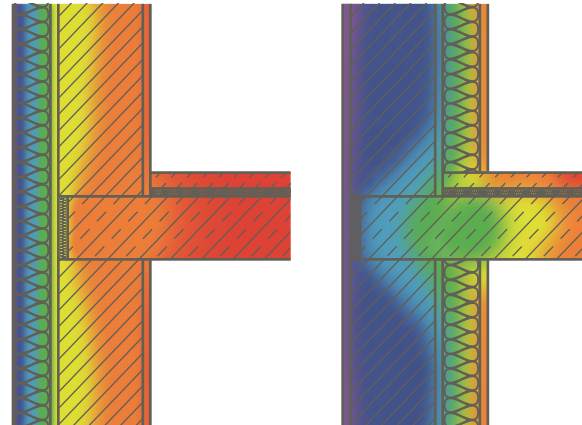


Рисунок 31: Температурное поле и температуры внутренней поверхности фасада, дополнительно изолированного снаружи и изнутри. Слой изоляции толщиной 10 см обеспечивает коэффициент теплопередачи, равный 0,28 Вт/(м²·К). В области изолированного междуэтажного перекрытия теплопотери повышаются при варианте внутренней изоляции с 0,01 Вт/(м·К) до 0,53 Вт/(м·К). При учёте таких теплопотерь в связи с наличием теплового мостика в стандартном одноквартирном доме коэффициент теплопередачи можно было бы повысить почти на 40 % – до 0,39 Вт/(м·К).

помещениях. С точки зрения гигиены идеальной является относительная влажность воздуха между 40 и 60 %, за эти пределы не следует выходить вовсе, или же в случае необходимости допускается их незначительное нарушение.

Влияние строительных материалов

Наряду с появлением плесени конденсат в области тепловых мостиков может обусловить длительное проникновение влаги на строительный элемент и образование ущерба. Следствием этого зачастую оказываются хрупкая кладка или гнилая древесина, а это при определённых условиях может повлиять и на несущую способность или устойчивость конструкции. Кроме этого, на влажных строительных конструкциях увеличивается теплопроводность, что усиливает воздействие тепловых мостиков и обуславливает дальнейшее охлаждение внутренней поверхности.

²⁰ ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель»

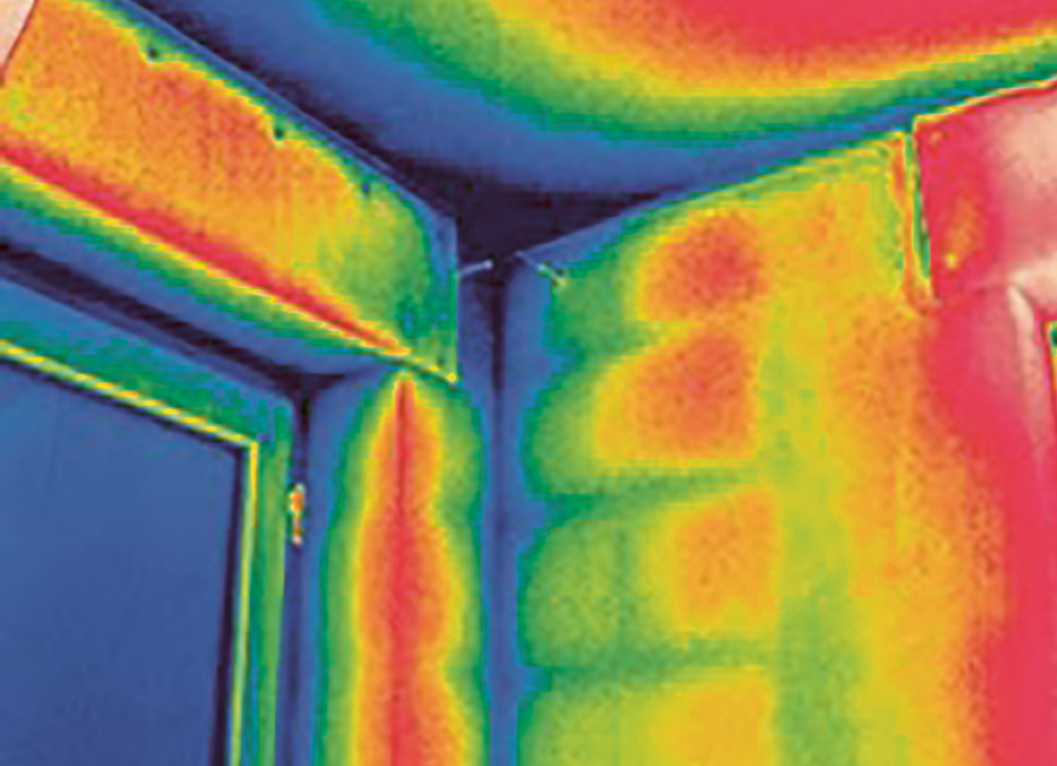


Рисунок 32: Внутренняя термография угла помещения, в котором три грани образуют геометрический тепловой мостик. Здесь – самая низкая (12,1 °C) температура поверхности.

С помощью конструктивных мероприятий можно минимизировать воздействие тепловых мостиков с тем, чтобы исключить вероятность появления дефектов в конструкциях и уменьшить негативное влияние на здоровье.

Осмысленный подход при санации зданий предусматривает максимальное уменьшение тепловых мостиков в тепловом контуре зданий в целях недопущения ненужных энергопотерь и порчи сыростью. В этом отношении проектировщики должны соблюдать определённые принципы конструирования.

4.3 Основные подходы к уменьшению тепловых мостиков

Следует постоянно следить за тем, чтобы тепловой контур здания ни на одном участке не был ослаблен или разорван. Эту рекомендацию не всегда можно выполнить при санации зданий. Поэтому необходимо в самом начале проектирования чётко определять конфигурацию теплового контура здания. При этом также важно уделить внимание боковым помещениям на чердаке, стенам и лестничному пролёту, ведущему в подвал. В целях идеального представления о возможных слабых точках можно изобразить тепловой контур здания в разрезе и на чертеже или выделить его на строительных планах. В этом отношении следует обратить внимание на следующие вопросы:

- Можно ли тепловой контур здания оформить так, чтобы была образована простая форма?
- Можно ли избежать сквозных проникновений, например, выносных балконных плит или козырьков? Возможно, их можно демонтировать?

- Могут ли изоляционные слои разных строительных элементов без разрывов переходить один в другой (например, изоляция наружной стены в изоляцию ската кровли)?
- Могут ли примыкания строительных элементов располагаться так, чтобы средние линии изоляционных уровней преимущественно совпадали (например, оптимально ли устанавливается окно в изоляционный уровень положенной позже многослойной теплоизоляционной системы)?

Для использования этих простых правил достаточно базовых технических знаний, а также не требуются детальные планы или дополнительные вспомогательные средства, например, каталоги тепловых мостиков или специальные расчётные программы.

4.4 Расчёт тепловых мостиков

В Германии при составлении энергетических балансов для существующих зданий, как правило, показатель теплопередачи²¹ всех строительных элементов увеличивается с учётом дополнительных тепловых потоков через тепловые мосты, коэффициент которых составляет 0,1 Вт/(м²·К). В случае, если наружные стены покрываются преимущественно изоляцией изнутри, а сквозь изоляционный уровень проходят массивные перекрытия или стены, дополнительные тепловые потоки через тепловые мосты могут составлять даже 0,15 Вт/(м²·К).

Наряду с такими общими подходами дополнительные энергопотери через тепловые мосты можно рассчитать более точно.

В представленных ниже таблицах показано, как изменяется доля потерь через тепловые мосты в зависимости от стандарта изоляции здания и тщательности выполнения деталей²²:

1 Фактическое состояние без санации				
Тепловой контур здания	F_x [-]	A [м ²]	U [Вт/(м ² ·К)]	H_T [Вт/К]
A) Перекрытие над подвалом	0,6	80,0	1,1	52,8
B) Наружная стена	1	165,0	1,4	231
C) Окна	1	18,0	2,8	50,4
D) Плоскость крыши	1	115,0	0,8	92
Сумма:				426,2
Тепловые мосты	F_x [-]	L [м]	Ψ [Вт/(м·К)]	H_T [Вт/К]
1. Балконная плита	1	6,0	0,38	2,28
2. Оконный откос	1	52,0	0,09	4,68
3. Цоколь	1	36,0	-0,07	-2,52
Сумма:				4,44
Доля тепловых мостиков:				1 %

²¹ U – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·К. $U = 1/R$; R – сопротивление теплопроницаемости, м²К/Вт. $R = 1/U$

²² Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2015 а, стр. 30–31

2 Энергетическая санация без минимизации тепловых мостиков				
Тепловой контур здания	F_x [-]	A [м²]	U [Вт/(м²·К)]	H_T [Вт/К]
А) Перекрытие над подвалом	0,6	80,0	0,35	16,8
В) Наружная стена	1	165,0	0,24	39,6
С) Окна	1	18,0	1,4	25,2
Д) Плоскость крыши	1	115,0	0,2	23
Сумма:				104,6
Тепловые мосты	F_x [-]	L [м]	Ψ [Вт/(м·К)]	H_T [Вт/К]
1. Балконная плита	1	6,0	0,75	4,5
2. Оконный откос	1	52,0	0,47	24,44
3. Цоколь	1	36,0	0,24	8,64
Сумма:				37,58
Доля тепловых мостиков:				26 %

3 Энергетическая санация с минимизацией тепловых мостиков				
Тепловой контур здания	F_x [-]	A [м²]	U [Вт/(м²·К)]	H_T [Вт/К]
А) Перекрытие над подвалом	0,6	80,0	0,35	16,8
В) Наружная стена	1	165,0	0,24	39,6
С) Окна	1	18,0	1,4	25,2
Д) Плоскость крыши	1	115,0	0,2	23
Сумма:				104,6
Тепловые мосты	F_x [-]	L [м]	Ψ [Вт/(м·К)]	H_T [Вт/К]
1. Балконная плита	1	6,0	0,02	0,12
2. Оконный откос	1	52,0	0,01	0,52
3. Цоколь	1	36,0	0,11	3,96
Сумма:				4,6
Доля тепловых мостиков:				4 %

Представленные отдельно значения U и Ψ показывают, что проведённая со временем изоляция теплового контура здания уменьшает трансмиссионные потери тепла через строительные элементы с большой поверхностью на 75 %. При выборе частичной оптимизации доля дополнительных энергопотерь через

тепловые мостики, наоборот, возрастает и составляет более 25 %. Абсолютное увеличение теплопотерь через тепловые мостики – в 8 раз. При учёте всех тепловых мостиков доля потерь через тепловые мостики наверняка увеличилась бы до 40 % с лишним.

Только три рассмотренных строительных элемента – балконная плита, боковой оконный откос и цоколь – обуславливают дополнительные тепловые потоки через тепловые мосты, составляющие на 378 м² почти 0,10 Вт/м²·К). Лишь после минимизации тепловых мостиков, во время которой балкон был удалён, окно было установлено на уровень изоляции, а цоколь изолирован, абсолютный показатель теплопотерь через тепловые мостики снова уменьшается до значения около 4,5 Вт/К, как в неизолированном состоянии. Благодаря гораздо более высоким стандартам изоляции в табл. 3 доля тепловых мостиков снова составила около 4 %.

На этом примере видно, что только эффективная оптимизация тепловых мостиков может обеспечить устойчивое энергосбережение на наивысшем уровне.

Однако может случиться и такое, что из экономических соображений не каждый тепловой мостик может пройти идеальную энергетическую санацию. Наряду с энергосбережением каждый проектировщик должен понимать, что тепловых мостиков следует избегать в связи с предписаниями строительного законодательства. Минимальные требования проведения изоляционных мероприятий предусматривают, что температура на внутренних поверхностях должна быть значительно выше 12,6 °С, то есть необходимо исключать опасность выпадения конденсата и образования плесени.

В Украине влияние тепловых мостов (мостиков холода) рассчитывается согласно ДСТУ Б А.2.2-12 2015 «Енергетична ефективність будівель».

4.5 Типичные тепловые мостики

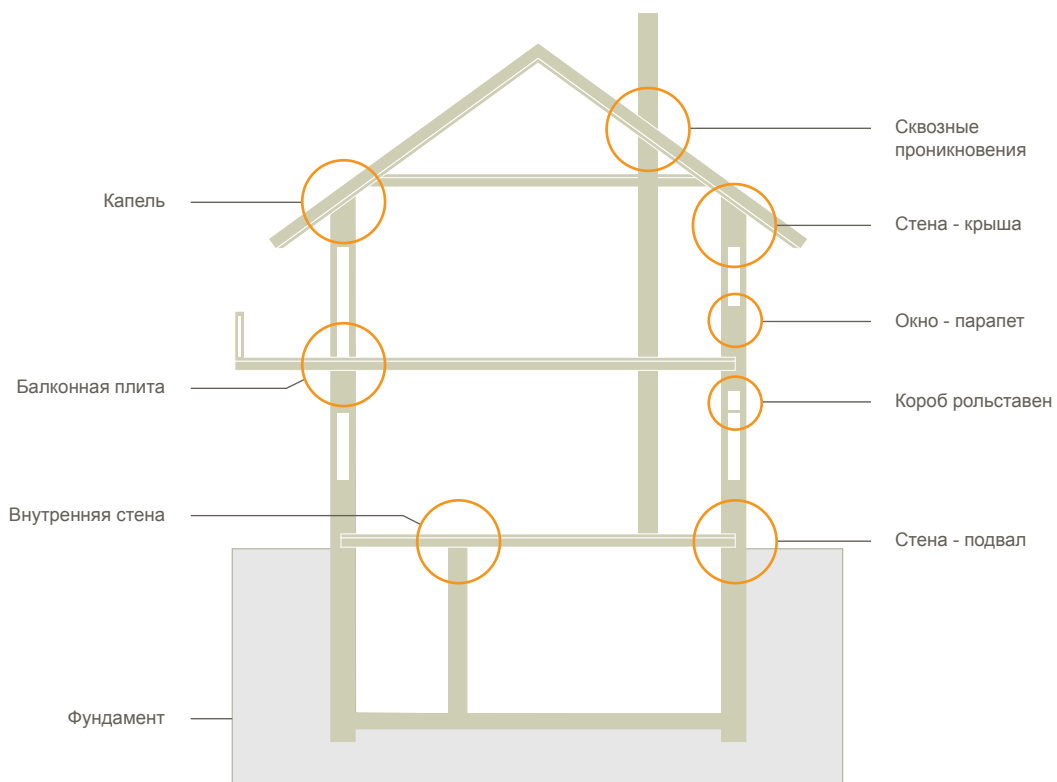


Рисунок 33: Наиболее часто встречающиеся виды тепловых мостиков здания



4.5.1 Наружная стена и крыша

Обычные поверхности крыши изолировать относительно просто, но при условии квалифицированного выполнения работ. В отличие от этого, примыкания между крышей и наружной стеной требуют тщательного планирования в целях избегания или минимального сохранения тепловых мостиков.

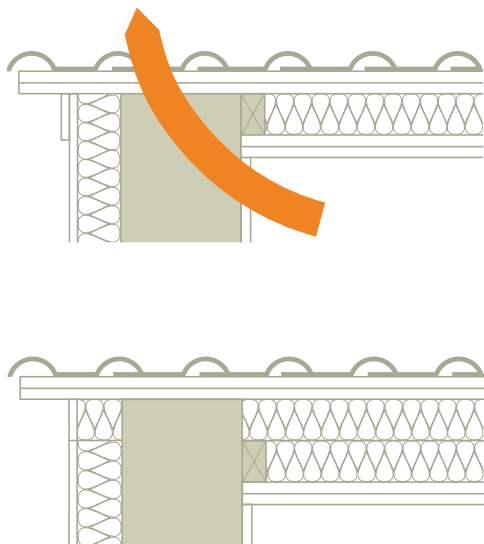


Рисунок 34: Ветровая фронтовая доска

4.5.2 Плоская крыша

Парапет часто оказывается слабой точкой теплового контура здания. В случае, если обтекающего вокруг дома слоя изоляции нет в наличии, парапет следует изолировать со всех сторон позже.

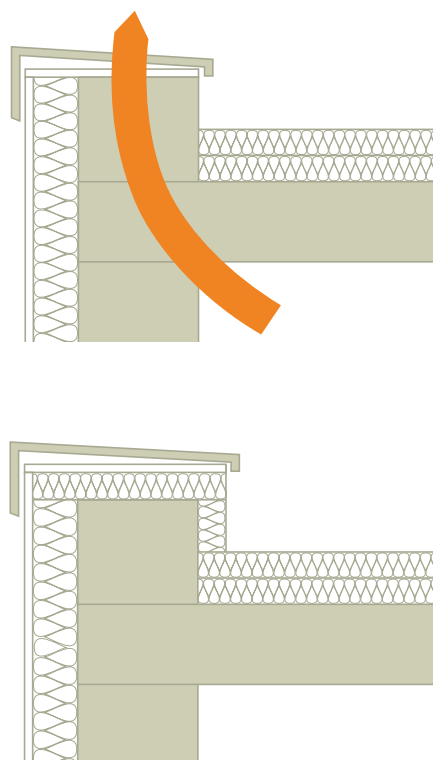


Рисунок 35: Парапет

4.5.3 Окна и двери

Окна и двери в идеале должны находиться на уровне изоляции. В старых строениях оптимальное решение возможно лишь в случае сочетания изоляционных мероприятий с заменой окон, которые устанавливаются на уровне изоляции.

