Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.С. Горшков

Инженерные системы. Руководство по проектированию, строительству и реконструкции зданий с низким потреблением энергии

Учебное пособие

Санкт-Петербург

Издательство Политехнического университета

2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 4
Введение 5
1 Влияние архитектурно-планировочных, объемно-пространственных, теплозащитных и инженерно-технических факторов на параметры потребления в зданиях тепловой энергии на отопление…… 9
1.1 Влияние размеров и формы здания…….. 9
1.2 Влияние теплозащитных свойств ограждающих конструкций…… 11
1.3 Влияние герметичности оболочки здания ……... 16
2 Градостроительные, архитектурно-планировочные и объемно-пространственные решения, направленные на энергосбережение…… 18
2.1 Градостроительные решения…….. 19
2.2 Объемно-планировочные и объемно-пространственные решения.. 19
2.3 Расчетный показатель компактности……. 20
3 Конструктивные решения, направленные на энергосбережение……. 21
3.1 Методика расчета потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции……. 21
3.2 Конструктивные решения наружных ограждающих конструкций для зданий с низким потреблением тепловой энергии…… 22
4 Инженерно-технические решения, направленные на энерго-сбережение……. 26
4.1 Теплоснабжение и схемные решения систем отопления…… 26
4.2 Схемные решения по автоматизации регулирования тепло-потребления…… 37
4.3 Учет тепла на отопление…….. 48
5 Методы утилизации в зданиях вторичных энергетических ресурсов и использования потенциала возобновляемых источников энергии……. 51
5.1 Методы утилизации вторичных энергетических ресурсов…….. 51
5.2 Рекомендации по применению в зданиях теплонасосных установок……. 59
5.3 Рекомендации по применению солнечных водонагревательных установок……. 62
5.4 Рекомендации по использованию в зданиях теплоты и холода грунта…… 67
Библиографический список……. 69
Приложение А. Конструктивные решения наружных стен зданий с низким потреблением энергии на отопление……. 74
Приложение Б. Конструктивные решения верхних перекрытий зданий с низким потреблением энергии на отопление…… 108
Приложение В. Конструктивные решения нижних перекрытий зданий с низким потреблением энергии на отопление…… 139

ПРЕДИСЛОВИЕ

Руководство по проектированию и строительству зданий с низким потреблением энергии на отопление составлено согласно программе дисциплин «Инженерные системы, в том числе уникальных зданий и сооружений», «Технология возведения, в том числе уникальных зданий и сооружений» по направлению: 270800 «Строительство» и предназначено для проведения лекционных и практических занятий в высших учебных заведениях строительного профиля.

Основными законодательными актами на территории Российской Федерации в области энергосбережения являются:

- Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. N 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»;

- Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесений изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

- Постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. N18 «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

В соответствии с требованиями части 2 статьи 11 Федерального закона Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесений изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений должны включать в себя требования к влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям.

При разработке конструктивных решений наружных ограждающих конструкций для зданий с низким потреблением энергии (энергопассивным и близким к нулевому) были использованы требования финских стандартов по теплоизоляции, - Building Code of Finland, Part D3, ввиду отсутствия аналогичных требований в законодательных актах и сводах правил Российской Федерации.

Автор благодарит финскую компанию SPU Oy, а также российские ООО «СПУ Системс» и ООО «Данфосс» за предоставление графических и демонстрационных материалов, использованных при написании настоящего руководства.

Невозможно перечислить имена всех тех специалистов, которые предоставили материалы и помогли мне ценными советами при написании настоящего руководства. Мне кажется, что следовало бы, тем не менее, выразить особую признательность д.т.н. Аверьянову В.К., доктору науки и техники Михайлову А.Г., к.т.н. Тютюнникову А.И., к.т.н. Кочневу А.П., к.т.н. Грановскому В.Л., д.т.н. Ватину Н.И., д.т.н. Соколову Н.А., д.т.н. Гримитлину А.М., д.т.н. Дацюк Т.А., к.ф.-м.н. Рымкевичу П.П., инженерам Мележику А.А., Байковой С.А., Гришкевичу А.В. и Немовой Д.В.

ВВЕДЕНИЕ

Жилой фонд Российской Федерации с точки зрения объема потребляемых энергетических ресурсов более энергоемок по сравнению со зданиями, эксплуатируемыми при сопоставимых климатических условиях в странах западной Европы, США и Канаде.

Значительная доля суммарного энергопотребления в балансе расходуемых в масштабе страны энергетических ресурсов приходится на отопление зданий. Затраты на отопление входят, в том числе, в себестоимость товаров и услуг. В связи с постоянным ростом стоимости энергетических ресурсов и тарифов на отопление цена произведенных на территории Российской Федерации товаров и услуг становится все менее конкурентоспособной по сравнению с товарами, произведенными в более развитых, с точки зрения подходов к энергосбережению, странах. В рамках глобальной конкуренции на мировых рынках это обстоятельство может негативно сказаться на объемах продаж российских компаний, а, следовательно, на занятости населения и росте доходов граждан страны.

Тарифы на тепловую энергию в России возрастают с каждым годом. Это приводит к увеличению затрат на эксплуатацию зданий. В таблице 1 представлена динамика роста тарифов на тепловую энергию в Санкт-Петербурге за период с 2006-го по 2011-й годы.

Таблица 1 – **Динамика роста тарифов на тепловую энергию в Санкт-Петербурге с 2006 по 2011 годы при централизованном отоплении зданий**

Год	Величина тарифа, руб/Гкал (вкл. НДС)	Основание
2006	500,40	Распоряжение Региональной энергетической комиссии Правительства Санкт-Петербурга от 16 ноября 2005 г. N 100-р
2007	575,46	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 15 ноября 2006 г. N 123-р
2008	650,00	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 31 октября 2007 г. N 139-р
2009	795,73	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 19 ноября 2008 г. N 141-р
2010	931,00	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 14 декабря 2009 г. N 199-р
2011	1050,00	Распоряжение Комитета по тарифам Правительства Санкт-Петербурга от 13 декабря 2010 г. N 334-р

В таблице 2 представлена динамика роста тарифов для населения г. Санкт-Петербурга, - повышение стоимости тепловой энергии за год (в процентах) по отношению к предыдущему году.

Таблица 2 – **Динамика повышения стоимости тепловой энергии (в относительном выражении)**

Годы (с…по)	Прирост стоимости тепловой энергии по отношению к предыдущему году, %
с 2006 по 2007 г.г.	+ 15,0
с 2007 по 2008 г.г.	+ 13,0
с 2008 по 2009 г.г.	+ 22,4
с 2009 по 2010 г.г.	+ 17,0
с 2010 по 2011 г.г.	+ 12,8
В среднем за один год ($\Delta c_т$)	+ 16,0

Таким образом, за рассматриваемый период времени (с 2006 по 2011 г.г.) средняя величина относительного роста тарифов на тепловую энергию в год $\Delta c_т$ составила 16 %. Если принять эту величину в качестве базовой для прогнозирования стоимости тепловой энергии на последующие годы, то из представленной схемы следует, что каждые 5 лет тарифы на тепло должны возрастать в 2,1 раза ($1{,}16^5$). Это же означает, что если эта динамика сохранится и далее, то через 10 лет они могут вырасти по геометрической прогрессии в 4,4 раза ($1{,}16^{10}$) и т.д. По крайне мере, до сих пор, как свидетельствуют данные, представленные в таблице 1, так и происходит.

В Российской Федерации отсутствуют нормативные требования по теплоизоляции для зданий с низким потреблением энергии, к которым следует отнести дома типа Passive House или Zero Energy Building (ZEB) [1-13]. По этой причине еще не разработаны принципы проектирования подобных зданий.

В случае, если при проектировании загородного одноквартирного жилого дома (например, в составе жилого загородного комплекса) требуется утверждение проекта в органах строительной экспертизы, к нему предъявляются те же нормативные требования к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, что и для зданий высотных многоквартирных.

При этом, из-за более развитой поверхности и меньшей компактности малоэтажных домов, удельные потери тепловой энергии в них оказываются выше удельных потерь тепловой энергии в многоквартирных домах, несмотря на одинаковый уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций (стен, окон, покрытий и т.д.), один и тот же перечень применяемых строительных материалов в составе ограждающих конструкций, а также принятых для наружных ограждающих конструкций конструктивных решений. По этой причине, для малоэтажных зданий конструктивные решения должны предусматривать более высокий уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций по сравнению со зданиями высотными многоквартирными.

Однако согласно требованиям части 5 статьи 11 Федерального закона Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» на объекты индивидуального жилищного строительства (отдельно стоящие и предназначенные для проживания одной семьи жилые дома с количеством этажей не более чем три) требования энергетической эффективности не распространяются.

Более того, российские нормативные требования к уровню теплоизоляции (тепловой защиты) наружных ограждающих конструкций зданий (стен, окон, покрытий, входных наружных дверей и т.п.) существенно ниже аналогичных европейских требований, например, требований стандартов скандинавских стран. Отсюда вытекает, что если проектировать здание по российским нормам, потребление тепловой энергии в них при сопоставимых климатических условиях окажется существенно бóльшим по сравнению со зданиями, спроектированными в любой из скандинавских стран.

Таким образом, российские законы и российские стандарты в области энергосбережения не стимулируют владельцев загородной недвижимости к

энергосбережению. Это не означает, что граждане не могут самостоятельно заботиться о себе и планировать, в каких условиях они будут жить через 10, 20 и более лет. Если суммировать затраты на строительство стандартного дома и денежные средства, потраченные на его эксплуатацию в течение, например, 50 лет, то окажется, что 70-80 % от общей суммы домовладения составят эксплуатационные расходы и только 20-30 % - затраты на строительство дома. Такие инвестиции сложно признать выгодными. Возможно, окажется выгоднее затратить на этапе строительства дополнительные средства в энергосберегающие мероприятия и затем экономить их в процессе эксплуатации.

В рамках настоящего учебного пособия рассмотрено влияние основных градостроительных, архитектурно-планировочных, объемно-пространственных, конструктивных и инженерно-технических решений на параметры потребляемой в зданиях тепловой энергии на отопление. Исходя из представленного перечня мероприятий, потребитель может сделать выбор в пользу одного или нескольких из них.

В главе 1 руководства показано, как влияет форма, размеры здания, уровень теплоизоляции его наружных ограждающих конструкций, герметичность (воздухонепроницаемость) наружной оболочки здания на параметры потребляемой в нем тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода.

На основании рассмотренного комплекса влияющих на энергосбережение факторов в главе 2 представлены основные градостроительные, архитектурно-планировочные и объемно-пространственные мероприятия, рекомендуемые при осуществлении комплексной застройки кварталов строительства энергоэффективных зданий.

В главе 3 представлены конкретные конструктивные решения наружных ограждений (стен, полов и покрытий) для зданий с низким (пассивным и близким к нулевому) потреблением тепловой энергии на отопление. При выборе нормативных требований к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций использованы требования финских стандартов (Building Code of Finland, Part D3). Выбор строительных стандартов Финляндии обусловлен близостью климатических параметров Финляндии и большинства областей Северо-Западного и Центрального федеральных округов Российской Федерации.

Высокий уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, принятый для зданий с низким потреблением энергии, позволяет значительно снизить так называемые трансмиссионные потери (потери через оболочку здания) тепловой энергии на отопление по сравнению со стандартными зданиями (спроектированным по минимально-допустимым уровням тепловой защиты). Однако, для обеспечения требуемых параметров микроклимата людям необходим свежий воздух, т.е. помещения, в которых люди работают или отдыхают, нужно проветривать. Вне зависимости от уровня теплоизоляции, людям для нормальной жизнедеятельности нужен один и тот же объем свежего воздуха. В зимний период эксплуатации приточный воздух нужно нагревать, т.е. затрачивать энергию на его подогрев. Современные механические системы вентиляции позволяют не только обеспечить требуемый воздухообмен, но и регулировать его параметры, а

следовательно, предоставляют возможности для экономии затрат тепловой энергии на вентиляцию. Методы автоматического регулирования параметров теплоносителя позволяют предотвратить «перетопы» в зданиях и тем самым значительно снизить затраты энергии на отопление в переходные периоды отопительного сезона. Основные инженерно-технические решения, обеспечивающие заданный уровень потребления тепловой энергии в проектируемых зданиях, представлены в главе 4.

В связи с сокращением запасов углеводородов (не возобновляемых источников энергии) и ограниченным запасом сырья для атомных электростанций, использование потенциала возобновляемых источников энергии (энергии солнца, земли и др.) в настоящее время является одной из основных задач, поставленных перед научным сообществом. В главе 5 представлены методы утилизации в зданиях вторичных энергетических ресурсов и использования потенциала возобновляемых источников энергии.

В настоящем пособии приведен неполный перечень архитектурно-планировочных способов, технических средств и инженерных методов, которые позволят спроектировать и построить здание с низким потреблением энергии. С более полным перечнем энергосберегающих мероприятий и реализованных проектов можно ознакомиться в статьях, пособиях, руководствах, методических документах и монографиях, представленных в библиографическом списке.

Все обозначения и наименования физических величин в пособии согласованы с требованиями Международной системы единиц (далее – СИ), которая была принята XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 году. В России действует ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин», предписывающий обязательное использование единиц СИ. Российские стандарты по тепловой защите, в частности, свод правил СП 50.13330.2012 (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) не гармонизирован с отечественными нормативными документами, регламентирующими правила обозначения и наименования физических величин (ГОСТ 8.417, РМГ 29-99). Так, единица измерения теплопроводности согласно ГОСТ 8.417 – Вт/(м·К), любого теплового (термического) сопротивления – $м^2$·К/Вт, коэффициента теплоотдачи – Вт/($м^2$·К) и т.д. В нормативных документах стран СНГ используются обозначения, принятые в СИ (см., например, СТБ ЕН 12667, СТБ ЕН 12939 (Республика Беларусь) и др.).

1 ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ, ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ, ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ В ЗДАНИЯХ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ

1.1 Влияние размеров и формы здания

Как было отмечено выше, при одинаковом уровне теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, для двух одинаковых по форме зданий, расположенных на местности с одинаковыми климатическими условиями, но отличающихся по этажности, строительному объему и площади, для здания с бóльшим строительным объемом (например, высотного многоквартирного жилого здания) удельные затраты тепловой энергии на отопление будут меньше (а при значительной разнице в строительном объеме двух идентичных по форме и уровню теплоизоляции зданий, - существенно меньше) удельных затрат тепловой энергии здания с меньшим строительным объемом (например, двухэтажного загородного дома, предназначенного для проживания одной семьи). Обусловлено это тем, что для здания с меньшим строительным объемом отношение площади наружных ограждений к строительному объему окажется больше по сравнению со зданием с большим строительным объемом. Малоэтажные здания менее компактны по сравнению с многоквартирными высотными и поэтому их удельные (отнесенные к 1 м^2 площади или 1 м^3 строительного объема) затраты тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода оказываются выше по сравнению с многоквартирными жилыми домами, расположенными в том же климатическом районе.

Покажем это на следующем примере.

Представим себе одноэтажный индивидуальный жилой дом (на рисунке 1 показан слева, - вид сверху). Он теряет тепло (потери тепла показаны стрелками, направленными наружу) через четыре наружных фасада (с учетом наличия в стенах окон и наружных дверей), кровельное покрытие, полы, а также за счет нагрева поступающего при проветривании холодного воздуха с улицы. «Пристроим» к нему теперь еще одно здание, идентичное по форме и объему (рисунок 1 справа).

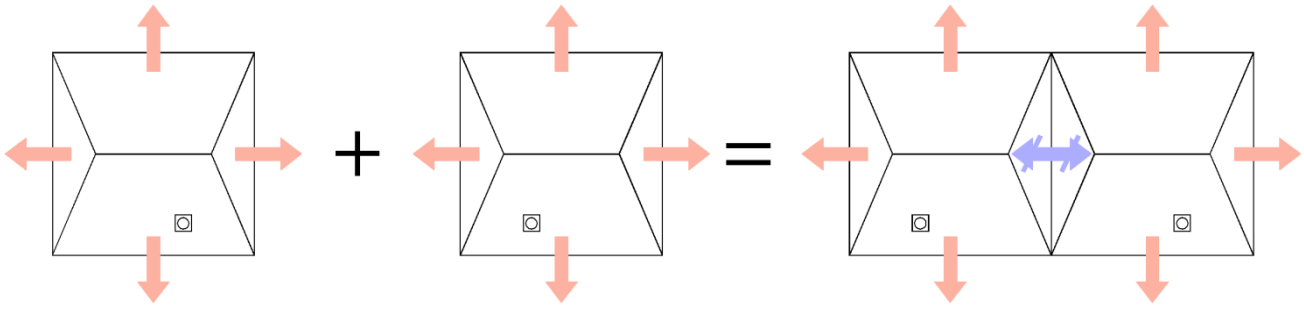


Рисунок 1 – Схема снижения потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции при блокировании двух одноэтажных домов

Как видно из схемы, представленной на рисунке 1, в сдвоенном (сблокированном при стыковке) здании будут отсутствовать трансмиссионные потери через правый фасад здания, расположенного слева на рисунке 1, и левый фасад здания, расположенного справа (на рисунке 1 показаны перечеркнутыми стрелками). Таким образом, для нового сблокированного здания будут отсутствовать трансмиссионные потери тепловой энергии через два фасада. При этом его строительный объем и площадь будут равны сумме строительных объемов и площадей двух зданий, расположенных в левой части уравнения на рисунке 1.

Присоединим теперь к этому сблокированному дому еще точно такой же сблокированный дом, как схематично показано на рисунке 2.

Из схемы, представленной на рисунке 2, можно наблюдать, что в этом случае будут отсутствовать потери тепловой энергии уже через 8 фасадов.