Классическим тепловым мостиком являются оконные откосы и подоконные парапеты. В случае, если замена окон не предполагается или новые окна устанавливаются на прежнем месте (по центру кладки), откосы следует изолировать как минимум слоем в 3 см – в зависимости от качества изоляционного материала. Для изоляции оконных рам в зависимости от ситуации может потребоваться удаление откосов или полное удаление четверти кладки. В связи с тем, что толщина изоляционного материала на этом участке крайне мала, необходимо использовать материалы с высокой изоляционной способностью. За счёт изоляции раздельной рамы существующих окон в определённой мере заодно можно повысить и воздухопроницаемость оконного примыкания.

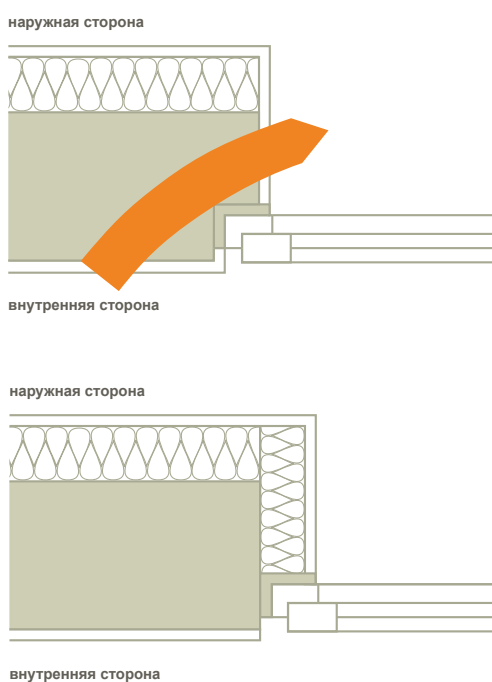


Рисунок 36: Оконный откос

4.5.4 Подоконный парапет

Подоконный парапет также должен оптимально противодействовать образованию тепловых мостиков. Участки под подоконниками необходимо изолировать. При последующей изоляции наружной стены имеющиеся подоконники необходимо заменить в целях их подгонки под ставшую толще стену. Поэтому последующая изоляция парапета, как правило, не представляет из себя проблему. Если же окна расположены не на уровне изоляции, для подоконников следует выбирать материал незначительной толщины, чтобы можно было наложить дополнительный слой изоляции.

В связи с незначительным слоем изоляции тут также необходимо выбирать материал с высокой изоляционной способностью.

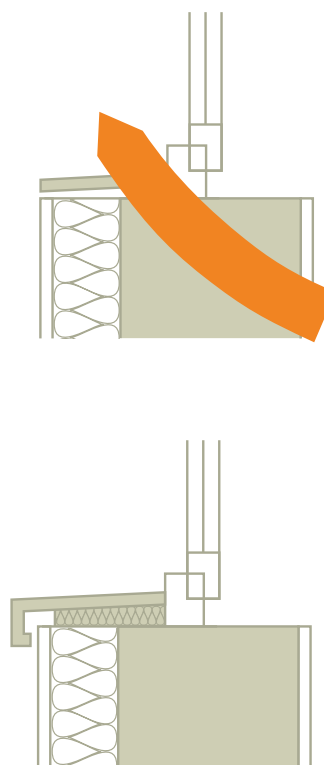


Рисунок 37: Подоконный парапет

4.5.5 Коробы для рольставен

Коробы для рольставен образуют типичный тепловой мостик и воздухопроницаемый участок. Относительно старые коробки часто бывают сделанными из материалов с высокой теплопроводностью, пустоты остаются неизолированными. Через обусловленные конструкцией отверстия, например, через отверстия для прохождения ленты, уходит тёплый воздух.

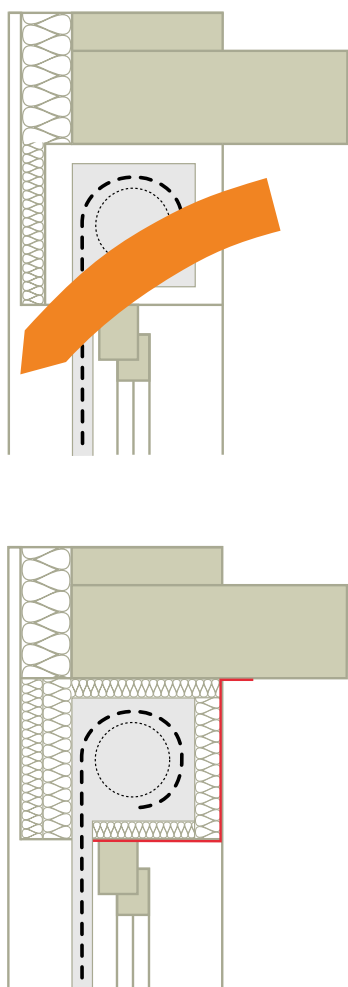


Рисунок 38: Короб для рольставен

4.5.6 Балконы и козырьки

При последующей изоляции здания с наружной стороны балконная плита, пробивающая изоляционный слой, является **исключительно мощным тепловым мостиком**. Обширная поверхность и используемый в балконе железобетон с очень высокой теплопроводностью выводят тепло из внутреннего помещения в наружный воздух подобно охлаждающему ребру. В результате происходит сильное локальное охлаждение междуэтажного перекрытия и возникает опасность возникновения ущерба от сырости.

По возможности проникающие плиты нужно обрезать и заменить их пристенными системами. В качестве альтернативного варианта возможна минимизация воздействия тепловых мостиков за счёт наложения дополнительной теплоизоляции на верхнюю и нижнюю стороны плиты.

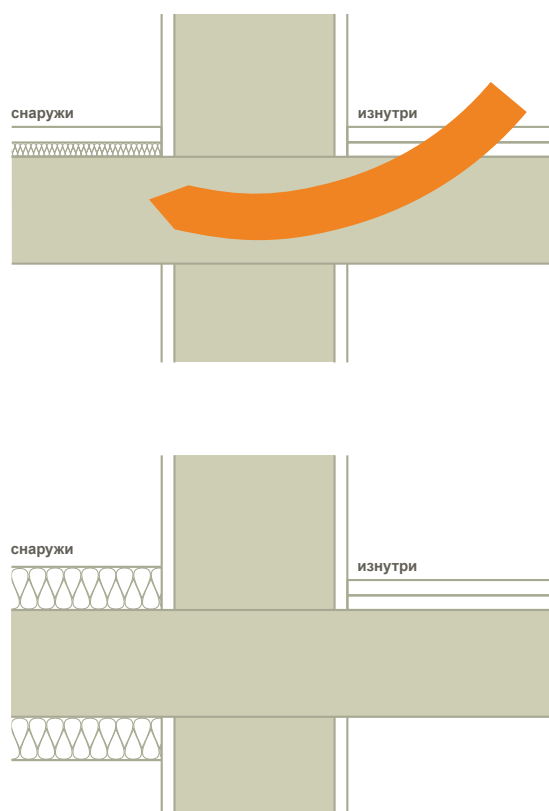


Рисунок 39: Балконная плита

4.5.7 Цоколь

В холодном подвале, как правило, проще всего выполнить последующую изоляцию перекрытия над подвалом. В случае, если изоляция наружной стены заканчивается на перекрытии над подвалом, здесь образуется тепловой мостик. Расположенная снаружи теплоизоляционная лента длиной как минимум 50 см уменьшает воздействие теплового мостика.

Если же изолированный участок наружной стены нельзя расширить, слой теплоизоляции, который может быть и клинообразный, следует нанести на внутреннюю стену.

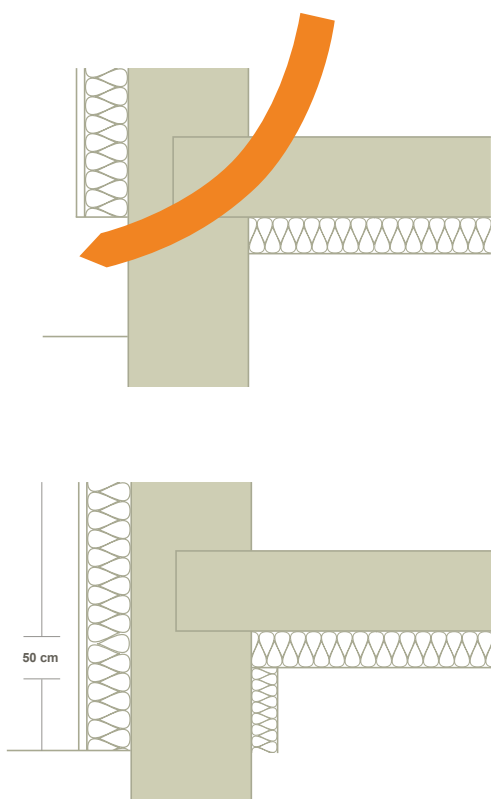


Рисунок 40: Цоколь

Согласно ДСТУ Б В.2.6-36:2008 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови», необхідно утеплити **цокольну частину стіни неотапливаемого подвала** слоем утеплителя на расстоянии **не менее чем на 0,5 м** от нижней части плиты перекрытия. Т. е. утеплитель должен частично покрывать неотапливаемый подвал.

4.5.8 Внутренние стены

Внутренние стены в холодных подвалах, междуэтажные перекрытия которых были изолированы дополнительно, выступают в качестве тепловых мостиков. По возможности при последующем проведении высокоэффективных мероприятий по теплоизоляции нужно с обеих сторон нанести слой изоляции шириной около 50 см. В рамках мероприятий по реконструкции целесообразным может оказаться разрыв связи с несущими внутренними стенами или их удаление, что обеспечит сплошную изоляцию междуэтажного перекрытия.

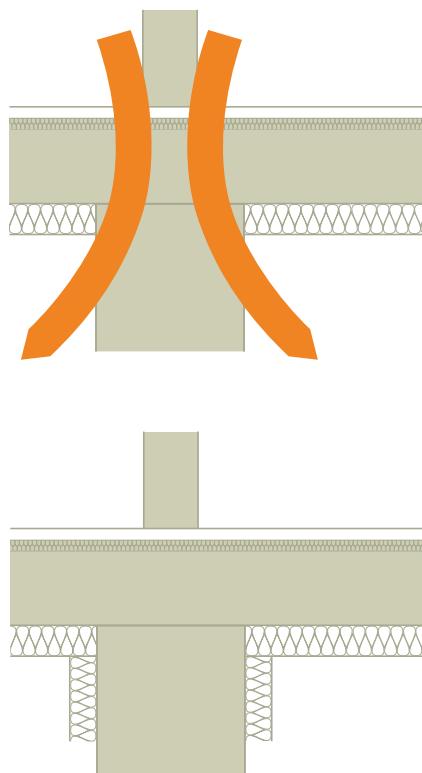


Рисунок 41: Примыкание внутренних стен

Согласно ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель», **внешние углубленные стеновые конструкции**, контактирующие с грунтом, в зданиях **без подвала** необходимо утеплять теплоизоляционными материалами на глубину **0,5 м** ниже уровня грунта, в зданиях **с подвалом** – на глубину **1,0 м** ниже уровня грунта.

05

Теплоснабжение в зданиях

Важным элементом энергетической модернизации зданий являются инженерные системы и коммуникации. Их разумное проектирование позволяет создавать энергосберегающую и экологичную систему энергоснабжения здания.

Установка современных инженерных систем в зданиях, находящихся в эксплуатации, ставит особенно сложные задачи перед проектировщиками. Чем больше существующих строительных материалов, образующих конструкцию, необходимо сохранить и использовать из архитектурных, исторических или экономических соображений, тем выше требования к проектам архитекторов. При этом необходимо учитывать также и требования к инженерной технике.

Причиной неэффективного использования энергии в существующих многоквартирных жилых домах являются старые системы отопления. Как правило, это однотрубные системы без гидравлической балансировки и без возможности регулирования температуры в помещениях. В старых системах трубы и радиаторы часто забиты. Это приводит к неэффективному использованию тепловой энергии, перегреву или недогреву помещений, низкому уровню комфорта и высоким потерям тепла. Проблем прибавляют и пользователи, которые самовольно меняют системы отопления в своих квартирах (например, устанавливают дополнительные или более крупные радиаторы), вызывая таким образом дисбаланс всей системы дома.

Особенно высокий потенциал энергосбережения кроется в устаревших тепловых пунктах. Дома, построенные в 20-м веке, имеют, как правило, тепловые пункты без регулирующих устройств ни на подаче, ни в помещениях. В подобных системах теплоснабжение не соответствует тепловой нагрузке здания и отдельных помещений. Поэтому в квартирах часто либо слишком жарко, либо холодно. Оплата не определяется комфортностью проживания. А большие объемы тепла теряются из-за плохо изолированных труб в подвале.

Энергетическая модернизация здания – это возможность улучшить систему отопления здания до современного уровня развития техники и создать возможности для экономного использования энергии с ориентацией на фактические потребности.

Комплексная энергетическая модернизация здания без модернизации системы отопления приводит к существенному снижению объемов экономии тепла, ожидаемых от теплоизоляции ограждающих конструкций. Сэкономленное тепло приведет либо к очень высокой температуре помещения, либо будет греть воздух на улице через открытые окна, при помощи которых жильцы будут регулировать температуру в своих квартирах.

5.1 Концепция теплоснабжения

При разработке концепции теплоснабжения задача состоит в подборе разумной комбинации отдельных компонентов, сочетание которых позволит получить энергоэффективную систему.

В начале проектирования проводится анализ общих условий. Сюда относится проверка имеющихся энергоносителей (в том числе и возобновляемых источников энергии), анализ отопительной нагрузки здания и системы теплоотдачи в помещениях, а также определение необходимых объемов горячей воды.

Концепции теплоснабжения в зданиях, находящихся в эксплуатации

В отличие от новостроек, где возможно свободное проектирование системы теплоснабжения, выбор источника тепла для модернизации отопительной системы в зданиях, уже находящихся в эксплуатации, ограничен.

Вряд ли существуют технические возможности для дополнительной прокладки геотермального зонда или для колодца грунтовых вод для теплового насоса под уже построенным зданием. Не каждое здание, уже находящееся в эксплуатации, имеет достаточно площади для установки дополнительного теплогенерирующего устройства или для хранения топлива. Монтаж солнечных коллекторов предполагает подходящее ориентирование крыши или фасадов.

При проведении энергетической модернизации следует проверить, не устарел ли источник тепла технически и не следует ли произвести его замену. После модернизации ограждающих конструкций отопительная нагрузка значительно снижается вследствие сокращения теплопотерь. Соответственно, более высокая мощность старого котла или старого ИТП становится невостребованной. Если тепло генерируется новым котлом, то старый котел можно использовать для покрытия пиковых нагрузок, т. е. работать он будет только тогда, когда будут требоваться высокие мощности.

При энергетической модернизации зданий замена тепловых пунктов современными индивидуальными тепловыми пунктами (далее ИТП) с автоматическим погодным регулированием является обязательным мероприятием.

Производители котлов постоянно повышают коэффициент полезного действия (КПД) отопительных котлов. Современным уровнем развития техники считаются конденсационные котлы с наивысшим КПД (более 100 %) среди котлов, сжигающих топливо.

В последние годы распространилось также использование тепловых насосов. Тепловые насосы «воздух-вода» часто устанавливаются в уже существующих зданиях, а тепловые насосы «грунт-вода» и «вода-вода» – преимущественно в новостройках. Тепловые насосы, работающие от исходящего воздуха и с воздухом в качестве теплоносителя, можно найти в системах воздушного отопления энергетически пассивных домов.

5.1.1 Индивидуальные тепловые пункты (ИТП)

В городах Украины к сети центрального отопления подключена основная часть многоквартирных домов. Центральное отопление имеет много преимуществ. Не надо беспокоиться о закупке топлива, эксплуатации и технической поддержке генератора тепла. Кроме того, центральное отопление приносит меньше вреда окружающей среде, чем многие другие системы теплоснабжения.

Тепло от системы центрального отопления подается в дом через тепловой пункт. Там оно по зависимой или независимой схеме подключения поступает в отопительную систему здания.

- При зависимом подключении теплоноситель подается в отопительную систему здания непосредственно из сети центрального отопления.
- При независимом подключении используется теплообменник. В этом случае контур здания гидравлически отделен от сети центрального отопления. Подготовка горячей воды происходит либо в ИТП через теплообменник, либо децентрализованно в каждой квартире.

Во время модернизации ИТП необходимо определить тип подключения (зависимое или независимое). Зависимое подключение к сети центрального отопления менее затратно (инвестиции, эксплуатация, технический уход), но оно допустимо только до определенной высоты здания.



Независимое подключение к сети центрального отопления имеет следующие функциональные преимущества:

- Отопительная система здания работает в этом случае независимо от колебаний температуры или давления в сети центрального отопления и защищена от порыва труб или утечек в сети центрального отопления.
- Можно лучше обеспечить необходимое качество воды и, соответственно, регулировочной арматуры (чувствительной к загрязнению горячей воды).
- В таких системах можно использовать возобновляемые источники энергии.
- Отопительные системы зданий в такой системе могут работать на более низких температурах.

Только благодаря модернизации устаревшего теплового пункта с гравитационной циркуляцией теплоносителя **потребление тепловой энергии можно сократить до 15–30 %**. Современные ИТП имеют устройства управления и регулировки, которые могут приводить температуру подачи теплоносителя в соответствие с фактической потребностью здания в зависимости от погодных условий. **Современные ИТП окупаются в Украине менее чем за 5 лет.**

Во время модернизации теплового пункта необходимо провести гидравлическую балансировку отопительной системы. Балансировочные клапаны должны быть установлены как минимум на стояках.