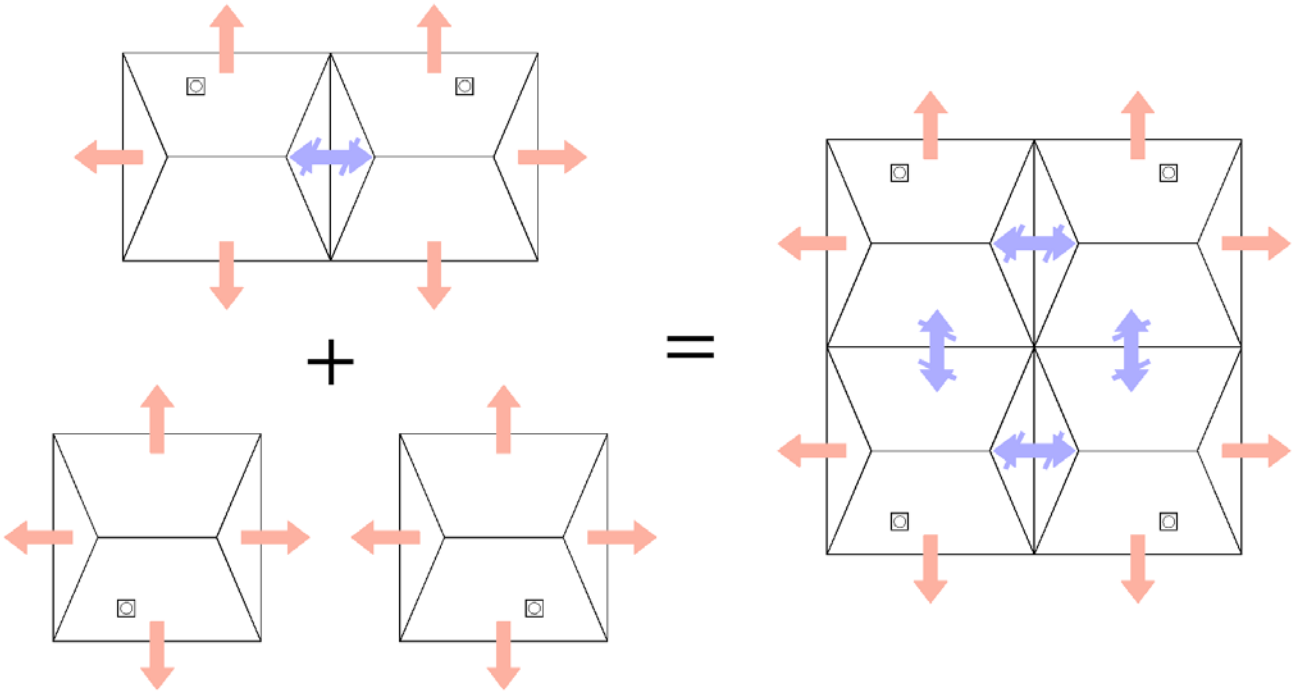


Рисунок 2 – Схема снижения потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции при блокировании четырех малоэтажных домов

Если сверху к представленному на рисунке 2 сблокированному (из четырех фрагментов) одноэтажному дому пристроить точно такой же этаж сверху, то в новом двухэтажном здании трансмиссионные потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции снизятся за счет уменьшения потерь тепловой энергии через покрытие первого (нижнего) этажа и полы второго (верхнего) этажа. И так далее. Отсюда становится понятным, почему при одинаковой форме здания и абсолютно одинаковом уровне теплоизоляции наружных ограждающих конструкций (стен, окон, покрытий, дверей и т.д.) удельные потери тепловой энергии здания с бóльшим строительным объемом оказываются меньше по сравнению со зданиями с меньшим строительным объемом.

Другим способом уменьшения удельных затрат тепловой энергии здания является создание его архитектурного облика с минимумом выступающих частей. Все выступающие части здания, как например, эркеры, ниши, ризалиты, пилястры, апсиды, сандрики, выносные плиты и др., увеличивают отношение площади поверхности наружных ограждающих конструкций к строительному объему здания и тем самым увеличивают расход тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода. На рисунке 3 показаны планы двух зданий, равных по площади и строительному объему, но различной конфигурации в плане: на рисунке 3 а - с квадратной в плане конфигурацией, на рисунке 3 б – в форме креста.

Рисунок 3 – Планы двух одинаковых по площади и строительному объему зданий:
а – с квадратной в плане конфигурации;
б – с конфигурацией здания в форме креста

Сравнительные расчеты показывают, что при одинаковой высоте и одном и том же уровне теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, трансмиссионные потери тепловой энергии через оболочку здания, представленного на на рисунке 3 б, из-за более развитой поверхности теплоотдачи могут оказаться до 20 % выше по сравнению со зданием, конфигурация которого представлена на рисунке 3 а.

Это не означает, что при проектировании следует предусматривать здания только квадратной, прямоугольной или какой-либо другой более компактной формы без эркеров, ризалитов и иных выступающих архитектурных деталей. Это означает, что при недостаточной компактности здания или при его более развитой поверхности ввиду необходимости подчеркивания его выдающегося архитектурного облика, для обеспечения требуемого уровня энергопотребления проектируемого здания, дополнительные потери тепла, связанные с этими обстоятельствами, необходимо компенсировать, в том числе за счет выбора ограждающих конструкций с более высоким уровнем теплоизоляции [14].

1.2 Влияние теплозащитных свойств ограждающих конструкций

В разделе 1.1 настоящего руководства было показано, как влияют размеры и форма здания на затраты тепловой энергии на отопление. Было, в частности, показано, что чем меньше размеры здания, тем выше удельные затраты тепловой энергии при одинаковой форме и одном и том же уровне теплоизоляции наружных ограждающих конструкций. Отсюда вытекает важный вывод о том, что в малоэтажных зданиях эти дополнительные потери тепла следует как-то

компенсировать. Наиболее целесообразно это сделать, повышая, например, уровень тепловой защиты оболочки (наружных ограждающих конструкций) здания. Тогда при определенном, более высоком значении уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, для здания меньших размеров можно добиться соизмеримого уровня удельных затрат тепловой энергии по сравнению со зданиями с большим размером (строительным объемом). Т.е. для зданий меньших размеров (малоэтажных) требования к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций следует принимать выше, чем для зданий более значительных размеров (в основном, высотных многоквартирных).

Рассмотрим, как влияет уровень тепловой защиты наружных ограждающих конструкций частного загородного дома, показанного на рисунке 4, на потери тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода.

Рисунок 4 – Фасад загородного дома в осях 1–3

Постановка задачи

Потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания (так называемые, трансмиссионные потери тепловой энергии) являются наиболее значительными в структуре затрат тепловой энергии на его отопление. Для восполнения потерь тепловой энергии к зданию необходимо подвести тепло, т.е. подключить его к системе теплоснабжения. Чем выше уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, тем меньшими оказываются потери тепловой энергии в здании через оболочку. Чем меньше потери тепловой энергии через оболочку здания, тем меньше энергии требуется подвести к зданию и тем, соответственно, меньшими окажутся платежи жителей эксплуатируемого здания за отопление.

Потери тепловой энергии напрямую зависят от уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций. Во всех странах существуют нормативные требования к уровню теплоизоляции (в терминах стандарта, принятого на территории Российской Федерации – к приведенному сопротивлению теплопередаче) наружных ограждающих конструкций, которые отличаются в зависимости от климатических условий страны и ее государственной политики в области энергосбережения. В связи с постоянным ростом цен на энергетические ресурсы, а также сокращением не возобновляемых ресурсов (нефти, газа), в большинстве развитых стран мира нормативы потребления зданиями энергии постоянно уменьшаются, а требования к уровню теплоизоляции ограждающих конструкций – повышаются.

В России, в части нормирования требований к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, с 1 июля 2013 года действует Свод Правил СП 50.13330.2012 (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) [15]. В Финляндии, – стране, наиболее близкой по климатическим условиям к климату Ленинградской области, действует стандарт National Building Code of Finland, Part D3 [16]. Несмотря на близость расчетных климатических условий, требования к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций в этих стандартах значительно различаются (см. данные таблицы 3).

Рассмотрим, как влияет на структуру потерь тепловой энергии через оболочку здания степень утепления его наружных ограждающих конструкций. С этой целью произведем расчет теплопотерь через наружные ограждающие конструкции для частного загородного дома, представленного на рисунке 4, в течение отопительного периода, приняв минимальные требования к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций согласно представленным в таблице 3 стандартам разных стран.

Таблица 3 – **Минимальные требования к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций жилого дома согласно нормативным требованиям различных стандартов**

Тип наружной ограждающей конструкции	**Минимально-допустимые значения сопротивлений теплопередаче наружных ограждающих конструкций $R_o^{тр}$, м^2·К/Вт*, рассчитанные по стандартам**:	
	СП 50.13330 $R_{СП}^{тр}$**, м^2·К/Вт	National Building Code of Finland, Part D3, $R_{D3}^{тр}$***, m^2·K/W
Наружные стены	2,04	5,88
Окна	0,43	1,0
Входные наружные двери	0,79	1,0
Совмещенное покрытие	3,85	11,11
Полы по грунту	2,82******	6,25

Примечания к таблице 3.

* Все обозначения и наименования физических величин в пособии приняты в соответствии с требованиями системы СИ и ГОСТ 8.417 [17].

** Минимально-допустимые значения сопротивлений теплопередаче по СП 50.13330 приняты в соответствии с данными п. 5.2 [15], допускающего уменьшение нормируемого значения сопротивления теплопередаче стен на 37 % (с понижающим коэффициентом 0,63 относительно нормируемого уровня), остальных ограждающих конструкций – на 20 % (с понижающим коэффициентом 0,8).

*** В стандартах европейских стран нормируется не сопротивление теплопередаче R_o, а обратная ей величина, - так называемая величина *U-value*, принимаемая равной $U=1/R_o$. Например, в стандарте National Building Code of Finland, Part D3 [16], нормируемое значение величины U для стен составляет 0,17 Вт/(м^2·К). Соответственно, обратная ему величина $R_o = 1/U = 1/0{,}17 = 5{,}88$ м^2·К/Вт, что и отражено в таблице 3. Аналогичным образом рассчитаны сопротивления теплопередаче для других типов ограждающих конструкций.

**** В СП 50.13330 сопротивление теплопередаче полов по грунту не нормируется. В таблице 3 принято расчетное значение сопротивления теплопередаче полов (2,82 м^2·К/Вт), рассчитанное методом разбивки полов в здании по зонам согласно методике Приложения Я СП 23-101-2004 [18].

Для расчета потерь зданием тепловой энергии через наружную оболочку рассматриваемого здания используем следующие исходные данные.

Исходные данные для расчета

Расчетные климатические и теплоэнергетические параметры Ленинградской области приняты согласно Своду Правил СП 131.13330 [19] и представлены в таблице 4.

Таблица 4 – **Расчетные условия для жилой части здания**

Показатель	**Обозначение параметра**	**Единица измерения**	**Расчетное значение**
Расчетная температура наружного воздуха	$t_н$	°С	- 29
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	- 2,9
Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	228
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С· сут/год	5221
Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_в$	°С	20

Площади наружных ограждающих конструкций отапливаемого объема рассматриваемого дома представлены в таблице 5.

Таблица 5 – **Площади наружных ограждающих конструкций здания**

Тип наружной ограждающей конструкции	Площадь конструкции A_i, м^2
Наружные стены - $A_{ст}$	207,3
Окна, включая мансардные - $A_{ок}$	75,8
Входные наружные двери - $A_{дв}$	5,4
Совмещенное покрытие (без учета площади свесов) - $A_{покр}$	156,0
Полы по грунту - $A_{пол}$	144,0
Суммарная площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемого объема здания - $A_н^{сум}$	**588,5**

На основании полученных исходных данных произведем расчет трансмиссионных потерь тепловой энергии, используя минимальные требования к уровню теплоизоляции стандартов России и Финляндии (см. данные таблицы 3).

Расчет потерь тепловой энергии на отопление

Расчет трансмиссионных потерь тепловой энергии на отопление $Q^{\text{г}}_{\text{огр}}$, кВт·ч/год, рассматриваемого на рисунке 4 жилого одноквартирного дома, за отопительный период произведем по формуле:

$$Q^{\text{г}}_{\text{огр}} = 0{,}024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{A_i}{R_i}, \quad (1)$$

где $0{,}024$ – переводной коэффициент потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции из Вт·сут в кВт·ч (1 сут = 24 ч, 1 Вт = 0,001 кВт, 1 Вт·сут = 0,024 кВт·ч);

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода; 5221 °С· сут/год (см. данные таблицы 4);

A_i – площадь *i*-го типа наружных ограждающих конструкций, принимаемая для рассматриваемого дома по таблице 5;

R_i – приведенное сопротивление теплопередаче *i*-го типа наружной ограждающей конструкции, принятого равным минимально-допустимому, – $R^{\text{тр}}_{\text{о}}$, м^2·К/Вт, из таблицы 3 в зависимости от группы требований по различным нормативам к уровню тепловой защиты, – по СП 50.13330 ($R^{\text{тр}}_{\text{СП}}$) [15], по National Building Code of Finland, Part D3 ($R^{\text{тр}}_{\text{D3}}$) [16] соответственно.

Рассчитаем по формуле (1) для рассматриваемого одноквартирного жилого дома потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции за отопительный период.

Получим:

- по Своду Правил РФ СП 50.13330 – $Q^{\text{г}}_{\text{огр(СП)}}$, кВт·ч/год:

$$Q^{\text{г}}_{\text{огр(СП)}} = 0{,}024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{A_i}{R^{\text{тр}}_{i\text{(СП)}}} =$$

$$= 0{,}024 \cdot 5221 \cdot \left(\frac{A_{\text{ст}}}{R^{\text{тр}}_{\text{ст(СП)}}} + \frac{A_{\text{ок}}}{R^{\text{тр}}_{\text{ок(СП)}}} + \frac{A_{\text{дв}}}{R^{\text{тр}}_{\text{дв(СП)}}} + \frac{A_{\text{покр}}}{R^{\text{тр}}_{\text{покр(СП)}}} + \frac{A_{\text{пол}}}{R^{\text{тр}}_{\text{пол(СП)}}} \right) =$$

$$= 0{,}024 \cdot 5221 \cdot \left(\frac{207{,}3}{2{,}04} + \frac{75{,}8}{0{,}43} + \frac{5{,}4}{0{,}79} + \frac{156}{3{,}85} + \frac{144}{2{,}82} \right) = 47\,154\ (\text{кВт} \cdot \text{ч/год});$$

- по стандарту National Building Code of Finland, Part D3 – $Q^{\text{г}}_{\text{огр(D3)}}$, кВт·ч/год:

$$Q^{\text{г}}_{\text{огр(D3)}} = 0{,}024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{A_i}{R^{\text{тр}}_{i\text{(D3)}}} =$$

$$= 0{,}024 \cdot 5221 \cdot \left(\frac{A_{\text{ст}}}{R^{\text{тр}}_{\text{ст(D3)}}} + \frac{A_{\text{ок}}}{R^{\text{тр}}_{\text{ок(D3)}}} + \frac{A_{\text{дв}}}{R^{\text{тр}}_{\text{дв(D3)}}} + \frac{A_{\text{покр}}}{R^{\text{тр}}_{\text{покр(D3)}}} + \frac{A_{\text{пол}}}{R^{\text{тр}}_{\text{пол(D3)}}} \right) =$$

$$= 0{,}024 \cdot 5221 \cdot \left(\frac{207{,}3}{5{,}88} + \frac{75{,}8}{1{,}0} + \frac{5{,}4}{1{,}0} + \frac{156}{11{,}11} + \frac{144}{6{,}25} \right) = 19\,239\ (\text{кВт} \cdot \text{ч/год}).$$

Из представленных выше расчетов видно, что потери тепловой энергии через оболочку дома, построенного по минимальным требованиям к уровню

теплоизоляции наружных ограждающих конструкций по финскому стандарту [16] окажутся в 2,5 раза меньше по сравнению со зданием, спроектированным согласно минимальным требованиям российского стандарта (СП 50.13330 [15]).

Результаты расчета в различных единицах измерения тепловой энергии сведены в таблице 6.

Таблица 6 – **Годовой расход потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания за отопительный период в зависимости от минимальных требований к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций**

Результаты расчета по стандарту	**Годовой расход тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции** (трансмиссионные потери тепловой энергии)		
	кВт·ч/год	**МДж/год***	**Гкал/год****
СП 50.13330	47 154	169 754	40,6
National Building Code of Finland, Part D3	19 239	69 260	16,5
П р и м е ч а н и я: * Расход тепловой энергии в МДж/год вычислен, исходя из следующего соотношения: 1 кВт·ч /год = 3,6 МДж/год. ** Расход тепловой энергии в Гкал/год вычислен, исходя из следующего соотношения: 1 кВт·ч /год = $86 \cdot 10^{-5}$ Гкал/год.			

При известной стоимости тепловой энергии для конкретного региона или населенного пункта можно рассчитать стоимость эксплуатационных затрат рассматриваемого здания на отопление в течение отопительного периода, а с учетом роста тарифов на тепловую энергию, можно спрогнозировать затраты на эксплуатацию этого здания в течение 10, 20 и 30 лет эксплуатации [20].

1.3 Влияние герметичности оболочки здания

Итак, чем выше уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, тем ниже потери тепловой энергии через оболочку здания и тем меньше эксплуатационные расходы на его отопление.

Рассмотренные в разделе 1.2 потери тепловой энергии через оболочку здания обусловлены разностью температур на внутренней и наружной сторонах его наружного ограждения. Чем выше эффективность применяемых в составе ограждающей конструкции материалов (меньше теплопроводность) и чем больше толщина ограждающей конструкции или ее теплоизоляционных слоев, тем меньшими оказываются трансмиссионные потери тепловой энергии.

Однако помимо трансмиссионных потерь тепловой энергии в ограждающих конструкциях возможны также так называемые инфильтрационные утечки тепла.

Большинство строительных материалов и конструкций из них являются воздухопроницаемыми. При разности давлений воздуха с наружной и внутренней сторон ограждающей конструкции, через нее может проникать воздух. Разность

давлений воздуха может возникнуть или под влиянием разности температур внутреннего воздуха в здании и наружного воздуха (тепловой напор), или под влиянием ветра (ветровой напор). Если фильтрация происходит в направлении от наружного воздуха (с улицы) в помещение, то она называется инфильтрацией, при обратном направлении – эксфильтрацией. Свойство ограждающей конструкции пропускать воздух называется воздухопроницаемостью.

С теплотехнической точки зрения, воздухопроницаемость оболочки вносит отрицательное влияние на тепловой режим здания, т.к. в зимнее время инфильтрация вызывает дополнительные потери теплоты ограждающими конструкциями и охлаждение помещений, а эксфильтрация может неблагоприятно отразится на влажностном режиме наружных ограждающих конструкций, способствуя конденсации в них влаги. Чем выше здание, тем значительнее влияние воздухопроницаемости ограждающих конструкций на его тепловом режиме.

Кроме того, вохдухонепроницаемость (герметичность) ограждающих конструкций очень важна для зданий, оборудованных приточно-принудительными системами вентиляции с рекуперацией тепла вытяжного воздуха. Чем выше герметичность ограждающих конструкций, тем эффективнее оказывается регулирование в механической системе вентиляции здания и тем эффективнее (с более высоким КПД) работают рекуперационные устройства. Именно по этой причине в СП 50.13330 вводится требование (п. 10.2 [15]), согласно которому для достижения нормируемого значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) должна обеспечивать, определяемый по ГОСТ 31167 [21], воздухообмен кратностью n_{50}, $ч^{-1}$, при разности давлений наружного и внутреннего воздуха 50 Па при вентиляции:

- с естественным побуждением $n_{50} \leq 4$ $ч^{-1}$;

- с механическим побуждением $n_{50} \leq 2$ $ч^{-1}$,

т.е. для зданий, оборудованных системой вентиляции с механическим побуждением, предъявляются более жесткие требования по воздухонепроницаемости ограждений.

Еще более жесткие требования к герметичности наружной оболочки здания (для систем вентиляции с механическим побуждением: $n_{50} \leq 1$ $ч^{-1}$) содержатся в европейских нормативных документах.

Без учета инфильтрации коэффициент теплопередачи ограждения $k_{\text{тр}}$, Вт/(м^2·К) может быть рассчитан по формуле [22]:

$$k = \frac{1}{R_{\text{o}}}, \tag{2}$$

где R_{o} – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м^2·К/Вт.