Также необходимо предусмотреть такие виды работ, как промывку внутридомовой системы отопления для уменьшения риска засорения теплообменника нового ИТП и проверку герметичности старой внутридомовой системы отопления.

Примечание на случай термомодернизации ограждающих конструкций

В случае сохранения существующего ИТП после проведения энергетической модернизации ограждающих конструкций нельзя оставлять отопительную систему без внимания. Термоизоляция ограждающих конструкций снижает тепловую нагрузку здания, соответственно, работа ИТП становится неоптимальной. Для достижения запланированного сокращения потребления энергии отопительную кривую ИТП необходимо настроить на новые условия. Сильному перегреву подвержены в первую очередь отопительные системы без устройств регулирования температуры.

5.1.2 Циркуляционный насос

Важный элемент системы отопления с большим потенциалом энергоэффективности – это циркуляционный насос. Циркуляционный насос транспортирует теплоноситель по всей системе теплоотдачи. Он должен преодолевать все гидравлическое сопротивление системы. Насосы с избыточной мощностью потребляют слишком много электричества. Выбор правильной стратегии регулировки и учет энергоэффективности насоса могут иметь большое значение для эффективности всей системы. Решающим фактором для квалифицированного выбора циркуляционного насоса является правильное определение рабочей точки установки (максимальный объем и максимальный напор), а также режима работы (постоянный или переменный).



Замена циркуляционных насосов в зданиях, находящихся в эксплуатации, приводит к экономии энергии и эксплуатационных затрат. В зависимости от существующей системы отопления замена циркуляционных насосов может **сократить потребление электричества на 60–80 %, а срок окупаемости этого мероприятия составляет от 4 до 10 лет.**

Определение рабочей точки установки

Рабочая точка установки определяется на основе максимального объемного расхода и максимальной тепловой нагрузки при выбранных рабочих температурах. Необходимый для максимального объемного расхода напор можно определить только после точного расчета сети трубопроводов. Для этого необходимо знать показатели всех элементов конструкции (трубы, смесители, теплосчетчики и т. д.). В новостройках расчет сети трубопроводов происходит на основе данных расчета отопительной нагрузки. В зданиях, уже находящихся в эксплуатации, подобный точный расчет сделать сложно. Однако и тут необходимо получить реалистичные показатели путем измерений или допущений:

- Измерения: определение показателей при помощи манометра.
- Допущения. Расчет (предположительного) максимального напора установленного насоса проводится в программном обеспечении производителя насоса. Эти программы находятся в свободном доступе на Интернет-сайтах производителей насосов. На втором этапе происходит приблизительное определение потери давления на самом длинном стояке (максимальная длина трубы) и добавляются еще 250 мбар на остальные элементы и врезки. На основе этих данных можно сделать выбор, отвечающий реальности.

Определение режима работы установки

После определения данных для рабочего пункта системы необходимо выбрать режим работы установки: с постоянной рабочей точкой или же с переменной рабочей точкой.

- **Системы с постоянным объемным расходом.** Отопительные контуры с постоянной точкой работы можно встретить, например, в системах с аккумуляцией тепла или с теплообменниками (например, системы подогрева воздуха в вентиляционных установках). В системах с постоянным объемным расходом используются недорогие насосы со ступенчатым регулятором числа оборотов, причем насос при этом следует настроить на необходимые кривые.

- **Системы с переменным расходом.** О системах с переменным расходом говорится тогда, когда объемный расход и потеря давления в контуре системы изменяются в зависимости от таких внешних факторов, как температура, требования пользователей, инсоляция и т. д., например, системы отопления или охлаждения помещений. В системах с переменным расходом не существует фиксированной рабочей точки. Рабочая точка, полученная расчетным путем, соответствует здесь только максимальной рабочей точке системы, которая достигается крайне редко в случае наступления чрезвычайных условий. Для систем с переменной рабочей точкой в любом случае необходимо устанавливать насосы с бесступенчатой регулировкой числа оборотов, которые имеют не несколько характеристических кривых, а весь их спектр (мощностных характеристик).

В зависимости от рабочей точки даже в системах с постоянным расходом можно использовать насос для переменного объемного расхода, т. е. при помощи этих насосов рабочую точку можно точно настроить на кривую системы. В насосах со ступенчатым регулятором числа оборотов, напротив, можно выбрать только следующий режим мощности, что всегда приводит к повышенному потреблению электроэнергии.

Циркуляционный насос переменного перепада давления может иметь значительно меньшее энергопотребление, чем насос со ступенчатым регулятором числа оборотов, даже если рабочая точка будет оставаться постоянной.

Идеальная регулировка циркуляционного насоса в любой момент времени настраивает рабочую точку насоса на требования сети. В этом случае при закрытии термостата на радиаторе (например, в солнечную погоду или для снижения температуры помещения) насос снижает напор и объемный расход.

- **Регулировка постоянного давления (Др-с).** В режиме постоянного давления напор в системе остается неизменным. При сокращении потребности в энергии (например, закрытие термостата) объемный расход снижается, но напор остается без изменений.

- **Регулировка пропорционального давления (Др-в).** В режиме пропорционального давления при возрастании объемного расхода повышается и напор, а рабочая точка циркуляционного насоса настраивается на возрастание потери давления в трубопроводной сети. В этом режиме объемный расход и напор согласованы, поэтому тут можно **добиться еще большей экономии электроэнергии по сравнению с постоянным режимом.**
- **Регулировка постоянной температуры.** В режиме постоянной температуры регулировка количества оборотов насоса происходит в зависимости от заданной температуры. Этот режим используется, например, когда температура подачи должна оставаться постоянной для наполнения накопителя.
- **Регулировка ADAPT.** ADAPT постепенно настраивает регулировку насоса на требования системы в ходе «обучения». В настоящее время наиболее высоких результатов энергосбережения можно достичь именно этим видом регулировки.

5.1.3 Другие элементы системы теплоснабжения

Основа эффективного и надежного функционирования системы теплоснабжения здания – это тщательное продумывание комбинации и выбор правильных параметров необходимых элементов системы.

Мембранный расширительный бак с предохранительным вентилем

При высоких температурах объем теплоносителя возрастает, а при низких – снижается. Чтобы компенсировать эти перепады объема для всего диапазона температур отопительной системы и поддерживать постоянное давление, используются мембранные расширительные баки. Необходимо выбирать правильные параметры расширительного бака.

Дефект работы или неправильное проектирование расширительного бака приводит к тому, что давление в системе при высоких рабочих температурах будет повышаться до тех пор, пока не сработает предохранительный клапан и вода не выйдет из системы. Если потом рабочая температура системы снова снизится (например, ночью или при высокой наружной температуре) давление в системе опустится так низко, что в нее попадет воздух. О неправильной работе расширительного бака могут свидетельствовать следующие признаки:

- выход воды на предохранительном вентиле;
- сильные колебания давления (более 0,2 бар) при различной рабочей температуре;
- частое падение давления в системе и обусловленное этим дополнительное заполнение системы;
- проблемы с воздухом в отопительной системе.

Грязеуловитель

Грязеуловитель служит для улавливания загрязнения и защиты всех чувствительных элементов системы. Так как различного рода осадки остаются на фильтре-грязеуловителе, здесь часто возникает очень высокое сопротивление. Это может привести даже к нарушению работы всей системы. В первую очередь проблемы могут возникнуть с современными циркуляционными насосами постоянного давления, потому что из-за загрязнения грязеуловителя насосы вынуждены будут постепенно повышать свою мощность и соответственно работать неэффективно. Потребление электроэнергии, как правило, повышается незаметно, т. к. нарушение работы наступает гораздо позже.

Для обеспечения энергоэффективности необходимо проверять и очищать все грязеуловители системы как минимум один раз в год. Рекомендуется проводить очистку перед началом отопительного сезона и сразу же после его окончания. По нормативам до и после грязеуловителя устанавливаются манометры, по которым и контролируется степень загрязнения с тем, чтобы не делать очистку «вслепую» и не пропустить необходимость ее проведения в случае необходимости.



2- и 3-ходовые регулирующие клапаны

Двухходовые регулирующие клапаны используются для управления теплоотдачей теплообменных аппаратов систем горячего водоснабжения и независимых систем отопления, управления процессом смешения в тепловых пунктах с зависимым подключением к тепловой сети и в качестве исполнительного органа регулятора расхода, давления или перепада давления непрямого действия.

Двухходовые регулирующие клапаны широко применяются в инженерных системах зданий с централизованным теплоснабжением (от тепловых сетей). Это обусловлено тем, что, используя двухходовой клапан можно ограничить расход теплоносителя и при этом обеспечить требуемый коэффициент смешения.

Трехходовой регулирующий клапан служит для обеспечения необходимой температуры подачи теплоносителя. Для этого более высокая температура от теплогенерирующего устройства снижается до более низкой рабочей температуры.

Для того, чтобы обеспечить хорошее функционирование клапана и повысить срок работы исполнительных элементов, необходимо выбирать правильные параметры регулирующего клапана. Регулирующие клапаны выбираются не по номинальным параметрам трубопровода, а по необходимому напору и/или дифференциальному давлению.

Термометр и температурный датчик

Термометры и температурные датчики служат для контроля за работой системы, а также для ее регулировки. В ходе контроля за работой системы необходимо проверять соответствие температуры подачи энергоносителя и наружной температуры, а также разницу между температурой подачи и обратного хода и сравнивать их с плановыми показателями.

При существенных отклонениях необходимо проверить гидравлическое регулирование или параметры настройки. Однозначными признаками неправильной работы системы является разница температуры ниже 10 К или же температура подачи более 50 °С, когда наружная температура достигает приблизительно 12 °С. Если возникают такие очевидные дефекты в работе, рекомендуется провести срочный технический осмотр всей отопительной системы. В Украине отопительный сезон начинается при снижении среднесуточной температуры до 8 °С.

Манометр

Манометр показывает рабочее давление в системе отопления. Индикация рабочего давления служит для контроля за работой системы. При негерметичной системе, частичном сбросе энергоносителя или спуске большого объема воздуха рабочее давление падает

ниже необходимых минимальных показателей. При слишком низком давлении отопительные приборы, находящиеся на самом большом расстоянии, больше не получают достаточного объема тепла. В зависимости от величины установки типичное рабочее давление составляет от 1,5 бар до 2,5 бар.

5.2 Система распределения тепла

Распределение тепла представляет собой промежуточное звено между генерацией и передачей тепла. Тепловая энергия, предоставленная генератором тепла, при помощи теплоносителя транспортируется через трубопроводы до приборов теплоотдачи, например, радиаторов (отопление помещений) или на смесители (горячее водоснабжение). При этом возникают и потери тепла, обусловленные разницей температур между распределительной системой и внешней средой, и потери электричества вследствие потребления энергии, необходимой для транспортировки теплоносителя.

Существенное улучшение теплоизоляционных свойств современных ограждающих конструкций значительно снижает отопительную нагрузку зданий, однако доля потерь в распределительной системе практически не меняется, поэтому ее процентное соотношение в общей тепловой нагрузке повышается.

В системе распределения тепла только 20 % теплопотерь приходится на отопление, а на централизованное горячее водоснабжение – более 80 %. Такая высокая доля горячего водоснабжения в потерях тепла вызвана прежде всего санитарно-гигиеническими требованиями в отношении более высокого уровня температуры – пр. 60 °C (например, опасность легионеллеза). Кроме того, горячая вода нужна круглый год, а потери системы распределения тепла летом не помогают снизить отопительную нагрузку.

5.2.1 Трубопроводы

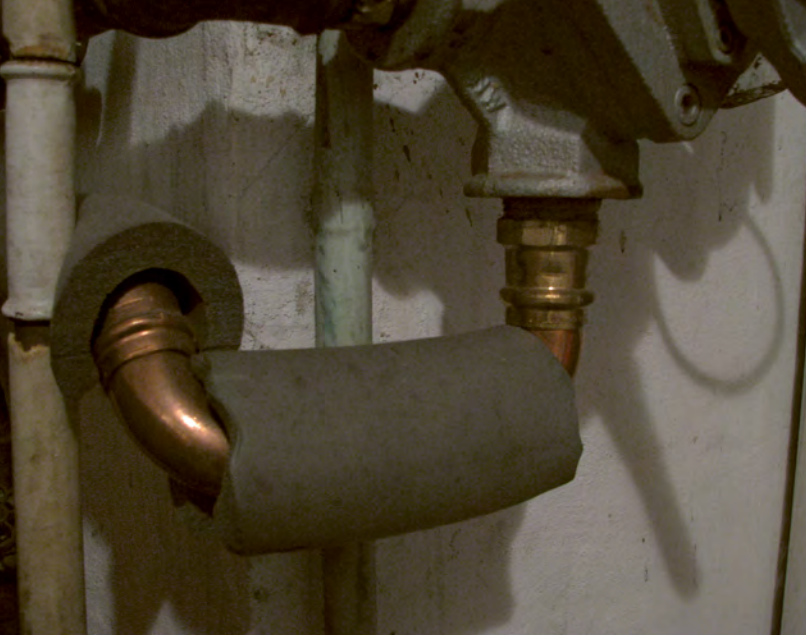
Как при строительстве нового дома, так и при энергетической модернизации существующего здания необходимо обращать внимание на оптимизацию сети трубопроводов. Выбор правильных параметров и оптимальная прокладка трубопроводов обеспечивают экономию тепловой и электрической энергии. Слишком высокая скорость теплоносителя приводит к большим потерям давления и, соответственно, к повышению потребления электроэнергии циркуляционными насосами. Скорость, как правило, более 1 м/с вызывает шум воды в системе. Чем короче трубопровод и чем меньше углов в сети, тем меньшими будут теплопотери распределительной системы и потери электроэнергии на циркуляцию теплоносителя.

Для определения скорости потока в трубопроводе можно использовать следующие ориентировочные показатели:

- Распределительная система в подвале:
 $v = 0,4 - 1,0$ м/с
- Распределительная система в жилых помещениях:
 $v = 0,2 - 0,5$ м/с

Сфера использования	Условный проход (приблизительно)
Соединительный трубопровод радиатора (ок. 1 кВт)	Ø 10 – Ø 12
Распределение до 4 радиаторов (ок. 4 кВт)	Ø 12 – Ø 15
Напорный трубопровод для 5 – 10 радиаторов (ок. 8 кВт)	Ø 15 – Ø 20
Напорный трубопровод для более 10 радиаторов (> 10 кВт)	> Ø 20

Таблица 6: Ориентировочные показатели приблизительных размеров труб



5.2.2 Теплоизоляция

Чем больше расстояние между генератором тепла и тепловым прибором, тем выше потери тепла. Поэтому длину трубопроводов необходимо всегда сокращать до возможного минимума. Если теплогенерирующая установка расположена в пределах тепловой оболочки здания, то теплотери трубопроводов переходят в отапливаемые помещения и покрывают часть потребности в тепловой энергии. Если же теплогенерирующая установка находится вне тепловой оболочки (например, в неотапливаемом подвале или на техническом этаже), то необходимо обращать внимание на высокое качество теплоизоляции коммуникаций, находящихся снаружи.

В ходе энергетической модернизации обязательным мероприятием является теплоизоляция таких коммуникаций.

При помощи высококачественной изоляции распределительной системы тепла можно получить значительную экономию энергии. Изоляция трубопроводов может **сократить потери тепла** при его распределении **на 70 %**. В Украине теплоизоляция трубопроводов относится к мероприятиям с низкой инвестиционной потребностью и **окупается за 2-3 года**.

Качество и толщина теплоизоляции арматуры должны быть такими же, как и теплоизоляция трубопроводов. Однако очень часто именно тут теплоизоляции либо нет совсем, либо она недостаточна.

Важно знать, что потери тепла на неизолированном вентиле соответствуют теплотерям 1 м трубы того же условного прохода. Теплотери фланцевого вентиля без теплоизоляции соответствуют теплотерям 1,5 м трубы того же условного прохода.

Хорошо выполненная теплоизоляция должна плотно прилегать к детали и быть практически герметичной. Кроме того, важно, чтобы элементы теплоизоляции легко снимались в случае их возможной замены.

Хорошая теплоизоляция трубопроводов – это обязательное мероприятие при энергетической модернизации здания.

5.2.3 Балансировочные клапаны

Балансировочный клапан служит для ограничения максимального потока на выбранном участке отопительной системы (например, на восходящем трубопроводе). Балансировочные клапаны – это важный элемент гидравлической балансировки, поэтому в ходе гидравлической настройки необходимо подобрать их правильные параметры и провести их правильную настройку.

5.2.4 Регуляторы перепада давления

Регулятор перепада давления является высокотехнологическим регулирующим устройством, которое служит для гидравлической балансировки и ограничивает давление на выбранном участке отопительной системы. Он, можно сказать, уничтожает «избыточное» давление. Это регулирующее свойство позволяет термостатным вентилям, подключенным далее по линии, достигать значительно большей точности регулировки и сокращает или предотвращает шум потока на термостатах.

5.2.5 Компенсаторы расширения

Из-за колебаний температуры в системе изменяется длина трубопроводов отопительной системы. Это может приводить к порывам, утечкам и другим повреждениям. Для того, чтобы избежать подобных поломок, во время проектирования необходимо продумать выбор правильных устройств для компенсации температурного расширения и растяжения в системах трубопровода. В первую очередь тепловое расширение трубопровода можно компенсировать за счет естественного прохождения труб (изменение направления, изгибы, расширительные петли). Если это невозможно сделать, следует использовать специальные компенсаторы расширения. Следует также обратить внимание на правильные фиксаторы труб.