С учетом инфильтрации значение коэффициента теплопередаче следует рассчитывать по формуле [22]:

$$k = \frac{c \cdot W \cdot exp[c \cdot W \cdot R_o]}{\exp[c \cdot W \cdot R_o] - 1}, \quad (3)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, принимаемая равной 1,005 кДж/(кг·К);

W – воздухопроницаемость или плотность потока воздуха, проникающего через 1 м^2 слоя материала при ламинарном движении воздуха в его порах в течение 1 ч, кг/(м^2·ч);

R_o – то же, что и в формуле (2), м^2·К/Вт.

В монографии К.Ф. Фокина [22] представлен пример расчета влияния воздухопроницаемости кирпичной стены старого здания толщиной в 2 кирпича (510 мм) на величину потерь тепловой энергии. Показано, что при отсутствии инфильтрации воздуха, коэффициент теплопередачи рассматриваемой ограждающей конструкции составляет 1,27 Вт/(м^2·К), а при наличии инфильтрации для той же конструкции стены составляет уже 1,52 Вт/(м^2·К), т.е. на 19% больше значения, рассчитанного без учета инфильтрации. Дополнительные потери тепловой энергии за счет инфильтрации необходимо компенсировать путем повышенной подачи в здание тепловой энергии.

С позиции обеспечения требуемой воздухонепроницаемости наружной оболочки здания, следует отдавать предпочтение воздухонепроницаемым материалам или материалам с диффузионно-герметичным покрытием. Важным обстоятельством, обеспечивающим герметичность всей ограждающей конструкции, является герметичность стыков. При монтаже в стены или покрытия полимерных теплоизоляционных материалов, например, жестких плит из пенополиуретана или пенополистирола, герметичность стыков между плитами обеспечивается с помощью полиуретанового герметика. Наличие диффузионно-герметичного покрытия и герметичность стыков существенно уменьшает возможность фильтрации воздуха через слой теплоизоляции.

Незначительная инфильтрация наружного воздуха снижает так называемые инфильтрационные потери тепловой энергии; низкая эксфильтрация через ограждение из-за невозможности проникания через ограждение теплого влажного воздуха из помещений защищает утеплитель от увлажнения, что обеспечивает неизменность теплозащитных характеристик ограждающих конструкций при эксплуатации.

2 ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ, АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РЕШЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

При выборе градостроительных решений застройки кварталов, состоящих из жилых и общественных зданий, эффект энергосбережения достигается оптимальным сочетанием планировочной организации территории, архитектурно-планировочных и объемно-пространственных решений с применением для застройки энергоэффективных зданий.

2.1 Градостроительные решения

Комплекс взаимосвязанных энергосберегающих градостроительных решений включает в себя:

- компактность комплексной застройки микрорайонов (кварталов) за счет повышения плотности застройки, основными показателями которой являются коэффициент застройки микрорайона (квартала, земельного участка) и коэффициент плотности застройки микрорайона (квартала, земельного участка);
- организация планировочной структуры микрорайонов (кварталов) из полузамкнутых жилых групп, открытых на южную сторону горизонта и сформированных из энергоэффективных жилых зданий;
- применение при формировании жилых групп ветрозащитной застройки для уменьшения инфильтрационных теплопотерь от ветрового воздействия;
- применение блокировки зданий, позволяющей существенно снизить их теплопотери;
- оптимизация размещения сети учреждений обслуживания в виде компактных общественных, торговых, спортивно-оздоровительных, культурно-развлекательных и других центров различного уровня обслуживания;
- комплексное освоение подземного пространства для размещения транспортных и пешеходных сооружений, автостоянок и гаражей, предприятий торговли, общественного питания, зрелищных и спортивных сооружений, объектов складского хозяйства, объектов промышленного назначения и энергетики, сооружений и сетей инженерно-технического обеспечения и других объектов, не требующих естественного освещения;
- применение для застройки жилых зданий с плоскими эксплуатируемыми крышами, что позволяет повысить плотность застройки за счет освободившихся территорий;
- реконструирование застройки существующих микрорайонов (кварталов) с целью ликвидации сквозных ветрообразующих пространств (аэродинамических труб) и организации замкнутых или полузамкнутых пространств;
- учет экологических условий и климатических параметров (температуры и влажности воздуха, повторяемости и скорости ветра, солнечной радиации и светового климата) при разработке проектов планировки или при выборе земельного участка для строительства жилых и общественных зданий.

2.2 Архитектурно-планировочные и объемно-пространственные решения

Архитектурно-планировочные и объемно-пространственные решения зданий должны быть направлены на повышение их энергетической эффективности.

Основными архитектурно-планировочными и объемно-пространственными решениями, направленными на энергосбережение, являются:

- выбор оптимальной формы зданий, характеризующейся пониженным коэффициентом компактности и обеспечивающей минимальные теплопотери в зимний период и минимальные теплопоступления в летний период года;
- выбор оптимальной ориентации зданий по сторонам света с учетом

господствующего направления ветра в зимний период с целью нейтрализации отрицательного воздействия климата на здания и его тепловой баланс;

- применение ветрозащитных зданий в форме обтекаемой дуги с радиусом кривизны не менее шести высот здания или в виде обтекаемой скобки (с углами поворота не менее двух) при разных диапазонах румбов ветра;

- сокращение площади наружных ограждающих конструкций путем уменьшения периметра наружных стен за счет отказа от изрезанности фасадов, выступов, западов и т. п. «архитектурных проемов»;

- устройство мансардных этажей на существующих зданиях из легких ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными свойствами;

- максимальное остекление южных фасадов и минимальное остекление северных фасадов зданий;

- применение светопрозрачных наружных ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными характеристиками;

- установка дополнительных тамбуров при входах в здание;

- установка доводчиков входных дверей;

- максимальное использование естественного освещения помещений для снижения затрат электрической энергии;

- эффективное использование площади и объема здания, четкая функциональная связь помещений без излишних коридоров, холлов и темных помещений.

2.3 Расчетный показатель компактности

Расчетный показатель компактности $k_к$ для зданий жилых, административных, поликлиник, лечебных учреждений, домов-интернатов и дошкольных учреждений, как правило, не должен превышать следующих значений:

- 0,25 для зданий 16 этажей и выше;
- 0,29 для зданий от 10 до 15 этажей включительно;
- 0,32 для зданий от 6 до 9 этажей включительно;
- 0,36 для 5-этажных зданий;
- 0,43 для 4-этажных зданий;
- 0,54 для 3-этажных зданий;
- 0,61; 0,54; 0,46 для двух-, трех- и четырехэтажных блокированных и секционных домов соответственно;
- 0,9 для двухэтажных домов и одноэтажных домов с мансардой;
- 1,1 для одноэтажных домов.

Показатель компактности здания $k_к$ определяется на стадии проектирования по формуле:

$$k_k = \frac{A_н^{сум}}{V_{от}}, \quad (4)$$

где $A_н^{сум}$ – сумма площадей всех наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания, м^2;

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждающих конструкций здания, м^3.

3 КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

3.1 Методика расчета потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции

Для расчета потерь тепла через наружные ограждающие конструкции здания (стены, окна, покрытие и т.п.) удобно пользоваться величиной, обратной приведенному сопротивлению теплопередаче, которая в зарубежных стандартах называется коэффициентом теплопередачи (*U-value*) ограждающих конструкций и обозначается литерой *U*, Вт/(м^2·К). Величина коэффициента теплопередачи рассчитывается по формуле:

$$U - value = \frac{1}{R_0}, \quad (5)$$

где R_0 – то же, что и в формуле (2), м^2·К/Вт (в стандартах иностранных государств можно встретить следующее обозначение этой величины, - *R-value*).

Целесообразность введения данной величины для теплотехнических расчетов определяется удобством ее размерности: Вт/(м^2·К). Т.е. эта величина показывает, сколько *ватт* тепловой энергии проходит через наружную стену площадью *1 м^2* при разности внутренней и наружной температур с разных сторон ограждающей конструкции *1 К* (по ГОСТ 8.417 [17]). Это значит, например, что при R_0 = 1 м^2·К/Вт (в этом случае U =1/ R_0=1/1=1 Вт/(м^2·К) через стену площадью *1 м^2* и разности температур с разных ее сторон *1 К* мощность теплового излучения составляет *1 Ватт*, а при разности *20 К* будет составлять *20 Ватт* и т.д. Для расчета количества тепловой энергии (кВт·ч), проходящей через *1 м^2* наружной стены, величину *U-value* (*U*) нужно умножить на число часов отопительного периода и среднюю за отопительный период разность температур. Эти данные для каждого климатического района определены в СП 131.13330 [19]. Например, для объекта строительства, расположенного в Ленинградской области с учетом данных таблицы 4 получим, что суммарные потери тепловой энергии через 1 м^2 наружной стены при величине коэффициента теплопередачи *U*=1 Вт/(м^2·К) можно вычислить по формуле:

$$Q_{\text{кВт·ч}} = \frac{U \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot 24}{1000}, \quad (6)$$

где $t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха в помещениях жилого здания, принимаемая согласно ГОСТ 30494 [23] равной 20 ºС;

$t_{\text{от}}$ – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, принимаемая для климатических условий Ленинградской области согласно СП 131.13330 [19] равной -2,9 ºС;

$z_{\text{от}}$ – количество суток отопительного периода, принимаемое для жилых зданий, построенных или проектируемых в Санкт-Петербурге, равным 228 сут;

24 – количество часов в сутках;

1000 – переводной коэффициент мощности теплового потока из Вт в кВт.

Таким образом, используя формулу (6) можем рассчитать средние за отопительный период потери тепловой энергии через 1 м^2, выраженные в кВт·ч. Эту же величину можно выразить в гигакалориях (Гкал), если разделить выражение (6) на 1163, т.к. 1 Гкал=1162,(7) кВт·ч. Расчетом потерь тепловой

энергии в Гкал удобнее пользоваться по той причине, что стоимость тепловой энергии для потребителей, подключенным к системе центрального отопления (так называемый тариф на тепловую энергию), рассчитывается в руб/Гкал. Тогда формула (6) может быть записана в виде:

$$Q_{\text{Гкал}} = \frac{U \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot 24}{1000 \cdot 1163}. \quad (7)$$

Здесь обозначения те же, что и в формуле (6), 1163 - переводной коэффициент из кВт·ч в Гкал.

Пример 1. Рассчитаем средние за отопительный период потери тепловой энергии через 1 м^2 наружной стены жилого здания, эксплуатируемого на территории Ленинградской области, при величине коэффициента теплопередачи U=1 Вт/(м^2·К).

Подставим в формулы (6) и (7) значения величин $t_{\text{в}}$, $t_{\text{от}}$, $z_{\text{от}}$ из таблицы 4. Получим:

$$Q_{\text{кВт·ч}} = \frac{U \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot 24}{1000} = \frac{1 \cdot (20 - (-2{,}9)) \cdot 228 \cdot 24}{1000} \approx 125 \text{ (кВт} \cdot \text{ч)};$$

$$Q_{\text{Гкал}} = \frac{U \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot 24}{1000 \cdot 1163} = \frac{1 \cdot (20 - (-2{,}9)) \cdot 228 \cdot 24}{1000 \cdot 1163} \approx 0{,}108 \text{ (Гкал)}.$$

Для расчета суммарных потерь тепловой энергии через наружные стены конкретного здания необходимо полученные значения удельных потерь тепла умножить на суммарную площадь наружных стен. Если аналогичные расчеты выполнить для остальных наружных ограждающих конструкций здания (покрытие, окна, наружные двери и т.д.) и просуммировать полученные результаты, то таким образом можно получить данные о величине суммарных трансмиссионных потерь тепловой энергии через оболочку всего здания в течение отопительного периода. Аналогичные расчеты можно выполнить для любого другого периода, например, для расчета месячного уровня энергопотребления.

Следует отметить, что выражение вида $(t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}}$ в формулах (6) и (7) в СП 50.13330 [15] обозначает величину градусо-суток отопительного периода (ГСОП или D_d в СНиП 23-02).

Таким образом, формулы (6) и (7) можно привести к более удобному виду:

$$Q_{\text{кВт·ч}} = \frac{U \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot 24}{1000} = \frac{U \cdot \text{ГСОП} \cdot 24}{1000} = 0{,}024 \cdot U \cdot \text{ГСОП}; \quad (8)$$

$$Q_{\text{Гкал}} = \frac{U \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot 24}{1000 \cdot 1163} = \frac{U \cdot \text{ГСОП} \cdot 24}{1000 \cdot 1163} = \frac{0{,}024 \cdot U \cdot \text{ГСОП}}{1163}. \quad (9)$$

Здесь обозначения те же, что и в формулах (6) и (7).

3.2 Конструктивные решения наружных ограждающих конструкций для зданий с низким потреблением энергии

Как следует из сравнительного анализа нормативных требований различных стран (Финляндии и России) к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, представленного в разделе 1.2 настоящего руководства, российские стандарты не способствуют проектированию и

строительству зданий с низким потреблением тепловой энергии на отопление. Поэтому в настоящем разделе представлены конструктивные решения ограждающих конструкций, удовлетворяющих различным группам требований финских нормативов по энергопотреблению. Ввиду близости климатических параметров Финляндии и большинства регионов Северо-Запада Российской Федерации и Москвы, использование этих конструктивных решений представляется целесообразным для тех групп застройщиков, кто уже сегодня задумывается не только о стоимости квадратного метра строящегося жилья, но и о стоимости эксплуатационных расходов в течение всего жизненного цикла здания.

В западноевропейских странах при выборе требуемого уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций нормируется не требуемое сопротивление теплопередаче, а максимально-допустимое значение коэффициента теплопередачи $U_{i(max)}$. В таблице 7 приведены максимально-допустимые величины коэффициентов теплопередачи $U_{i(max)}$ для различных наружных ограждающих конструкций зданий, проектируемых на территории Финляндии и отапливаемых в полном объеме в течение отопительного периода (согласно требованиям п. 2.5.4 [16] стандарта Финляндии National Building Code of Finland, Part D3).

Таблица 7 – **Максимально-допустимые значения коэффициента теплопередачи $U_{i(max)}$, Вт/(м^2·К), для различных типов наружных ограждающих конструкций**

Тип ограждающей конструкции	Максимально-допустимое значение коэффициента теплопередачи $U_{i(max)}$, Вт/(м^2·К)
Наружная стена	0,17
Покрытие, чердачное перекрытие	0,09
Нижнее перекрытие	0,17/0,16
Окно в наружной стене, окно мансардное, наружная дверь	1,0

При проектировании наружных ограждающих конструкций задачей проектной организации является выбор наружного ограждения, коэффициент теплопередачи которого U_i, должен быть ниже максимально-допустимого значения, указанного в таблице 7.

Согласно стандарту Финляндии National Building Code of Finland, Part D3 (п. 2.5.3 [16]), суммарные трансмиссионные потери тепловой энергии (потери тепла через оболочку) в здании $H_{\text{тр}}$, Вт/К, рассчитываются по формуле:

$$\sum H_{\text{тр}} = \sum(U_{\text{ст}} \cdot A_{\text{ст}}) + \sum\left(U_{\text{в.перекр}} \cdot A_{\text{в.перекр}}\right) + \sum\left(U_{\text{н.перекр}} \cdot A_{\text{н.перекр}}\right) + \\ + \sum(U_{\text{ок}} \cdot A_{\text{ок}}) + \sum\left(U_{\text{дв}} \cdot A_{\text{дв}}\right), \quad (10)$$

где $U_{\text{ст}}, U_{\text{в.перекр}}, U_{\text{н.перекр}}, U_{\text{ок}}, U_{\text{дв}}$ – проектные значения коэффициентов теплопередачи соответственно наружных стен, верхнего перекрытия (покрытия, чердачного перекрытия с холодным чердаком), нижнего перекрытия (полов по грунту, перекрытий над неотапливаемым подвалом, перекрытий над

проветриваемым подпольем), окон, наружных дверей здания, Вт/(м^2·К);

$A_{\text{ст}}, A_{\text{в.перекр}}, A_{\text{н.перекр}}, A_{\text{ок}}, A_{\text{дв}}$ – численные значения площадей наружных ограждающих конструкций отапливаемого объема здания, м^2.

Вторым важным условием при проектировании и эксплуатации является обеспечение требуемого расхода тепловой энергии на отопление. В Финляндии Государственный научно-исследовательский университет (VTT) разработал нормы расходов на отопление помещений и общего энергопотребления зданий. Они приведены в таблице 8.

Таблица 8 – **Типы зданий и нормы потребляемой энергии для обычных (стандартных) зданий, зданий с низким потреблением энергии, энергопассивных зданий и зданий с потреблением энергии, близким к нулевому** (Источник: [24])

Тип здания	**Расход энергии на отопление, кВт·ч/год**							
	Стандартное здание		Здание с низким потреблением энергии		Энергопассивное здание		Здание с энергозатратами, близкими к нулевым	
	на 1 м^2	на 1 м^3	на 1 м^2	на 1 м^3	на 1 м^2	на 1 м^3	на 1 м^2	на 1 м^3
Жилой сектор	100	32	50	16	20	7	15	5
Офисные помещения	90	29	45	14	15	5	9	3
	Общий расход энергии, кВт·ч/год							
Жилой сектор	200	64	140	45	80	26	20	6
Офисные помещения	140	45	85	27	45	15	14	4

В Приложениях А, Б и В настоящего руководства представлены конструктивные решения наружных ограждающих конструкций для стандартных зданий (соответствующих максимально-допустимым требованиям для коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций $U_{i(max)}$ по таблице 7), а также для зданий с низким потреблением энергии и зданий энергопассивных. Для зданий с энергозатратами, близкими к нулевым, можно применять те же требования к уровню теплоизоляции ограждений, что и для энергопассивных зданий. Компенсация дополнительных трансмиссионных потерь тепловой энергии в них достигается за счет более эффективного использования возобновляемых источников энергии (тепла солнца, грунта и т.д.) и инженерных методов снижения энергопотребления, рассмотренных в главах 4 и 5 настоящего руководства.

При проектировании конструктивных решений наружных ограждающих конструкций были приняты теплоизоляционные изделия (жесткие плиты) из пенополиуретана с расчетной теплопроводностью не более 0,023 Вт/(м·К) [25]. Выбор данного типа теплоизоляции обусловлен наименьшей ее теплопроводностью, ввиду чего толщина и вес наружных ограждающих конструкций оказываются минимальными по сравнению с другими видами теплоизоляционных материалов, что обуславливает экономию жилой площади в здании при заданных габаритах фундаментов и экономию средств при строительстве здания. Кроме того, данный тип теплоизоляции поставляется с диффузионно-герметичным покрытием, обеспечивающим требуемую защиту ограждающих конструкций от увлажнения и проникания холодных потоков воздуха

через ограждения при инфильтрации. Ввиду этого, применение изделий с покрытием не требует установки отдельных слоев воздухо- и пароизоляционных барьеров, что уменьшает количество слоев в конструкции и повышает ее эксплуатационную надежность. Изделия из пенополиуретана характеризуются значительной влагостойкостью, поэтому случайное попадание влаги в конструкции не ухудшает их теплофизические характеристики. Это обуславливает возможность использования данного типа изделий в составе всех типов наружных ограждающих конструкций, в том числе во влажных помещениях, а также для теплоизоляции подземной части здания. В ряде случаев в составе наружных ограждающих конструкций использованы и иные типы теплоизоляционных материалов и изделий, например, минераловатных.