5.3 Система теплоотдачи

Системы теплоотдачи, например, отопительные приборы или теплый пол, передают выработанную тепловую энергию путем излучения или конвекции в отапливаемые помещения. В зависимости от системы теплоотдачи необходима различная температура подачи теплоносителя. Общее правило: чем больше площадь поверхности нагрева, тем ниже температура подачи. Так, для статичных радиаторов требуется большая температура подачи, чем для панельного отопления. В низкотемпературных системах отопления температура подачи составляет не более 55 °С. В традиционных отопительных системах она может достигать 90 °С. **Чем ниже температура подачи, тем меньше расход энергии.** Размеры поверхностей нагрева необходимо учитывать и при выборе теплогенерирующего устройства. В случае теплового насоса, который эффективно может работать только с низкими температурами, можно порекомендовать панельное отопление.

5.3.1 Однотрубная отопительная система

При однотрубной отопительной системе радиаторы подключаются один за другим в один ряд. Эти системы были широко распространены в 20-м веке, т. к. они требуют наименьших затрат на прокладку трубопроводов. Их большим недостатком является тот факт, что температура подачи на радиаторы очень различна. Таким образом, первый в ряду радиатор очень горячий, а последний получает температуру приблизительно на 10 – 15 К ниже. При одинаковой теплоотдаче первый радиатор имеет очень маленький размер, а последний – достаточно большой.

Вследствие того, что регулирующая техника для таких систем требует больших затрат, первоначальные экономические преимущества однотрубных систем становятся несущественными. К этому следует добавить, что системы могут работать только при постоянном потоке теплоносителя, что вызывает высокое потребление электроэнергии на циркуляционном насосе.

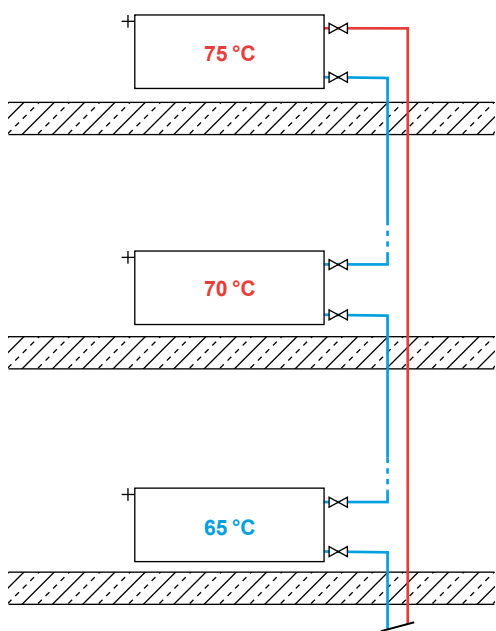


Рисунок 42: Однотрубная система

- выбор термостатных вентилей для однотрубных систем (без предварительной настройки);
- установка бокового подключения на каждом радиаторе;
- выбор термостатов с ограниченным диапазоном температурного регулирования для того, чтобы исключить отопление за счет соседей, если предусмотрены распределители потребленного тепла;
- запорного клапана на радиаторах нет;
- установка автоматических балансировочных клапанов с терморегулирующим исполнительным приводом для однотрубных систем;
- если радиаторы и трубопроводы сохраняются, необходимо учесть промывку системы отопления.

Этот вид модернизации возможен только в системе с принудительной циркуляцией или в комбинации с современными тепловыми пунктами.

5.3.2 Двухтрубная отопительная система

Модернизация однотрубной отопительной системы

Рекомендуется заменить старые однотрубные системы двухтрубными. Если сделать это по каким-либо причинам не удастся, можно прибегнуть к модернизации однотрубной системы. Установка термостатных вентилей и балансировочных клапанов, подходящих для однотрубных систем, сокращает потребление тепла на 10 – 15 % и позволяет регулировать внутреннюю температуру в каждом помещении. Если выбирается этот вариант, то при проектировании необходимо учесть следующие моменты:

Наиболее распространенная система, которая рекомендуется и с точки зрения энергоэффективности, – это двухтрубная система. Здесь к каждому прибору теплоотдачи (например, радиатору) подключается по одному трубопроводу подачи теплоносителя от генератора тепла и по одному трубопроводу обратного хода от радиатора до источника тепла. Системы теплоотдачи подключены параллельно. Регулировка системы происходит через вентили с предварительной настройкой в рамках гидравлической балансировки. У всех радиаторов приблизительно одинаковая температура подачи теплоносителя.

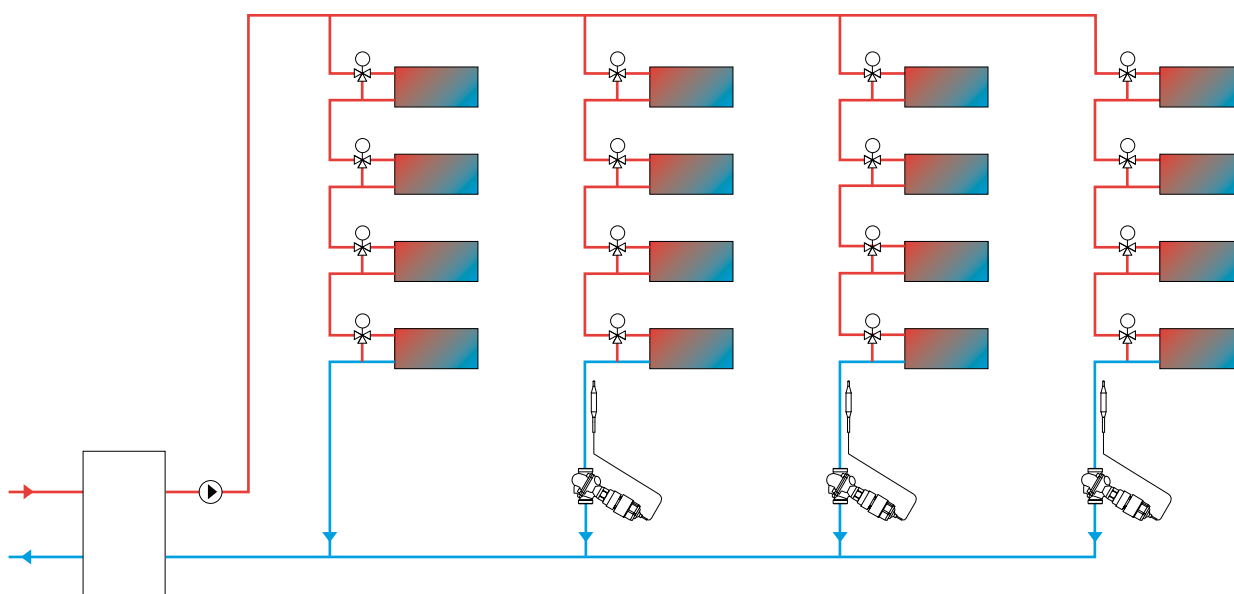


Рисунок 43: Модернизированная однотрубная система отопления

При модернизации необходимо учитывать следующие моменты:

- Расчет параметров термостатных вентилей (с предварительной настройкой) и балансировочных клапанов для двухтрубных систем. Вентили и клапаны следует выбирать не по условному проходу труб подключения или стояков, а по необходимому объему потока. Слишком большой условный проход вентиля или клапана приводит к неточностям в регулировании.
- Выбор термостатов с ограниченным диапазоном температурного регулирования в целях исключения отопления за счет соседей, если предусмотрены распределители потребленного тепла.
- Необходимо провести гидравлическую балансировку. Во время проектирования следует определить настройки термостатных вентилей и балансировочных клапанов и проверить запланированные настройки во время монтажа.

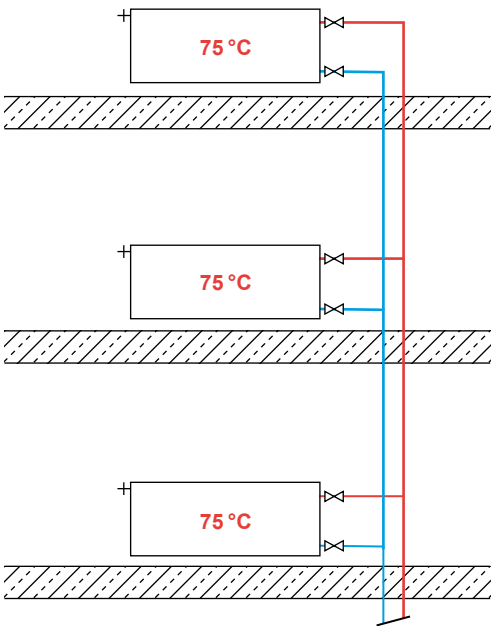


Рисунок 44: Двухтрубная система

5.3.3 Термостатные вентили и термостаты помещений

Термостатные вентили и термостаты помещений служат для регулирования температуры в помещении. Эти компоненты системы имеют управляющее устройство для настройки желаемой температуры помещения, а также термостат, который регулирует поток, подаваемый на систему теплоотдачи, в зависимости от разницы между комнатной и заданной температурой.

На термостатах отопительных приборов и других механических термостатах заданное значение можно устанавливать только пошагово. Уровень «3» соответствует заданному значению в 20 °С. Переключение на +/- 1 ступень соответствует изменению заданного значения +/- 4 °С.

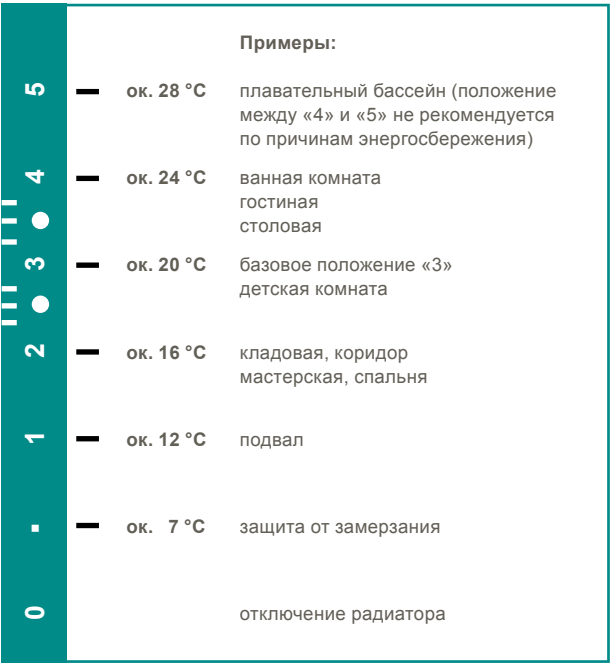


Рисунок 45: Шкала положений термостатного вентиля

Как правило, комфортной воспринимается температура помещения 21 – 22 °С. Поэтому настройки изменяются только в небольшом диапазоне от «3,2» до «3,5». Переключение на более высокое положение не приводит к большей мощности отопительной системы.



Заданное значение вентиля термостата всегда должно оставаться на необходимой отметке на или снижаться (например, в ночное время). Переключение на отметку выше «4» настоятельно не рекомендуется. Если же на отметке «4» в помещении недостаточно

тепло, необходимо поменять или отрегулировать центральные элементы отопительной системы, а не переключать термостат. Это происходит путем гидравлической балансировки.

5.4 Гидравлическая балансировка

Оптимизация системы отопления, так называемая «гидравлическая балансировка» (регулировка отопительных стояков и приборов отопления), часто выпускается из виду. Однако она обязательна для эффективной, энергосберегающей эксплуатации отопительной системы.

Гидравлическая балансировка обеспечивает снабжение радиаторов оптимальным количеством теплоносителя. Она помогает избежать и шума воды в системе. **При помощи качественной гидравлической балансировки можно сэкономить около 10–15 % тепла.**

Работы во время гидравлической балансировки:

- правильная настройка термостатных вентилей на радиаторах;
- правильная настройка балансировочных клапанов на стояках;
- настройка отопительного циркуляционного насоса на минимально необходимый напор;
- настройка кривой отопления на реальное потребление.

Плохая балансировка отопительной системы:

Объем потока не настроен на мощность радиатора. Один радиатор нагревается плохо, а другой перегревается. Поэтому температура обратного хода слишком высокая.

Хорошая балансировка отопительной системы:

Каждый радиатор получает то количество теплоносителя, которое соответствует его мощности. Температура обратного хода низкая

5 Регулировка системы отопления

Регулировка системы отопления обеспечивает энергосберегающую работу всего оборудования, потому что регулирующие вентили, насосы и источники тепла используются только по актуальной потребности.

Все компоненты отопительной системы настраиваются на максимальную тепловую нагрузку. Однако этот режим работы используется только несколько дней в году. Во все остальные дни необходима только часть мощности, т. е. 30–60 % от установленной. При помощи регулирования отопительной системы можно управлять мощностью теплогенерирующего устройства, циркуляционного насоса, а также распределительной системы в зависимости от актуальной потребности.

Регулировка в зависимости от температуры наружного воздуха или других входных параметров

Для того, чтобы мощность системы соответствовала погодным условиям, необходимо иметь возможность регулировать температуру подачи теплоносителя, а также температуру генератора тепла в зависимости от наружной температуры. При понижении наружной температуры температура подачи соответственно повышается, обеспечивая полную мощность приборов теплоотдачи (напр., радиаторов). При высокой наружной температуре температура подачи значительно понижается.

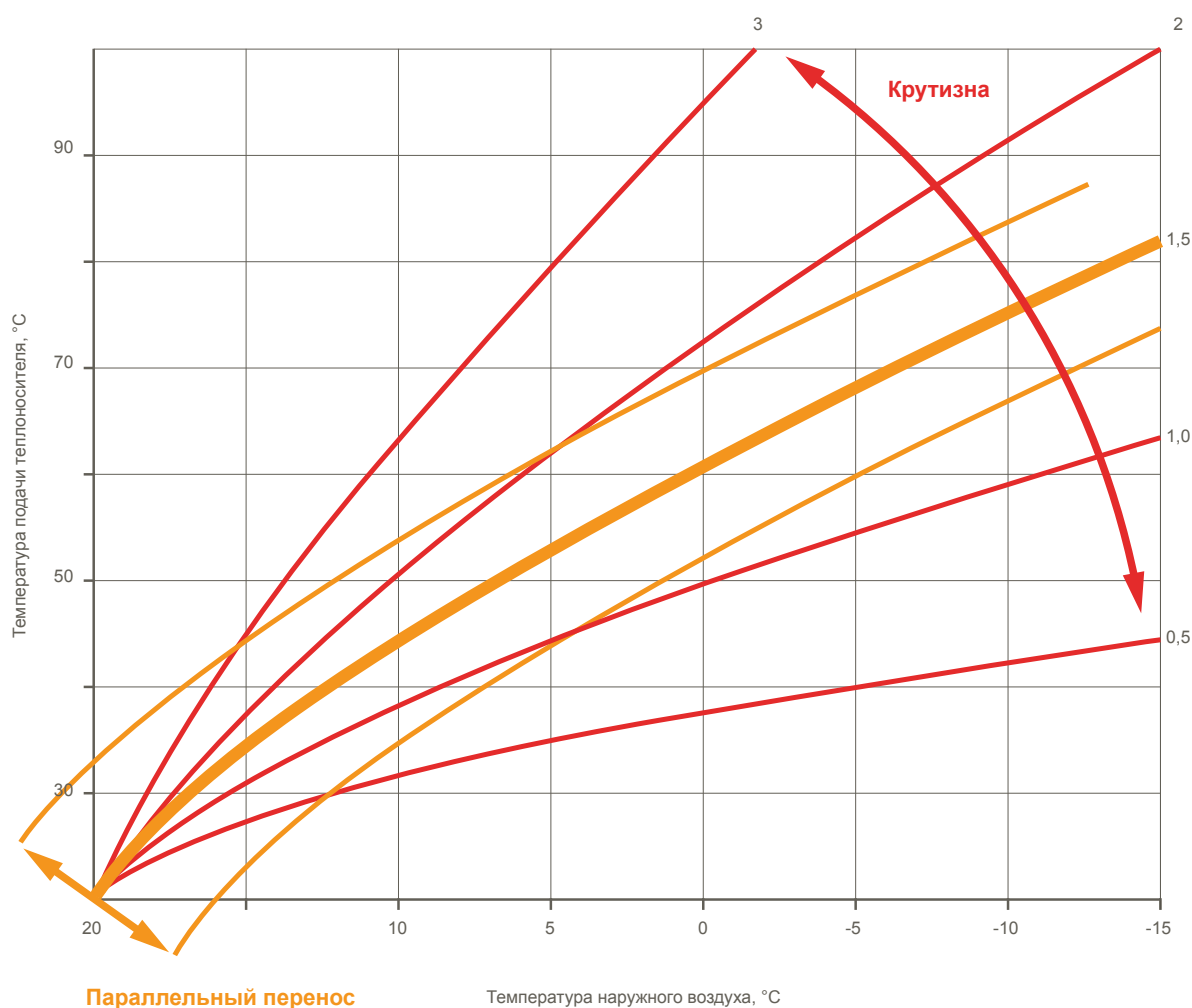


Рисунок 46: Кривая отопления: крутизна кривой отопления описывает зависимость температуры подачи от наружной температуры. Параллельный перенос определяет отклонение от нормативной температуры помещения 20 °C

Настройка кривой отопления

На основании кривой отопления определяется, насколько сильно будет подниматься температура подачи в зависимости от наружной температуры (крутизна) или же насколько сильно будет изменяться температура подачи по отношению к типичной температуре в помещениях при 20 °С (параллельный перенос).

Крутизна кривой отопления ориентируется при этом на так называемую экспоненту отопительных приборов. Этот показатель предоставляется изготовителями. Экспонента отопительного прибора определяется в основном долей излучения системы теплоотдачи. Чем выше доля излучения, тем ниже экспонента отопительного прибора. Типичные показатели представлены в Таблица 7.

На первом этапе оптимизации крутизну следует настраивать в соответствии с данными изготовителя. Однако эти параметры зависят не только от системы теплоотдачи, но и от других соотношений, так как крутизна и параллельный сдвиг зависят и от теплоизоляции здания, и от его аккумулирующей способности, и от восприятия пользователя.

Правильную настройку кривой отопления можно найти только в процессе оптимизации, тестируя кривую отопления на протяжении одного или двух отопительных сезонов таким образом, чтобы при достаточной температуре помещений температура подачи не была слишком высокой.

Оптимизированная настройка определяется «в процессе обучения». Однако в реальности все происходит наоборот. Вместо «оптимизации» регулировка настраивается на работу «без дефектов», получая в итоге зимнюю температуру подачи летом. Надежным индикатором подобной неправильной настройки является температура подачи более 50 °С при наружной температуре более 10 °С, а также явный перегрев помещений осенью и весной.

И хотя с точки зрения комфорта эта настройка «лишена дефектов», с точки зрения энергоэффективности – это сигнал к проведению модернизации системы, несмотря на самое современное регулирующее устройство. В этом случае рекомендуется срочно оптимизировать настройки и протестировать и крутизну, и параллельный сдвиг кривой отопления.

Система теплоотдачи	Экспонента отопительного прибора
Радиаторы	1,30
Панельный радиатор	1,20 ... 1,30
Конвекторы	1,25 ... 1,45
Панельное отопление пола	1,00 ... 1,10

Таблица 7: Ориентировочные показатели для приблизительного определения экспоненты отопительного прибора

5.6 Учет потребленного тепла

Теплосчетчик и распределитель потребленного тепла служат для ежемесячного расчета платежей за тепло, а также для определения основных данных в рамках энергоаудита.

Теплосчетчик

Теплосчетчики проводят учет потребления тепла в [кВт·ч], на больших установках в [МВт·ч] или в [Гкал]. Теплосчетчики имеют очень высокую точность измерений: приблизительно $\pm 1\%$. Они состоят из расходомеров, двух температурных датчиков и одного арифметического устройства. В зависимости от конфигурации данные могут сниматься с теплосчетчика вручную, дистанционно или при помощи постоянной записи данных измерения.

Теплосчетчики позволяют не только рассчитать оплату потребленного тепла, но и провести точный анализ потребления энергии отдельными пользователями. На основании этих данных можно провести очень точный анализ для оптимизации распределительной системы, циркуляционных насосов и теплогенерирующих устройств. Кроме этого, использование теплосчетчиков помогает проверить успешность энергосберегающих мероприятий.

Как правило, в существующих зданиях устанавливается один счетчик в тепловом пункте. Возможен и поквартирный учет потребления тепла, если в здании устанавливаются позволяющие делать это системы отопления (например, коллекторные системы в квартирах с регулированием внутренней температуры). Важно, чтобы для этого существовали правила поквартирного учета затрат на тепло, включая затраты на отопление помещений общего пользования.

Распределитель потребленного тепла

Если во время модернизации здания меняется система отопления и на отопительных приборах устанавливаются термостаты, можно рассмотреть возможность поквартирного учета потребления тепла распределителями потребленного тепла. Важно, чтобы для этого существовали правила распределения затрат между квартирами, включая затраты на отопление помещений общего пользования.

В отличие от теплосчетчиков, распределители потребленного тепла фиксируют только сравнительные величины для расчета затрат на тепловую энергию. При распределителе потребленного тепла все считанные данные суммируются. После этого происходит пропорциональное распределение в соответствии со считанными данными. После сбора показателей можно определить потребление энергии. Эти данные нельзя использовать для проектирования оптимизации здания.

Примечание

Установка распределителя потребленного тепла имеет смысл только в том случае, если пользователи могут регулировать температуру в квартирах или если на отопительных приборах установлены термостаты.

Выбор системы учета потребления

Решение о необходимой системе учета потребления зависит от выбранной системы теплоотдачи. За исключением радиаторов и конвекторов, потребление во всех других системах может учитываться только при помощи теплосчетчика, потому что распределитель потребленного тепла не может дать достаточно точных результатов. Испарительные трубки могут использоваться только в системах со средней температурой теплоносителя $> 60^\circ\text{C}$. Электронные распределительные системы с одним датчиком применяются до средней температуры примерно 55°C , а системы с двумя датчиками – до средней температуры 35°C .

06

Вентиляция

С увеличением плотности застройки появляются и новые требования к вентиляции квартир – как в новостройках, так и в модернизированных зданиях. Застройщики, архитекторы, проектировщики и пользователи должны осознавать эти новые требования и учитывать их.

Как жильцы, так и энергоаудиторы чаще всего сосредотачиваются только на мероприятиях по сокращению потребления тепла, упуская из виду вопросы вентиляции. Позже этот подход наносит ущерб зданиям и здоровью людей. Во время энергетической модернизации здание изолируется и герметизируется настолько, что не происходит достаточная инфильтрация наружного воздуха. Проветривания через окна, особенно осенью и весной, жильцы не проводят, чтобы не понижать температуру в квартирах. Без достаточного воздухообмена запахи, углекислый газ и влага остаются в помещении. Это снижает санитарно-гигиенические условия проживания и приводит к образованию плесени на стенах и конденсата на окнах.

Как правило, многоквартирные дома, находящиеся в эксплуатации, оснащены системой вытяжной вентиляции через вентиляционные каналы (шахты). Свежий воздух поступает в здание через негерметичные участки или через открытые окна. Вытяжная вентиляция происходит через отверстия в вентиляционных шахтах, расположенных в туалетах, ванных комнатах и кухнях. Многие существующие многоквартирные дома строились в прошлом столетии по типу неплотной застройки. На тот момент естественной вентиляции было достаточно. В последние десятилетия в большинстве квартир старые негерметичные окна были заменены новыми, значительно сократившими инфильтрацию зданий.

Следующая проблема старых зданий заключается в том, что шахты в многоквартирных домах никогда не чистились и не ремонтировались. С течением времени они запылились, загрязнились и забились. Вследствие этого подъемная сила (тяга) вентиляционных шахт значительно снизилась. Соответственно, квартиры вентилируются недостаточно. Для улучшения отвода воздуха в квартирах жильцы самостоятельно устанавливают децентрализованные вентиляторы в туалетах и ванных комнатах. Однако это не может улучшить ситуацию, если вентиляционные шахты забиты.

По этим причинам вопросы вентиляции всегда необходимо учитывать во время проектирования энергетической модернизации и обращать на это внимание жильцов. Минимальные мероприятия, которые следует включить в проектирование – это проверка подъемной силы (тяги) вентиляционных шахт, а также их очистка. Жильцов необходимо проинформировать о преимуществах и необходимости принудительной вентиляции.

Монтаж вентиляционных установок в эксплуатируемых зданиях может стать сложной задачей для проектирования, особенно – если необходимо провести установку централизованных вентиляционных систем с приточными и вытяжными каналами, которые встроить – в существующие профили стен или потолков незаметно для глаза, как правило, не удастся. При архитектурном анализе существующих конструкций необходимо обращать особое внимание на то, какие ресурсы или какие ограничения могут возникнуть в ходе прокладки новых трасс. В этой связи обязательно следует своевременно проверить, находится ли объект под защитой памятников архитектуры.

6.1 Защита от влаги и охрана здоровья

В квартире, где проживает 3 человека, ежедневно образуется 8 литров влаги от приготовления пищи, от самих людей, животных и т. д.²³

Согласно ДСТУ Б 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики» влажность внутреннего воздуха не должна превышать 50–60 % в зависимости от категории помещения.

Без достаточной вентиляции влага конденсируется на наружных стенах и окнах. Это приводит к **образованию плесени** и в худшем случае повреждению здания. Плесень в квартирах приводит к **повышению рисков таких заболеваний**, как астма, аллергия и ОРВИ.

В связи с этим при энергетической модернизации здания всегда следует проверять и при необходимости обновлять вентиляционную систему здания.

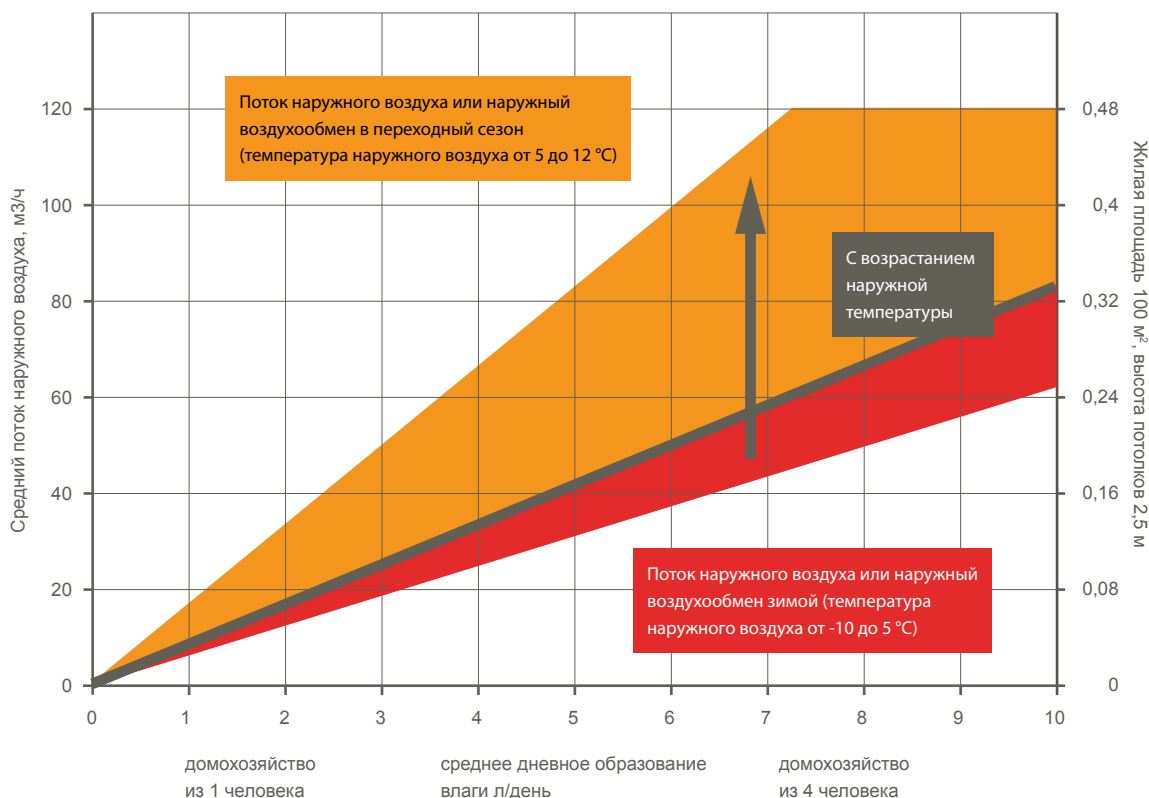


Рисунок 47: Средний поток наружного воздуха или наружный воздухообмен, необходимый для предотвращения образования плесени, в зависимости от объема влаги и времени года (общие условия: влажность наружного воздуха 80 %, температура помещения 20 °C, внутренняя поверхностная влажность < 80 %)

²³ Более подробная информация о выделении влаги и других загрязнителей помещения представлена в приложении «А» к ДСТУ Б СЕН/TR 147888:2015 «Вентиляція будівель. Проектування та визначення характеристик систем вентиляції житлових будинків».

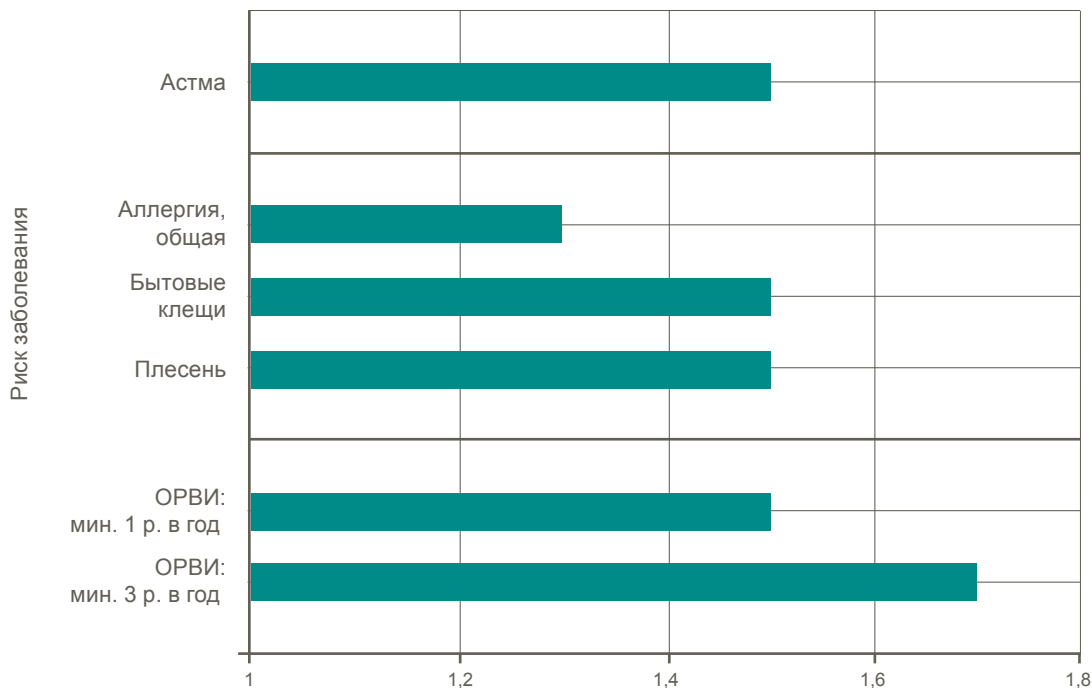


Рисунок 48: Риск заболеваний в квартирах с плесенью по сравнению с незараженными квартирами²⁴

Исходя из среднего дневного объема выделения влаги и потенциала высушивания наружного воздуха (холодный наружный воздух после нагрева в помещении с наибольшим эффектом), можно

определить, каким должен быть поток наружного воздуха или наружный воздухообмен для того, чтобы выводить образующуюся влагу и предотвращать образование плесени.

6.2 Концепция вентиляции

Согласно действующим с 2009 г. нормам в Германии при модернизации эксплуатируемых зданий должна разрабатываться концепция вентиляции в случае, индивидуальном или многоквартирном жилом доме производится замена более трети существующих окон. Это означает, что «естественную» вентиляцию через негерметичные элементы конструкции, которая ранее выражалась в сквозняках, неприятном излучении холода и высоком потреблении энергии, необходимо компенсировать вентиляционной установкой, потому

что в ином случае более герметичное здание будет накапливать влажный воздух в помещении, что приведет к повреждению конструкции.

Нормы по вентиляции жилых помещений в Украине прописаны в ДБН В.2.2-15:2019 «Жилые дома. Основные положения». Главное условие по вентиляции помещений — обеспечить кратность воздухообмена в соответствии с нормативными показателями.

²⁴ Brasche, 2003 г.

Естественная вентиляция

Проветривание через окна (неорганизованная естественная вентиляция, залповое или интенсивное проветривание) кажется наиболее выгодным только на первый взгляд, потому что не требует инвестиционных затрат. Но в долгосрочной перспективе оно может стоить очень дорого, если проветривание будет проводиться недисциплинированно, что, судя по опыту, делает большинство пользователей здания. Также данный тип проветривания зачастую приводит к эксфильтрации воздуха из помещения через окна наружу, при наличии сообщающихся каналов естественной вытяжной вентиляции. При этом воздух будет инфильтрован с нижних этажей, что в свою очередь ухудшает показатели относительной влажности и CO_2 . Проектировщикам в любом случае необходимо проинформировать жильцов о рисках и предложить использовать вентиляционную установку.

Рекуперация тепла

Вентиляционная установка, автоматически регулирующая влагу в помещении, работает надежнее и эффективнее. В комбинации с рекуперацией тепла она помогает сэкономить энергию.

Рекуперация тепла рассматривается в первую очередь в случае комплексной энергетической модернизации здания. Если в старых неизолированных зданиях вентиляционные теплопотери составляют около 20 %, то в новых и модернизированных зданиях этот показатель может достигать 40–50 %.

Риск сквозных потоков воздуха (сквозняков)

Чтобы минимизировать риски сквозного воздуха в случае использования вентилятора, необходимо обращать внимание на следующие принципы:

В установках вытяжной и приточной вентиляции **без подогрева приточного воздуха**:

- минимальное расстояние между подачей воздуха и поверхностью нагрева (например, под окном, непосредственно над или за радиатором);
- целенаправленная подача воздуха в помещение с целью перемешивания наружного воздуха и воздуха в помещении;
- оптимизированная регулировка (например; сокращенный поток воздуха при низкой наружной температуре). Согласно ДБН В.2.2-15:2019, ДБН В.2.5-67:2013, ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014, ДСТУ Б EN 15251:2011 та ДСТУ Б CEN/TR 147888:2015 снижение нормативных показателей

воздухообмена возможно только при условии поддержания нормативных параметров влажности, CO_2 и ПДК вредных веществ в помещении и должно определяться по показаниям датчиков автоматически.