Использование воздухонепроницаемых изделий в составе оболочки приводит в ряде случаев к необходимости устройства в здании механической вентиляции. В то же время, при изначальном включении механической системы вентиляции в проект здания герметичность наружной оболочки, обеспеченная применением диффузионно-герметичных материалов, является положительным фактором, обеспечивающим высокий КПД принудительной системы вентиляции. Использование в системе механической вентиляции рекуперационных устройств (утилизаторов тепла вытяжного воздуха) позволяет существенно (до 40 и более процентов) снизить потери тепловой энергии в здании на отопление и вентиляцию.

В Приложении А руководства представлены разрезы наружных стен различных категорий зданий: стандартных (соответствующих стандартам по теплоизоляции согласно требованиям таблицы 7), с низким потреблением энергии и энергопассивных. Все конструктивные решения повторяются три раза. В них меняется только толщина слоя теплоизоляции, соответствующая более высоким требованиям к уровню потребляемой в здании энергии на отопление.

В Приложении Б приведены разрезы верхних перекрытий (чердачных перекрытий и совмещенных покрытий) для тех же категорий зданий, в Приложении В – нижних перекрытий (перекрытий над неотапливаемыми подвалами, техническими подпольями, а также полов, расположенных непосредственно на грунте).

Примечание – Чертежи, представленные в Приложениях А – В являются информационными. Окончательные значения коэффициентов теплопередачи (U-value) следует уточнять на основании заложенного в проекте технического решения ограждающих конструкций. Обоснование расчетных данных из представленных в приложениях чертежей должно быть подтверждено проектной организацией.

С более подробным содержанием конструктивных решений, представленных в Приложениях А – В, можно ознакомиться на сайте: www.spu.fi.

С более полным перечнем энергосберегающих конструктивных мероприятий, методами проектирования тепловой защиты зданий и контроля теплозащитных свойств ограждающих конструкций, описанием влияния теплопроводных включений и температурно-влажностного режима эксплуатации теплоизоляционных материалов на параметры теплозащиты, описанием реализованных проектов и разработанных концепций можно ознакомиться в работах [8-10, 20, 22, 25-45].

4 ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Теплоснабжение и схемные решения систем отопления

Теплоснабжение зданий

При проектировании новых и реконструкции существующих систем отопления следует руководствоваться положениями Федерального закона Российской Федерации от 30.12.2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", Федерального закона Российской Федерации от 23.11.2009 г N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», Постановления Правительства Российской Федерации от 06.05.2011 N 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов», СП 60.13330 [46], национальными стандартами и сводами правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной и добровольной основе обеспечивается соблюдение их требований.

При проектировании новых и реконструкции существующих систем отопления следует исходить из требований по обеспечению заявленного класса энергетической эффективности здания, минимизации капитальных и эксплуатационных затрат, удобства обслуживания санитарно-технических систем при условии качественного поддержания параметров воздушной среды в помещениях.

Выбор схемных решений в системах отопления необходимо осуществлять с учётом следующих приоритетных направлений развития теплоснабжения каждого региона:

- теплоснабжение от городских централизованных систем;
- использование современных автоматизированных децентрализованных и индивидуальных источников теплоты, работающих на газообразном и жидком топливе (конденсационные котлы, когенерационные установки, тепловые насосы, работающие на горючем газе, и др.);
- использование источников теплоты, работающих на облагороженном углеводородном топливе (топливные брикеты, пеллеты и др.);
- электрическое отопление от централизованных энергетических источников с применением энергоэффективных технологий (панельно-лучистые системы, теплоаккумуляционные системы с зарядкой в периоды провала графика нагрузки, электроприводные тепловые насосы и др.).

Переход на более эффективные, в том числе нетрадиционные, виды топлива, несмотря на возможное увеличение стоимости строительства, позволяет сократить последующие издержки за счёт автоматизации и эффективности реализации энергосберегающих мероприятий.

При использовании теплогенераторов на твердом топливе с малой степенью автоматизации рекомендуется создание гибридных систем, в которых

теплоснабжение обеспечивается от совместно работающих теплоисточников на различных видах топлива и энергии с промежуточным аккумулированием энергии.

Оптимизация сроков окупаемости инвестиций в системы теплоснабжения обеспечивается строительством зданий повышенных классов энергоэффективности за счет снижения необходимой мощности и последующих объемов потребления топлива и энергии.

Подключение систем отопления зданий к тепловым сетям следует осуществлять через индивидуальные тепловые пункты (далее по текст, - ИТП) или автоматизированные узлы управления (далее по тексту - АУУ), учитывая положения СП 41-101 [47]. Принципиальные схемы АУУ и ИТП представлены на рисунках 5 и 6.

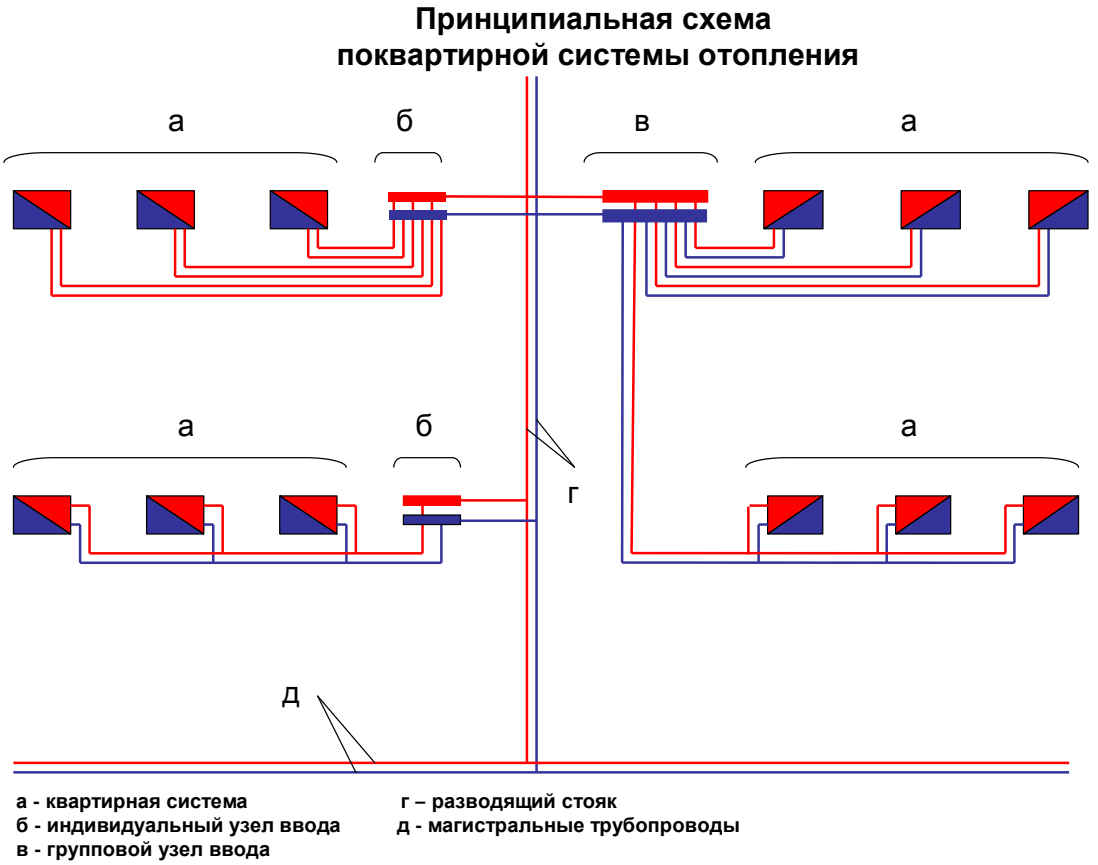


Рисунок 5 – Принципиальная схема поквартирной системы отопления

Не допускается применение элеваторных узлов смешения для подключения системы отопления зданий к системе теплоснабжения.

Для нежилых зданий в программы функционирования ИТП или АУУ следует заложить режимы отпуска теплоты с сокращением теплопотребления в ночное время, выходные и праздничные дни, а также в теплый период.

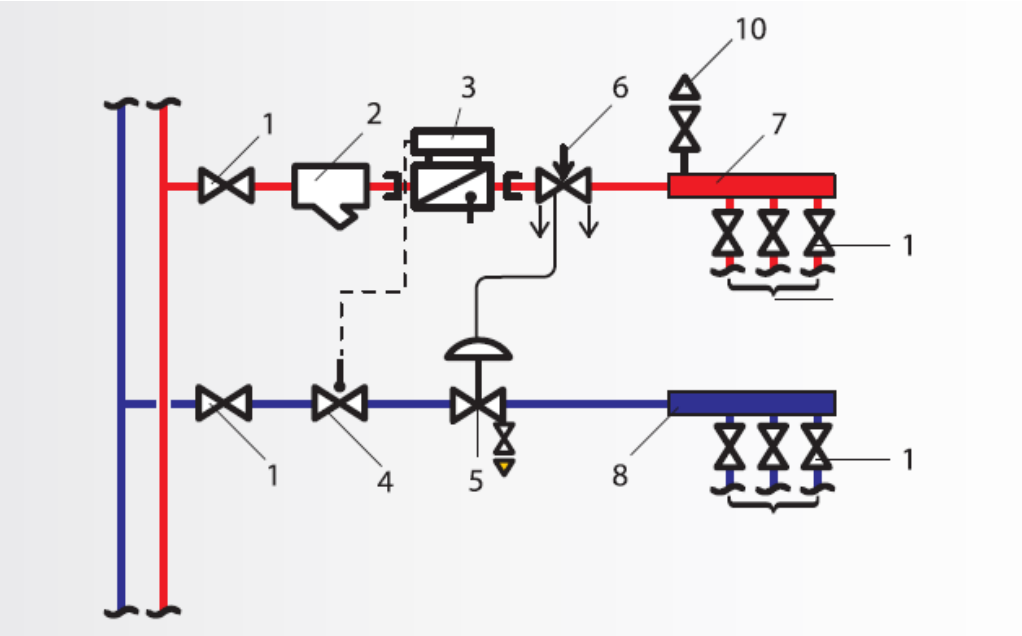


Рисунок 6 – Индивидуальный (квартирный) узел ввода

Примечание – Схема ИТП на рисунке 6 представлена без блока ГВС.