В установках приточно-вытяжной вентиляции или установках приточной вентиляции **с подогревом воздуха**:

- расположение подачи воздуха по возможности в зоне наружных стен; в случае расположения на внутренней стене – не располагать над дверями комнаты или использовать дальнобойные сопла;
- температура приточного воздуха должна максимально соответствовать температуре воздуха в помещении (например, за счёт эффективной рекуперации тепла).

Звукоизоляция

При звукоизоляции и вентиляции следует обратить внимание на такие моменты:

- Компоненты вентиляции в фасаде здания (например, вентиляционные приточные клапаны наружного воздуха) влияют на звукоизоляционные свойства ограждающих конструкций. Наружная эмиссия шума (особенно высокая, например, на улицах с интенсивным движением) сильно влияет на интенсивность и частоту проветривания.
- Следует выбирать вентиляторы с низкой эмиссией шума.
- В централизованных вентиляционных установках следует запланировать шумоглушитель, чтобы избежать переноса звуков между комнатами.

Поведение пользователей

Улучшенная теплоизоляция может частично компенсировать объемы потребления энергии при более высокой температуре помещения, но не будет иметь практически никакого эффекта, если возрастет воздухообмен из-за усиленного проветривания через окна. Использование принудительных вентиляционных систем предоставляет возможность сократить влияние пользователей. Новые исследования показывают, что многие пользователи существенно сокращают проветривание через окна в квартирах с принудительной вентиляцией, если они были достаточно проинформированы. Таким образом теоретический потенциал энергосбережения вентиляционной техники используется на практике.

6.3 Естественная вентиляция

Организованная (шахтная) вентиляция возникает, в основном, вследствие термической подъемной силы в вентиляционных каналах. Вентиляционные клапаны наружного переточного воздуха и вентиляционные шахты рассчитываются с учетом сокращения проветривания.

Если квартиры оснащены системой естественной вентиляции, необходимо предусмотреть разные

уровни вентиляции: пониженный (только продувочная вентиляция для защиты от влаги), номинальный и интенсивный (открытие окон пользователями, составление графика проветриваний для контроля за потерями тепла в помещениях).

В отличие от естественной вентиляции, принудительная вентиляция позволяет сократить вентиляционные теплопотери при соблюдении требований по гигиене помещений и защите здания.

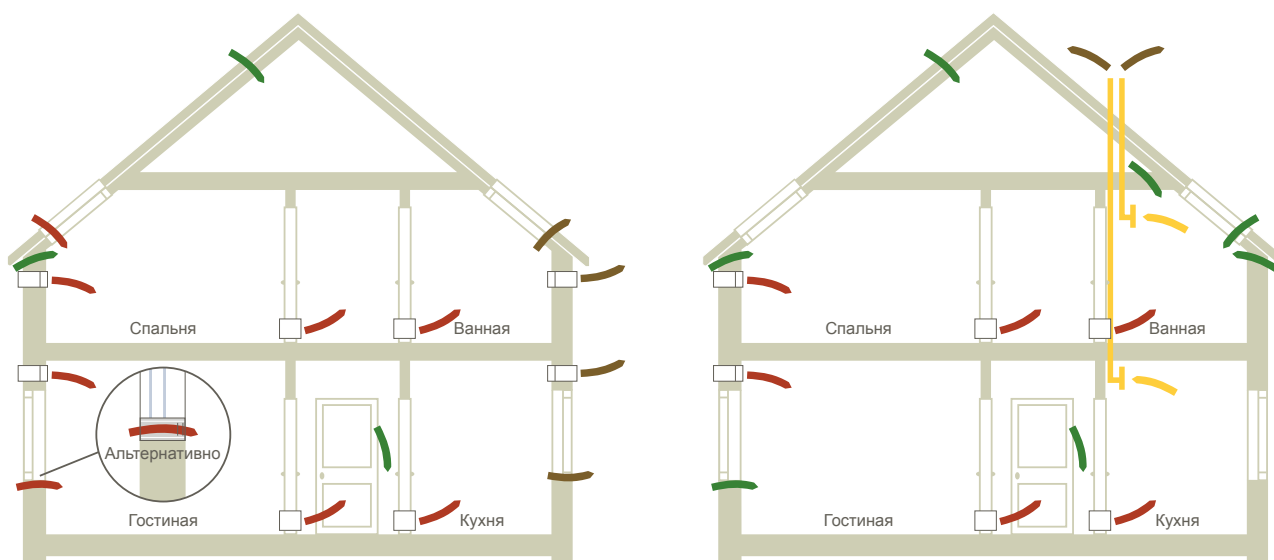


Рисунок 49: Продувочная (слева) и шахтная (справа) вентиляция

6.4 Децентрализованные системы механической вытяжной вентиляции

В случае децентрализованных систем вытяжной вентиляции системы устанавливаются непосредственно во влажных помещениях или на кухне. Энергосберегающий режим работы децентрализованных установок вытяжной вентиляции достигается путем регулирования, ориентируемого на потребности. В помещениях с отводом воздуха (как правило, влажные помещения, например,

кухня и ванная) вентиляционные каналы оснащены отдельными вентиляторами. Во всех помещениях с притоком воздуха (как правило, гостиные, детские или спальни) для поступления свежего воздуха следует устанавливать вентиляционные клапаны наружного воздуха (например, в оконной перемычке, в подоконнике, окне фальце или в наружной стене).

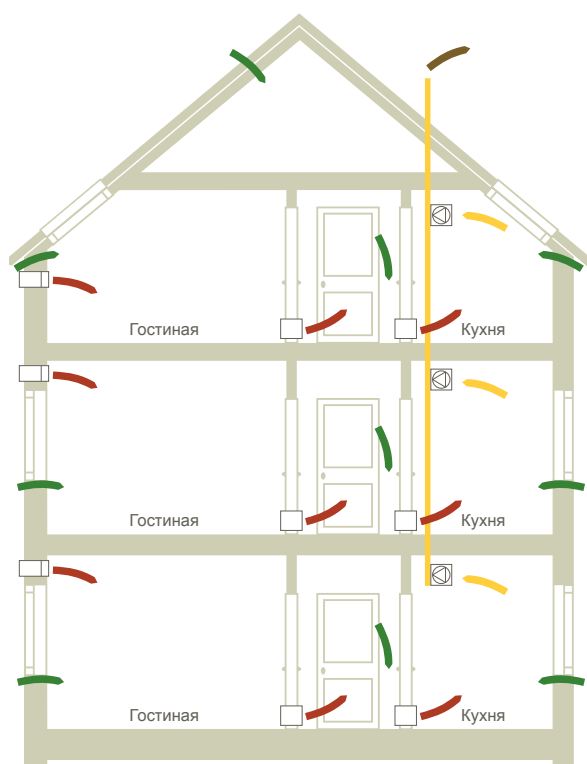


Рисунок 50: Децентрализованная система мехмеханической вытяжной вентиляции

По сравнению с приточно-вытяжными системами затраты здесь значительно ниже, а встраивать децентрализованные вентиляционные установки в зданиях, находящихся в эксплуатации, значительно проще. Этому противопоставляются потенциальный риск сквозных воздушных потоков на вентиляционных решетках наружного воздуха, а также отсутствие возможности рекуперации тепла.

Надо иметь в виду, что при использовании систем, работающих только во время использования ванной комнаты (подключение к выключателю света с реле времени), и одновременным отсутствием вентиляционного клапана наружного воздуха достаточная вентиляция не обеспечивается.

Современные решения рассчитаны на постоянный режим работы. Вентиляционные клапаны наружного воздуха – это обязательный элемент в случае герметичной ограждающей конструкции.

Децентрализованные системы механической вытяжной вентиляции

Преимущества

- Легкий монтаж в эксплуатируемых зданиях
- Низкие инвестиционные затраты
- Небольшая занимаемая площадь

Недостатки

- Риск сквозных потоков на вентиляционных решетках наружного воздуха
- Ограниченная рекуперация тепла
- Работа ограничена подключением к выключателю

Сферы применения

- Модернизация многоквартирных домов с ванными/туалетами, расположенными внутри квартиры, для выполнения строительных норм
- Установки с постоянным режимом работы и управлением по потребности возможно также использовать при энергетической модернизации и в новостройках.

Регулировка

- Включатель/выключатель (в помещении или в месте пользования).
- Минимум 3-хступенчатое переключение потока воздуха с временной программой или вентиляция, ориентированная на потребность, с необходимым параметром управления (например, влага или CO_2).
- Ограничение максимального режима работы по времени.
- Дополнительно: снижение потока воздуха при низкой температуре наружного воздуха.

6.5 Центральные системы механической вытяжной вентиляции

Механические установки принудительной вытяжной вентиляции отводят использованный воздух и влажность из мест их образования. Вентиляционная установка располагается в здании, как правило, на крыше или на чердаке.

Обеспечения энергосберегающего режима работы установок центральной вытяжной вентиляции можно добиться за счет регулировок, ориентированных на обеспечение минимального нормативного воздухообмена. В помещениях с отводом воздуха (как правило, влажные помещения, например, кухня и ванная) вентиляционные каналы оснащаются вытяжными вентиляционными решетками. Во всех помещениях с притоком воздуха (как правило, гостиные, детские или спальни) для поступления свежего воздуха следует устанавливать вентиляционные клапаны наружного воздуха (например, в оконной перемычке, в подоконнике, оконном фальце или в наружной стене).

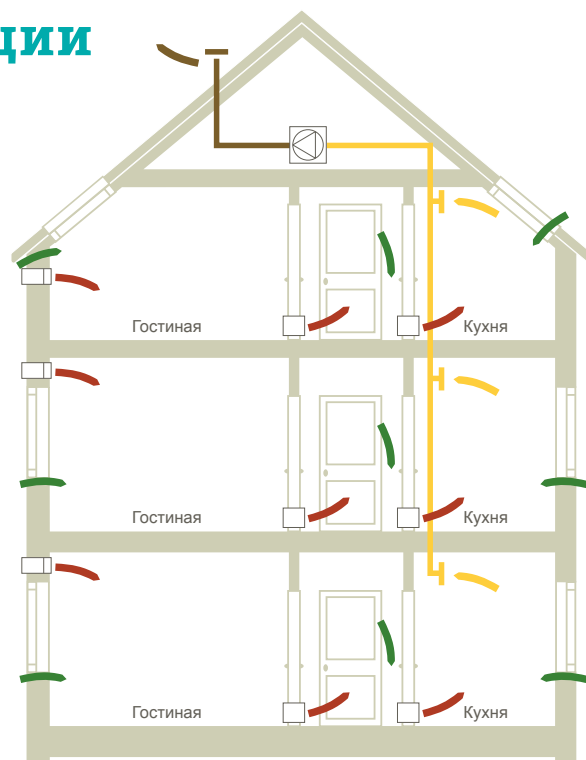


Рисунок 51: Центральная система вытяжной вентиляции

Центральные системы вытяжной вентиляции

Преимущества

- Легкий монтаж в эксплуатируемых зданиях
- Низкие инвестиционные затраты
- Небольшая занимаемая площадь

Недостатки

- Риск сквозных потоков на вентиляционных решетках наружного воздуха
- Ограниченная рекуперация тепла (возможен тепловой насос)
- Вариативность

Сферы применения

- Модернизация многоквартирных домов с наличием вентиляционных шахт.
- Установки с постоянным режимом работы и управлением по потребности, возможно также использование при энергетической модернизации и в новостройках.

Регулировка

- Включатель/выключатель.
- Минимум 3-х ступенчатое переключение потока воздуха с временной программой или вентиляция, ориентированная на потребности, с необходимым параметром управления (например, влага или CO₂).
- Ограничение максимального режима работы по времени.
- Самостоятельная настройка мощности подачи вентилятора на необходимый поток воздуха.
- Дополнительно: снижение потока воздуха при низкой температуре наружного воздуха.

Для объёмных строительных работ в зданиях, находящихся в эксплуатации, перед работами по слоу **рекомендуется провести первый тест на герметичность здания (Blower-Door)** и в дальнейшей координации действий исходить из результатов нескольких тестов Blower-Door, чтобы шаг за шагом достичь необходимого конечного результата.

6.6 Децентрализованная вентиляционная установка с рекуперацией тепла

При комплексной модернизации может рекомендоваться и децентрализованная вентиляционная установка с рекуперацией тепла, для которой не нужна сложная система вентиляционных каналов.

В случае децентрализованных приточно-вытяжных систем вентиляционные приборы устанавливаются в каждом помещении (например, как элемент оконной рамы, в районе подоконника или в наружной стене). При этом вентиляторами оснащаются либо отдельные, либо все помещения. Децентрализованные установки просты в обслуживании. Производители предлагают базовые настройки «длительное проветривание», «продувочная вентиляция» или «залповое проветривание».

При монтаже необходимо учитывать требования к оформлению фасадов (особенно находящихся под защитой памятников архитектуры) и в отношении звукоизоляции в помещениях с повышенными требованиями к защите (например, спальни).

Исходя чисто из точки зрения инвестиционных затрат, этот вариант является выгодным, однако не таким эффективным, как центральная вентиляционная установка. Кроме того, каждое вмешательство в ограждающие конструкции представляет собой

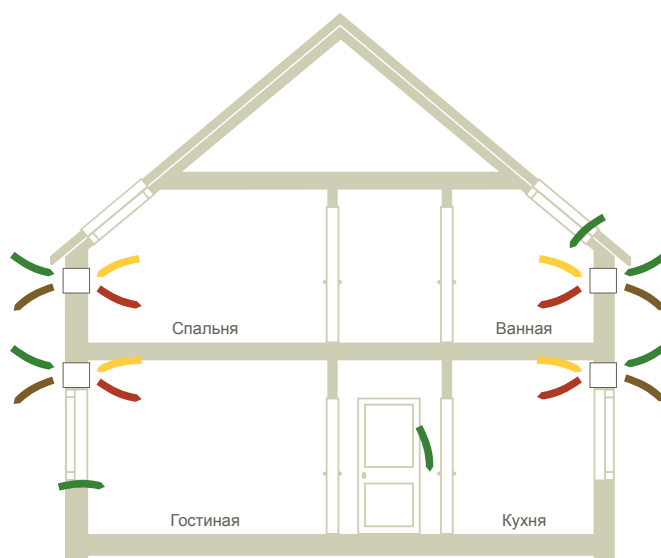


Рисунок 52: Децентрализованная система приточно-вытяжной вентиляции

потенциальное слабое место. Может также ухудшиться звукоизоляция стены. Каждый отдельный вентилятор – это температурный мост. При монтаже особое внимание следует уделять герметичности подключения. Элементы должны быть малошумными, иметь высокую долю рекуперации тепла мин. 75 % и не требовать много энергии для пуска.

Децентрализованные системы приточно-вытяжной вентиляции

Преимущества

- Легкий монтаж в эксплуатируемых зданиях
- Сокращение риска повреждения зданий
- Возможна рекуперация тепла
- Гигиена воздуха в помещении (фильтрация воздуха)

Недостатки

- Вмешательство в фасад
- Неопределенная общая ситуация квартиры
- Источник шума в спальнях
- Доступность для технического ухода

Сферы применения

- Точечное использование для сокращения риска повреждения здания и для наружной звукоизоляции, прежде всего в эксплуатируемых зданиях

Регулировка

- Включатель/выключатель.
- Минимум 3-хступенчатое переключение потока воздуха с временной программой или вентиляция, ориентированная на потребности, с необходимым параметром управления (например, влажность или CO_2).
- Ограничение максимального режима работы по времени.
- Переключение на летний/зимний режим (например, режим ожидания для теплообменника).
- Возможность включения в отдельном помещении.
- Дополнительно: снижение потока воздуха при низкой температуре наружного воздуха.

6.7 Центральная система вентиляции с рекуперацией тепла

Центральная система вентиляции с рекуперацией тепла экономит энергию, производя предварительный нагрев свежего наружного воздуха от тепла исходящего воздуха. Это сокращает расходы на отопление и не допускает холодных сквозных потоков. Высокоэффективные приборы могут утилизировать

до 90 % тепловой энергии. Благодаря автоматической регулировке вентиляции создается минимальный воздухообмен, необходимый с точки зрения гигиены и строительной физики. Вентиляционные каналы летними ночами можно использовать для подвода более прохладного воздуха в жилые помещения.

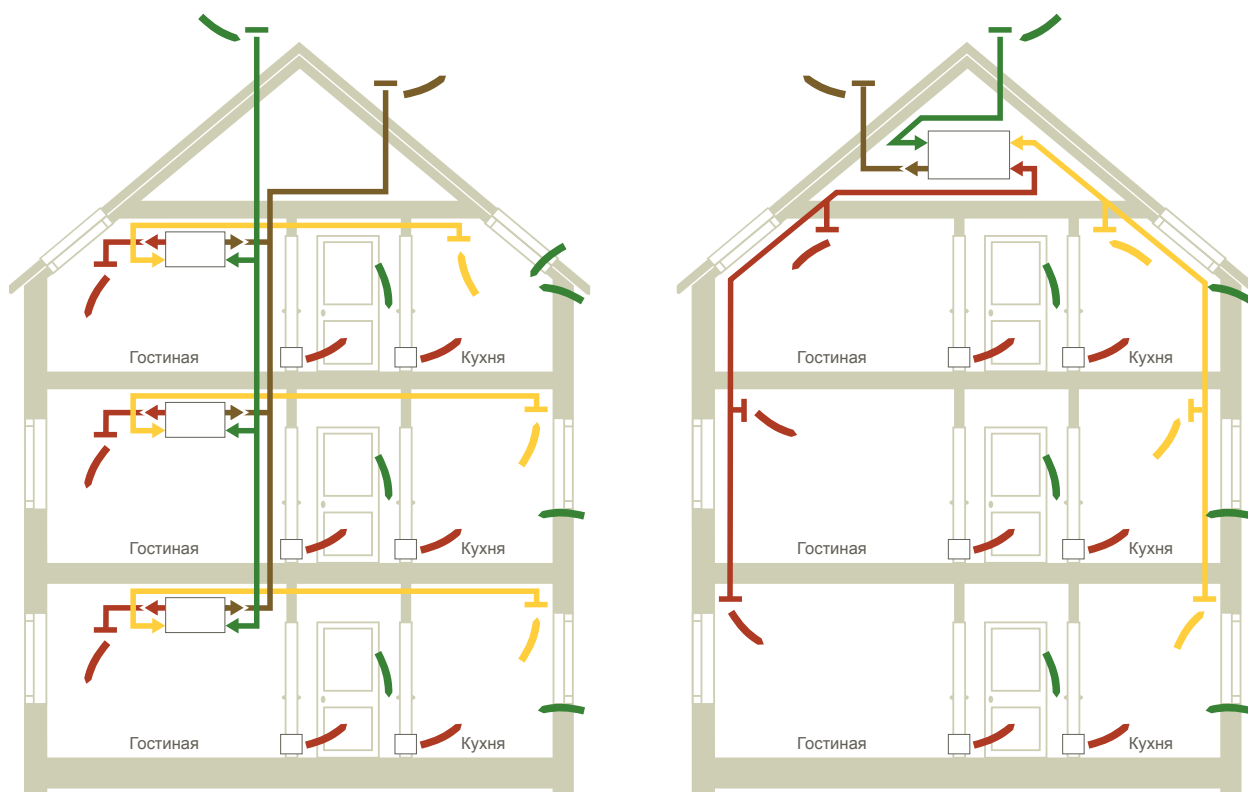


Рисунок 53: Центральная приточно-вытяжная вентиляционная установка: по 1 прибору на квартиру (слева) и 1 прибор на все здание (справа)

Эта система требует больших затрат. Как во время проектирования модернизации эксплуатируемого здания, так и во время ее реализации размещение вентиляционных каналов и установок необходимо тщательно продумывать и планировать. Вертикальные магистрали часто можно встроить в старые дымоходы или вентиляционные шахты. Однако, необходимо проверить, находятся ли вертикальные тяги отдельных этажей действительно одна над другой, или же имеются смещения.

Оптимизированная прокладка вентиляционных каналов предполагает установку подвесных потолков, но в ограниченном объеме, например, в коридорах, санитарно-бытовых или вспомогательных помещениях, в которых внутренняя высота помещений может быть

меньше, чем в жилых помещениях, при этом вносимые изменения не должны снижать качество проживания. Вентиляционные каналы должны быть как можно короче, например, проходить сквозь коридоры, а из них, по возможности над подвесным потолком, отводиться в вентилируемые помещения.

Правильный выбор поперечных разрезов, решение о форме поперечного разреза вентиляционных каналов (например, овальные, круглые или прямоугольные), а также о выборе материала (спиральная фальцовка, пластик, текстиль) в эксплуатируемых зданиях принимается, прежде всего, в зависимости от существующей высоты поперечных разрезов помещений.

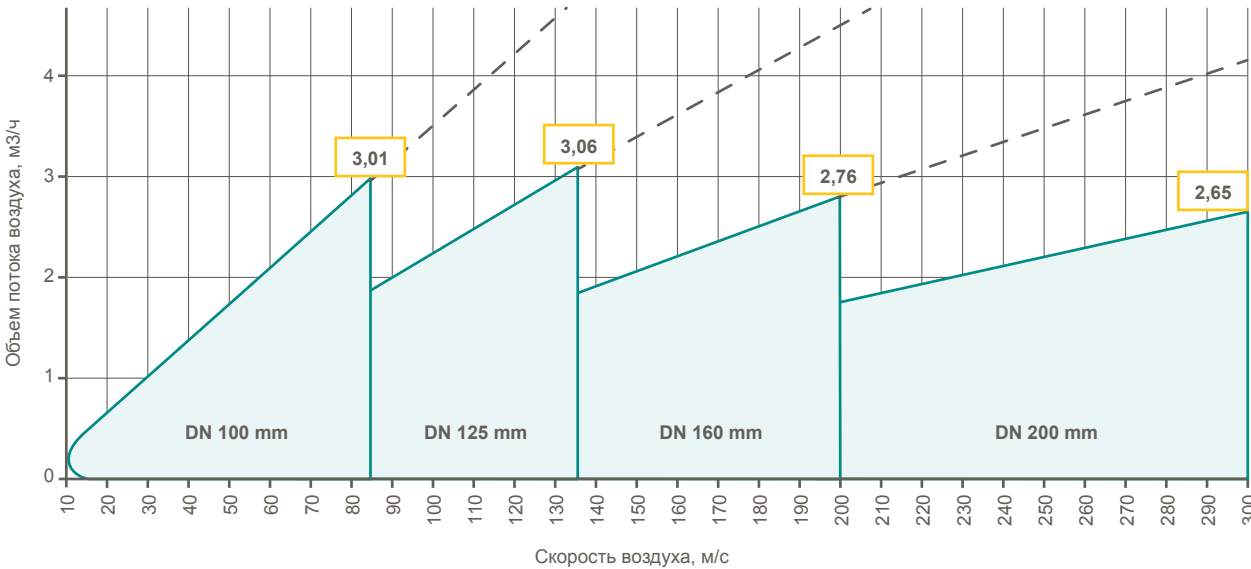


Рисунок 54: Приблизительные параметры вентиляционных каналов согласно норме DIN 1946-6

Переток приточного воздуха к помещениям и/или между помещениями обеспечивают подрезы нижней кромки дверей или монтаж вентиляционных решеток

в нижней части дверного полотна. Они должны быть достаточного размера (см. Таблица 11).

Минимальная свободная площадь, см²		Переток потока воздуха, м³/ч									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Принудительная вентиляция	Двери с уплотнителем на боках и вверху	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
	Двери без уплотнителя	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225

Регулировка

- Включатель/выключатель.
- Минимум 3-хступенчатое переключение потока воздуха с временной программой или вентиляция, ориентированная на потребности, с необходимым параметром управления (например, влага или CO₂).
- Ограничение максимального режима работы по времени.
- Переключение на летний/зимний режим.
- Самостоятельная настройка мощности подачи вентилятора на необходимый поток воздуха.
- Приоритетное использование тепла от рекуперации.
- Дополнительно: снижение потока воздуха при низкой температуре наружного воздуха.

6.8 Указания к пользованию

Регулярный технический уход и текущий ремонт являются необходимым условием для работы приточно-вытяжной вентиляции и обеспечения необходимых гигиенических и энергетических параметров. Для того, чтобы создать условия для технического ухода и ремонта, на этапе проектирования и монтажа приточно-вытяжной вентиляции необходимо обратить внимание на следующие моменты:

- отверстия в вентиляционных каналах для проверки или очистки;
- возможность демонтажа вентиляционных решеток;
- легкая доступность к основным компонентам (напр., фильтрам, вентиляторам, теплообменнику);
- индикация состояния фильтра (например, падение давления или время простоя);
- очистка или замена фильтра в зависимости от степени загрязнения;
- контроль объема потока воздуха;
- контроль функции регулировки и управления;
- проверка компонентов на загрязнение, коррозию и повреждение;
- ремонт или замена неработающих или изношенных компонентов.

Текущий ремонт вентиляционно-технического сооружения рекомендуется проводить каждые 2 года. Воздушные фильтры надо очищать или менять минимум один раз в полгода.

Регулярный технический уход с учетом приведенных выше пунктов является решающим условием для постоянного обеспечения высоких стандартов гигиены. Основное внимание при этом следует уделять приточным и вытяжным вентиляционным каналам и компонентам, потому что загрязнение или образование конденсата в этих зонах оказывают непосредственное негативное влияние на качество воздуха в помещениях.

07

Возобновляемые источники энергии

При модернизации здания может рассматриваться использование солнечной энергии для производства электроэнергии или тепла. Для использования возобновляемых источников энергии в виде фотоэлектрических установок или солнечных

коллекторов во время анализа исходных данных следует проверить, какие площади потенциально имеются в наличии (например, крыша здания), ориентацию и нагрузки здания, затенение элементов соседними зданиями и т. д.

7.1 Солнечная тепловая энергия

Солнечные тепловые установки используются для горячего водоснабжения и могут также частично покрывать потребность в технической горячей воде для отопления. Расчетная потребность в горячей воде, находящиеся в распоряжении площади, ориентация здания и эффективность коллекторов дают в результате уровень покрытия потребности в тепловой энергии.

Привлечение инженеров-строителей

коллекторы тяжелее солнечных панелей. В целом следует исходить из 50 кг/м² дополнительной нагрузки. Поэтому основа под них должна обладать достаточной несущей способностью. Инженеры по статике должны оказывать поддержку проектировщикам и архитекторам.

Определение мощности установки

Инженер-проектировщик определяет, какая мощность требуется и как ее можно достичь с учетом имеющейся в наличии площади. Важным параметром при использовании солнечных коллекторов в эксплуатируемых зданиях является потребность в площади для системы аккумуляции тепла, т. е. для накопителя горячей воды (в т. ч. для отопления) или буферного накопителя.

При использовании солнечного тепла в расчетах следует исходить приблизительно из 5 м² площади коллектора на 300 литров накопителя горячей воды для домохозяйства из 4 человек. Этим можно покрыть около 60 % потребности в горячем водоснабжении. В случае, если дополнительно требуется поддержка отопительной системы (двойная система), то необходимо приблизительно 10–20 м² площади коллектора и другой тип накопителя большего объема, например, бойлер послойного нагрева минимум на 750 литров. При помощи этого можно покрывать от 20 до 25 % общей потребности в энергии для отопления и подготовки горячей воды при условии, что ограждающие конструкции здания хорошо теплоизолированы, а его общая потребность в энергии значительно снизилась. Для многоквартирных зданий следует произвести новые расчеты, основываясь на этих цифрах.

Если крыша ориентирована на юго-запад (+45°) и юго-восток (-45°), а ее наклон составляет от 10° до 50°, то суммарная годовая радиация будет максимум на 10 % ниже от оптимальной (ориентация на юг, наклон крыши 35°). Если же скатная крыша ориентирована на восток или запад, то радиация снижается на пр. 20 %, на юг – на пр. 30 %. Это соотношение является действительным и для солнечной радиации, используемой для производства электроэнергии.

Применение

Производимое коллекторами тепло может применяться для горячего водоснабжения или для горячего водоснабжения и поддержки отопительной системы во время переходных сезонов (комбинированные установки).

В случае стандартной гелиоустановки для горячего водоснабжения речь идет о двухконтурной системе с одним внутренним теплообменником для накопления солнечного тепла и вторым – для дополнительного подогрева от отопительного котла. В накопителе находится вода, максимальная температура которой ограничивается термостатным трехходовым смесителем.

Комбинированные установки во время переходных сезонов могут оказывать поддержку отоплению помещений. Горячая водоподготовка в комбинированных установках осуществляется либо за счет внутреннего теплообменника (проточный принцип), либо через систему подогрева воды, в которой холодная питьевая вода подогревается в пластинчатом противоточном теплообменнике от горячей воды в буферном накопителе.

Сегодня на рынке есть солнечные коллекторы с функцией термического предохранителя. Коллектор отключается после достижения определенной температуры и полного нагрева накопителя.

В отношении параметров тепловых гелиоустановок важную роль играют степень солнечного покрытия и коэффициент использования системы. Увеличение площади коллектора для повышения степени солнечного покрытия в большинстве случаев приводит к излишкам неиспользуемой тепловой энергии в летние месяцы. Особенно тщательно должны рассчитываться системы поддержки отопительной системы. Коэффициент использования системы описывает эффективность всего контура коллектора.

Большинство гелиоустановок, которые продаются и устанавливаются в Центральной Европе, работает с незамерзающей жидкостью-теплоносителем, смесью воды и пропиленгликоля. Система управления запускает энергоэффективный насос контура гелиоустановки, если температура в коллекторе опускается на несколько градусов ниже, чем температура в нижней части накопителя. Недостающее тепло должно подаваться от дополнительного подогрева.

Накопитель

В частных домах на одну семью для горячей водоподготовки преимущественно используются эмалированные стальные емкости. На больших объектах тепло, полученное от солнца, из соображений гигиены и энергетики аккумулируется в буферных резервуарах. Таким образом можно избежать термической дезинфекции для борьбы с легионеллезом и связанного с этим расходом энергии.

Четкое температурное расслоение – это основное условие для высокого температурного уровня в резервной зоне и одновременного наличия холодной нижней зоны. Благодаря этому режим подогрева включается редко, а гелиоустановка может работать с хорошим коэффициентом полезного действия даже при низкой солнечной радиации и низком температурном уровне. Сплошная теплоизоляция, особенно в верхней зоне накопителя, а также сифонные затворы – это следующие признаки хорошего накопителя гелиосистемы. Буферные резервуары имеют некоторые преимущества по сравнению с накопителями, заполненными питьевой водой:

- можно отказаться от противокоррозионной защиты (анод с подводом тока от постороннего источника, «приносимый в жертву» гальванический анод);
- вследствие отсутствия угрозы известковых отложений максимальная температура накопителя может достигать 95 °C (накопитель горячего водоснабжения – 60 °C);
- по сравнению с накопителями горячего водоснабжения не имеют риска легионеллеза;
- нет необходимости в теплообменнике для дополнительного нагрева.



7.2 Фотоэлектрические установки

Фотоэлектрические установки используются для преобразования солнечной энергии в электрическую энергию.

Привлечение проектировщиков-специалистов

При проектировании фотоэлектрической установки необходимо привлечь квалифицированного инженера, который сможет спрогнозировать общую мощность, которой можно достичь на определенном месте расположения в зависимости от угла установки солнечных панелей по отношению к оси север-юг, а также в зависимости от зафиксированной региональной радиации и номинальной мощности модулей.

Годовая инсоляция в Украине в зависимости от региона составляет от 1170 кВт·ч/м² до 1438 кВт·ч/м².

Оценка поверхности крыши и производительности установки

В зависимости от мощности фотоэлектрических модулей для производительности 1000 кВт·ч требуется около 6–7 м² площади крыши. Таким образом можно приблизительно оценить производительность

солнечной установки. Для более точного расчета можно использовать карты инсоляции и базы климатических данных, годовую инсоляцию и, соответственно, более точно рассчитать коэффициент использования энергии. Квалифицированный инженер должен провести моделирование запланированного места монтажа, чтобы оптимизировать направление солнечных панелей.

Привлечение инженера-строителя

Установка или прокладка солнечных панелей на крыше в большинстве случаев проблем не вызывает, потому что фотоэлектрические элементы весят около 15 кг/м² и не оказывают слишком большую дополнительную нагрузку. Тем не менее необходимо пригласить инженера-строителя для проверки несущей способности и возможности крепления. Следует тщательно спроектировать прокладку линий по ограждающим конструкциям и выполнить ее герметично, например, используя уплотняющие манжеты.

Проверка затенения

При установке на плоской крыше дополнительно к затенению соседними зданиями или растениями следует учитывать собственное взаимное затенение одних элементов другими.

7.3 Координация проектирования и практическая реализация

Координация строительных работ должна учитывать функциональные, электротехнические и необходимые эстетические аспекты.

Оптимальная ориентация и наклон

Для условий Украины оптимальной является южная ориентация с углом 35–45°.

Эффект самоочистки

При установке с углом наклона минимум 12 % эффекта самоочистки достаточно для того, чтобы исключить сокращение мощности модулей вследствие загрязнения. Однако в случае сильного снегопада, как правило, этого угла наклона недостаточно, чтобы обеспечивать соскальзывание снежных масс. Проектировщик должен донести этот факт.

Визуальное восприятие установки

Особенно для зданий, находящихся под охраной в качестве памятников архитектуры, а также для городской застройки или исторических центров городов обязательно своевременно согласовывать установку фотоэлектрических установок с соответствующими службами.

Контроль

Регулярная проверка фотоэлектрических установок на основе мониторинга – это важный контроль качества. Она обеспечивает высокий коэффициент использования энергии и гарантирует экономически выгодную эксплуатацию. Очень быстро распознаются ресурсные мощности, дефекты и повреждения.

Противопожарная безопасность

В случае пожара проблема солнечных панелей заключается в том, что даже после отключения установка остается под напряжением, поскольку модули сами по себе являются источниками напряжения. Для пожарной службы тушение пожара в здании с фотоэлектрическими установками может оказаться проблематичным, потому что вода для тушения может находиться под напряжением. Кроме того, следует учитывать, что солнечные модули на крыше могут перекрыть путь для тушения пожара через крышу.

Необходимо соблюдать определенные/установленные минимальные расстояния, как и в случае с другим низковольтным электрическим оборудованием. Промышленность предоставляет технику для мониторинга, которая в случае возгорания отключает напряжение непосредственно на каждом модуле, исключая поражение током.

Молниезащита

Фотоэлектрическая установка должна быть интегрирована в молниезащитное оборудование. Таким образом, необходимо проверить наличие молниезащитной установки, а также ее соответствие современным техническим требованиям. В старых зданиях она часто устанавливается впервые.

08

Инструменты контроля качества

Качество исполнения строительных работ играет решающую роль в достижении запланированной экономии энергии, желаемого комфорта проживания и в обеспечении долгосрочной эксплуатации здания. Для обеспечения высокого качества строительного проекта могут использоваться различные инструменты.

Контроль качества следует начинать еще на этапе разработки концепции энергетической модернизации здания и проводить его и далее: во время проектирования, строительных работ и до сдачи в эксплуатацию.

8.1 Интегрированное планирование

Как строительство нового дома, так и энергетическая модернизация являются сложной и комплексной задачей. Необходимо учитывать и соблюдать законодательные требования к теплоизоляции и противопожарной охране, взаимодействие между разными видами работ как при проектировании, так и при проведении строительных работ (архитектура, наземное строительство, статика, техническое оснащение зданий), пожелания пользователей, температурный комфорт, существующие повреждения, инвестиционные и эксплуатационные расходы и т. д. Чтобы как можно лучше справиться с этими сложными задачами, рекомендуется использовать подход интегрированного планирования.

Интегрированное планирование – это креативный процесс группы экспертов различной специализации, направленный на решение сложной, как правило, технической задачи. Оно означает комплексный подход к проектировке сооружений, т. е. интегрированное планирование требует одновременного взаимодействия всех задействованных в процессе планирования направлений и действующих лиц. Своевременное привлечение всех необходимых экспертов к работе проектной группы, а также их одновременная и

согласованная работа над задачей проекта – это центральный элемент данного подхода. Их привлечение еще на этапе составления концепции имеет чрезвычайно большое значение, потому что этап планирования будет играть решающую роль в формировании жизненного цикла здания.

Например, если принимается решение установить вентиляционную установку в здании, находящемся в эксплуатации, рекомендуется заблаговременное согласование проектирования как минимум между архитектором и инженерами по вентиляционной технике, отоплению, электротехнике и статике здания. При помощи этого подхода еще на начальном этапе проектирования можно комплексно проанализировать представления об оборудовании помещения, имеющийся бюджет и все определенные собственником целевые показатели, а также оценить возможности их реализации. Параллельно формируется взаимодействие между постоянно добавляющимися техническими решениями и целями собственника, что влияет на уточнение и при необходимости внесение изменений в проект.

8.2 Контроль за строительными работами

Рекомендуется, чтобы на месте строительных работ проект сопровождался независимыми экспертами, что повышает качество реализации строительного проекта. Регулярные проверки, проводимые независимыми экспертами, способствуют повышению качества строительства, а также обеспечивают надлежащее использование финансовой поддержки в строительных проектах.

Перед началом работ необходимо провести совещания со всеми исполнителями, чтобы повысить их понимание целей энергетической модернизации и важных аспектов строительных работ. Необходимо четко обсудить со всеми сторонами, участвующими в строительстве, вопрос о проведении особенной модернизации, целью которой является теплоизоляция ограждающих конструкций здания без просветов, герметичность и избежание тепловых мостов. Строители должны быть четко проинформированы об этом, так как ноу-хау на строительной площадке иногда еще не находятся на требуемом уровне. Если после выполнения проекта планируется использование инструментов проверки качества (например, тест на герметичность или термография), то обсудить это необходимо заранее, чтобы достичь необходимого качества в процессе строительства.

В Украине после объявления тендерной процедуры о начале строительных работ заказчик строительства может провести предтендерную встречу потенциальных исполнителей. Сам заказчик только показывает объект, всю процедуру разъяснения технических решений и требований к исполнителю проводят энергоаудитор и проектировщик как основные стратеги в реализации проекта. В этой процедуре есть риск получения жалобы от проигравшей стороны (коррупционный риск), поэтому в тендерном досье должно быть четко прописано, что данное мероприятие проходит на добровольной основе, никакой регистрации не проводится, заказчик только показывает объект и не участвует ни в каких обсуждениях и брифингах. Время и место проведения предтендерной встречи сразу прописывают в тендерном досье.

Также заказчик может провести тендер, состоящий из 2-х этапов: первый – это отбор квалифицированных исполнителей; второй – непосредственно ценовые предложения от отобранных участников. Этот вариант требует более длительного срока проведения тендерной процедуры и более квалифицированного тендерного досье.

Во время осмотра строительной площадки следует проверять критичные места. Например, выполнение герметичности примыкания окон, возможные нарушения герметичных уровней, отсутствие разрывов при прокладке слоев теплоизоляции, теплоизоляцию трубопроводов и вентиляционных каналов, настройку отопительных и вентиляционных систем и т. д.

Необходимо также сверять качество строительных материалов и компонентов (особенно теплоизоляции и окон) с характеристиками, заявленными в тендере. Изменение систем и качества материалов может иметь негативное влияние на результаты строительных работ. Обычно на строительной площадке происходят изменения по сравнению с проектной документацией, все изменения должны быть обсуждены с проектировщиком. Изменения могут влиять на результаты сертификата энергоэффективности здания и возможно на финансовую поддержку.

За качеством проведения строительных работ в Украине осуществляют надзор:

- технический надзор, квалифицированный специалист, имеющий сертификат государственного образца, его выбирает заказчик²⁵;
- авторский надзор, непосредственно проектировщик, который разрабатывал проектно-сметную документацию (выполнение нормы ДСТУ-Н Б А.2.2-11:2014 Настанова щодо проведення авторського нагляду за будівництвом);
- со стороны государства - Государственная архитектурно-строительная инспекция;

²⁵ Закон Украины «О регулировании градостроительной деятельности»

- возможно привлечение дополнительного технического эксперта при наличии договора с заказчиком (а также отдельного финансирования такого вида работ);
- технические представители поставщиков материалов, оборудования, технологий и т. д. (они имеют право следить только за своими материалами, оборудованием, технологией и т. д.);

этот вид надзора для заказчика бесплатный. При проведении такого надзора часто проводится и обучение не только по монтажу, но и по правильной эксплуатации нового оборудования, систем и т.д.

Остановить строительные работы на площадке может технический надзор, авторский надзор, государственная инспекция и сам заказчик.

8.3 Тест на герметичность

Тест на герметичность ограждающих конструкций, или аэродвери (англ. Blower-Door-Test), используется для проверки герметичности здания или квартиры. Во время теста в проёме входной двери устанавливается съёмная дверная панель из плёнки, в которой находится вентилятор. Вентилятор обеспечивает постоянное давление, при этом производятся замеры с тем, чтобы выяснить, сколько воздуха необходимо добавлять, чтобы удерживать это давление. Проводится испытание на пониженное и избыточное давление, а затем усредняется результат. Если установленные граничные показатели превышаются, это свидетельствует о наличии негерметичных мест,

которые можно определить, например, при помощи дымовой шашки (генератора концертного дыма).

Для общего результата герметичности потоки воздуха отдельных измерений суммируются и делятся на общий внутренний объем здания, результат – это показатель воздухообмена при давлении 50 паскалей. Предельные значения отличаются в соответствии с планируемым стандартом энергоэффективности. При установке механической системы вентиляции предъявляются более высокие требования.

Жилые здания	
Класс энергоэффективности здания	Кратность воздухообмена, 1/час
C	2,0
B	1,5
A	0,8

Таблица 8: Кратность воздухообмена при давлении 50 Паскаль²⁶

Наличие негерметичных мест может быть обусловлено утечками на наружных стенах, крыше или пропусками на внутренней штукатурке, например, при выполнении

пристенного монтажа. Даже там, где установка розеток, расположенных в нижних слоях штукатурки, производилась неправильно, может проникать воздух.

²⁶ ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»



Рисунок 55: Тест на герметичность

Тест на герметичность можно проводить как до выполнения работ по модернизации, так и после них. Тест во время строительства позволяет искать и устранять негерметичные места вместе со строителями на стройплощадке. Таким образом строители учатся выполнять работу более качественно в критичных местах. После выполнения энергетической модернизации тест позволяет определить качество выполненных строительных работ. Благодаря контролю качества уровней герметичности собственники, проектировщики и исполнители работ могут получить больше уверенности в достижении поставленных целей модернизации.

Тест на герметичность необходимо проводить, пока уровни герметичности еще находятся в свободном доступе. Для обеспечения качества уровня герметичности работы следует проверять сразу же после их исполнения рабочими или специалистами.

К измерению герметичности относится и полный осмотр здания для подтверждения того, что оно находится в состоянии, пригодном для проверки. После проведения теста на герметичность в соответствии с нормой EN 13829 необходимо осуществить точечное определение мест утечки. Утечки регистрируются в отчете таким образом, чтобы в течение гарантийного срока строительных работ можно было исправить выявленные нарушения. При окончательной проверке воздухопроницаемости здания уровень герметичности находится часто внутри конструкции. Видимый уровень (например, гипсокартонный лист с обоями) тогда не совпадает с уровнем герметичности (расположенная внутри паро- и воздухопроницаемая пленка). Тем не менее в окнах и дверях часто встречаются утечки. Герметичность может быть улучшена позже путем проверки и замены уплотнений, а также лучшей регулировки оконных или дверных створок.

Измерение герметичности в многоквартирных домах

Для проведения теста на герметичность в многоквартирных домах с центральной лестничной клеткой аэродвери устанавливаются, как правило, на лестничной клетке, а двери квартир и комнат остаются открытыми. Все здание измеряется как одна зона.

В домах с крытой галереей каждая квартира проверяется отдельно, потому что все двери квартир выходят наружу. При перепаде давления, которое производится вентилятором аэродвери, воздух может также проникать по внутренним утечкам между квартирами. Проектировщикам и исполнителям работ можно порекомендовать делать герметичной каждую квартиру, а также обязательное проведение теста на герметичность в нескольких квартирах, чтобы на этом примере проверить наличие утечек и минимизировать их.

8.4 Термография

Инфракрасная термография – это важный инструмент для обследования и оценки термического состояния здания (или ограждающих конструкций здания), а также для определения температурных мостов и дефектов воздухо- и паронепроницаемости здания, которые могут быть допущены при проектировании или проведении строительных работ.

Тепловизионная съемка показывает излучение тепла анализируемого объекта на основе температуры его поверхности. На термограмме здания можно увидеть интенсивность теплопотерь здания по разным цветам изображения. Цвет от светло-желтого до белого показывает те места, где теряются особенно большие объемы энергии.

Тепловизионное обследование рекомендуется проводить как до энергетической модернизации здания, так и после нее. Термография после выполнения модернизации может, во-первых, определить места утечек во время проведения теста на герметичность, а во-вторых, помочь проверить наличие температурных мостов и разрывов в теплоизоляции конструкции наружных стен.

Внимательный учет общих условий

Немецкая федеральная ассоциация прикладной термографии (VATH) разработала рекомендации по проведению тепловизионных обследований зданий, в которых описаны требования к их планированию и проведению как в отношении тепловизионных камер, так и в отношении персонала. Согласно этим рекомендациям, при проведении тепловизионной съемки необходимо учитывать следующие условия:²⁷

- Разница температуры снаружи и внутри здания должна достаточный период времени составлять минимум 15 К (в некоторых объективных случаях возможно отклонение от данной нормы).
- Время проведения измерений должно выбираться таким образом, чтобы исключить возможное более раннее влияние солнечного излучения на результаты обследования.
- Подготовка объекта измерения должна соответствовать задачам обследования. На результаты обследования не должны влиять такие природные явления, как ветер, дождь, снег, туман и т. п.



Рисунок 56: Двухквартирный дом, левая часть дома модернизирована с помощью многослойной теплоизоляционной системы – низкие теплопотери (синий цвет)

²⁷ VATH Bundesverband für angewandte Thermografie e. V., 2016 г.

- Для подготовки к термографии здание необходимо достаточно протопить в соответствии с его строительной конструкцией (тяжелая или легкая) для того, чтобы достичь тепловых потоков, наиболее соответствующих нормальному режиму эксплуатации (в зависимости от типа конструкции – до нескольких дней).
- Наружная тепловизионная съемка с дронов, как правило, не подходит для оценки энергетического состояния здания.
- В случае дождя, снега или густого тумана наружную тепловизионную съемку проводить невозможно. Ветер (начиная с пр. 2 м/с) имеет большое влияние на сопротивление теплопередаче отдельных элементов конструкции, поэтому съемка во время ветра надежных результатов, как правило, не дает. Влияние солнечного излучения на наружные поверхности даже за несколько часов до проведения съемки искажает результаты обследования. Измерения следует проводить в подходящий период времени.

Жильцов здания необходимо своевременно информировать о проведении тепловизионного обследования. Благодаря этому можно, например, предотвратить, что окна в здании будут открыты долгое время непосредственно перед проведением обследования, изменяя при этом температуру наружных поверхностей и оказывая влияние на результаты измерений.

При проверке температурных мостов в зависимости от конструкции здания следует принять решение о том, будет ли проводиться тепловизионное обследование снаружи или же изнутри. Внутренняя съемка имеет смысл тогда, если конструкция стены имеет два слоя или же если вентилируемый фасад делает невозможным определение температурных мостов снаружи. Кроме того, внутри помещений тепловизионную съемку можно проводить в любое время дня, потому что излучение солнца не может в этом случае исказить результаты измерений. Однако по возможности температурный мост все-таки рекомендуется анализировать с разных позиций, чтобы получить полную картину.

В случае возникновения сомнений источник дополнительного излучения следует оградить или учесть его во время анализа результатов в программном обеспечении. При проведении термографической съемки внутри помещения радиатор или даже галогеновый светильник могут излучать так много тепловой энергии, что измерение температурного моста или утечки станет невозможным.

Только квалифицированные эксперты

Для проведения тепловизионного обследования зданий следует привлекать только квалифицированных экспертов с соответствующим образованием. Эксперты должны разбираться в строительной физике, самом методе исследования, а также правильно интерпретировать результаты.

В Украине при использовании тепловизора необходимо ориентироваться на предписания следующих нормативных документов:

- ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель»
- ДСТУ Б EN 13187:2011 «Теплові характеристики будівель. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях. Інфрачервоний метод (EN 13187:1998, IDT)»
- Р В.3.1-02070915-811:2012 «Рекомендації по удосконаленню методу оцінювання стану покриття при використанні тепловізійного обладнання»

Список использованной литературы

Brasche, S. et al. Vorkommen (2003): Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen – Ergebnisse einer repräsentativen Wohnungsstudie in Deutschland Bundesgesundheitsblatt 46.

Derzhavna sluzhba statistiki Ukrainy (2014): Zhitlovij Fond Ukrainy u 2014 roci.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2010): Energie richtig einsparen: Vom Heizungskeller bis zum Dach.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2012): Planungshandbuch. Energieeffizientes Bauen und Sanieren. Gebäudehülle.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2013): Planungshandbuch. Energieeffizientes Bauen und Sanieren. Anlagentechnik.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2015 a): Wärmebrücken in der Bestandssanierung. Leitfaden für Fachplaner und Architekten.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2015 b): Leitfaden Energieausweis. Teil 2 – Modernisierungsempfehlungen für Wohngebäude.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung, Passivhaus Institut (Juni 2017): Handbuch für Energieberater. Mein Sanierungsfahrplan. Anleitung mit Tipps und Tricks zur Umsetzung.

DIN EN 16247-1 Energieaudits – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (EN 16247-1:2012).

DIN 1946-6 Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen.

Emerson, Michael; Shimkin, Vladimir (2015): A Household Energy-Saving Initiative for Ukraine (CEPS Working Document 408, Mai 2015).

VATh Bundesverband für angewandte Thermografie e. V. (Juni 2016): VATh-Richtlinie: Bauthermografie zur Planung, Durchführung und Dokumentation infrarotthermografischer Messungen an Bauwerken oder Bauteilen von Gebäuden.

VDPM Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e. V. (2018): Schön warm einpacken. Althaus modernisieren.

ДБН В.1.2–2:2006 «Навантаження й впливи».

ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво».

ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення».

ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель і споруд».

ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування».

ДСТУ Б CEN/TR 147888:2015 «Вентиляція будівель. Проектування та визначення характеристик систем вентиляції житлових будинків (CEN/TR 14788:2006, IDT)».

ДСТУ Б EN 13187:2011 «Теплові характеристики будівель. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях. Інфрачервоний метод (EN 13187:1998, IDT)».

ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. (EN 15251:2007, IDT)».

ДСТУ Б А.2.2-12 2015 «Енергетична ефективність будівель».

ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель».

ДСТУ Б В.2.6-17 – 20:2000 «Блоки віконні та дверні. Методи випробувань».

ДСТУ Б В.2.6-23:2009 «Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови».

ДСТУ Б В.2.6-34:2008 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги».

ДСТУ Б В.2.6-35:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустриальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови».

ДСТУ Б В.2.6-36:2008 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови».

ДСТУ Б В.2.6-79:2009 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия».

ДСТУ Б В.2.6-89:2009 «Блоки віконні та дверні балконні».

ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 «Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей».

ДСТУ Б В.2.6-164:2011 «Комплекти скління балконів і лоджій полівінілхлоридні».

ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».

ДСТУ Б В.2.7-158:2008 «Матеріали герметизуючі полімерні».

ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану».

ДСТУ-Н Б А.2.2-11:2014 «Настанова щодо проведення авторського нагляду за будівництвом».

ДСТУ-Н Б В.2.6-83:2009 «Настанова з проектування світлопрозорих елементів огорожувальних конструкцій».

Закон України «О регулировании градостроительной деятельности»

Р В.3.1-02070915-811:2012 «Рекомендації по удосконаленню методу оцінювання стану покриття при використанні тепловізійного обладнання».

Портал www.tipdoma.ru.

Портал «Киевская недвижимость» kievbuilding.com.ua.