Схемные решения систем отопления

Для нового строительства в жилых зданиях оптимальными, с точки зрения энергосбережения, удобства эксплуатации и мотивации жильцов к рациональному использованию тепловой энергии на отопление, являются насосные системы отопления, как правило, двухтрубные, с поквартирной горизонтальной разводкой трубопроводов, в которых необходимо предусматривать:

- установку поквартирных или поэтажных распределительных шкафов, оснащенных коллекторами, запорной и регулировочной арматурой, а также приборами учета тепла для каждой квартиры;
- установкой на вводе теплоносителя в здание индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) или автоматизированных узлов управления/смешения (АУУ);
- оснащение здания подомовым узлом учета тепла;
- установку автоматических терморегуляторов на каждом отопительном приборе.

Сбор данных по индивидуальному потреблению ресурсов может осуществляться визуально или дистанционно, путем радиопередачи данных на приемные устройства управляющей компании или через Интернет.

При наличии двух и более вводов теплоносителя в квартиру или обслуживаемое помещение или при подключении горизонтальной поквартирной разводки непосредственно к вертикальным секционным стоякам индивидуальный учет тепла осуществляется путем оснащения системы отопления приборами и устройствами для индивидуального учета тепла на основе счетчиков-распределителей, устанавливаемых на каждом отопительном приборе.

В поквартирных системах отопления рекомендуется применение отопительных приборов с нижним присоединением трубопроводов и встроенными терморегуляторами.

Поквартирные или поэтажные распределительные шкафы подключаются к вертикальным секционным стоякам, проходящим, как правило, по лестничной клетке или коридору.

Принципиальная схема поквартирной системы отопления представлена на рисунке 5, схема индивидуального (квартирного) узла ввода – на рисунке 6, группового (поэтажного) узда ввода – на рисунке 7. На рисунке 8 представлена принципиальная схема системы отопления с поквартирными тепловыми пунктами, на рисунке 9 – принципиальная схема квартирного теплового пункта с распределительным узлом для системы отопления и теплообменником для ГВС. На рисунке 10 в качестве примера приведена фотография серийного образца квартирного теплового пункта.

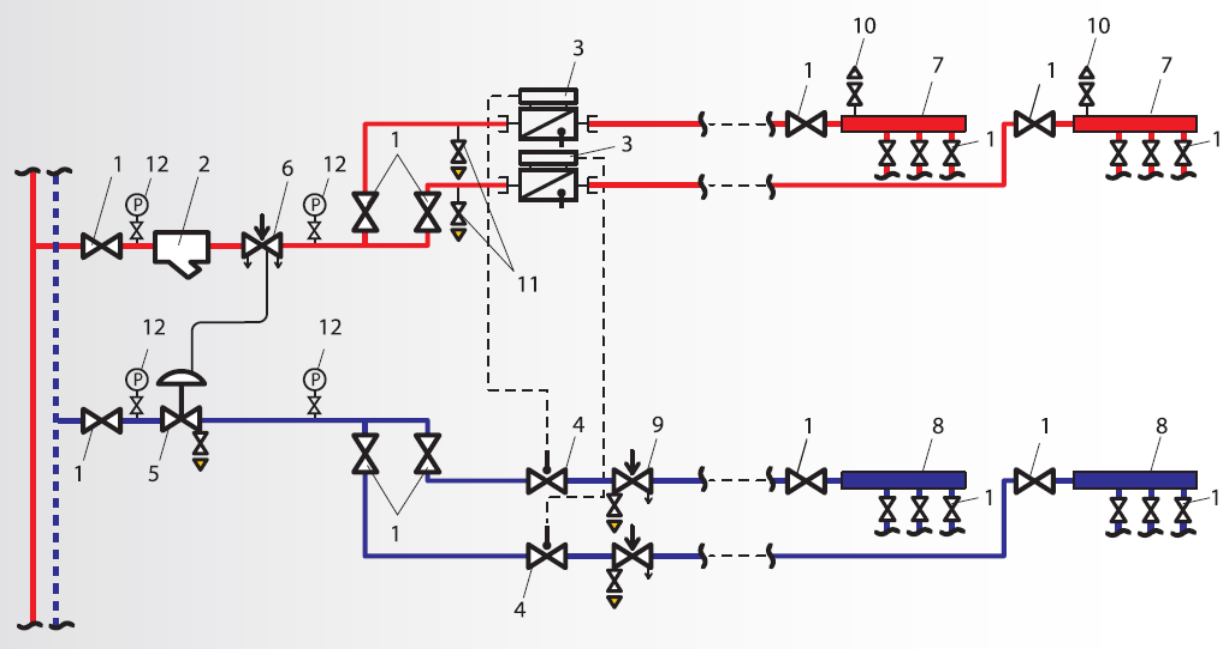


Рисунок 7 – Групповой (поэтажный) узел ввода

Развитие схемы поквартирного отопления возможно путем включения в состав узлов ввода теплообменников для нагрева горячей воды. Такая система позволяет:

- исключить из состава ИТП теплообменный блок ГВС;
- исключить общедомовые разводящие и циркуляционные трубопроводы ГВС и связанные с ними бесполезные потери тепловой энергии;
- легко подключаться к традиционной квартирной разводке системы отопления и ГВС;
- обеспечить высокое качество системы, поскольку применяются элементы полной заводской готовности - шкаф квартирного теплового пункта;
- использовать один водосчетчик для учета водопотребления квартирой;

- повысить энергетическую эффективность системы за счет безынерционного приготовления горячей воды в квартирном тепловом пункте и снижения подачи теплоносителя в систему отопления.

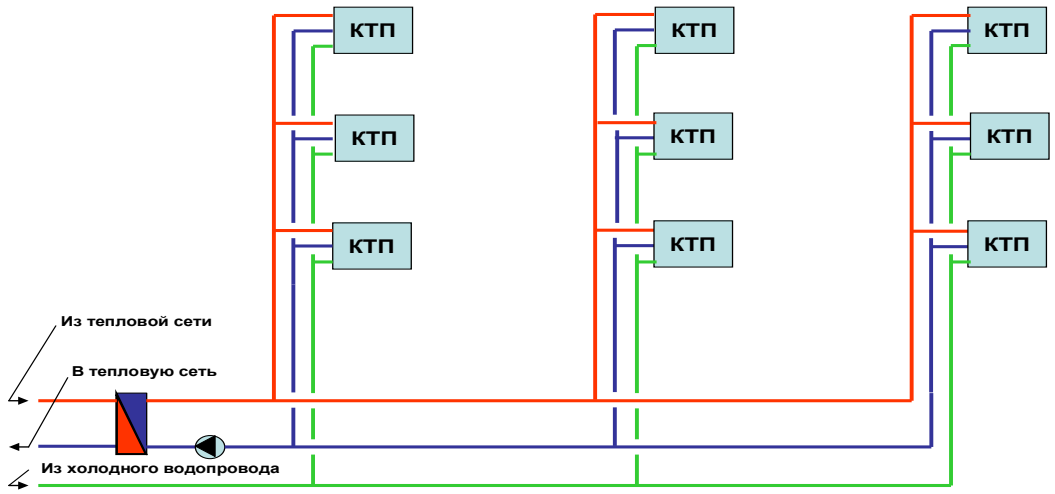


Рисунок 8 – Принципиальная схема системы отопления с поквартирными тепловыми пунктами

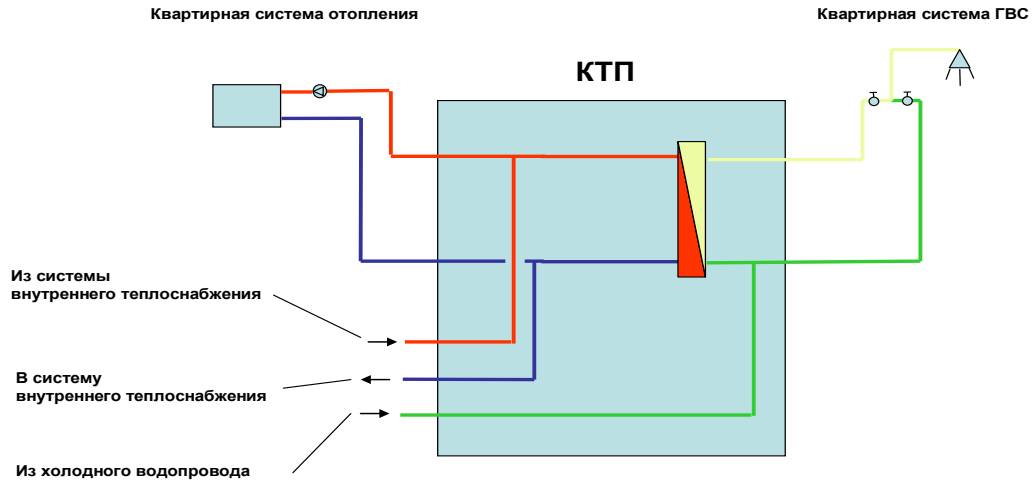
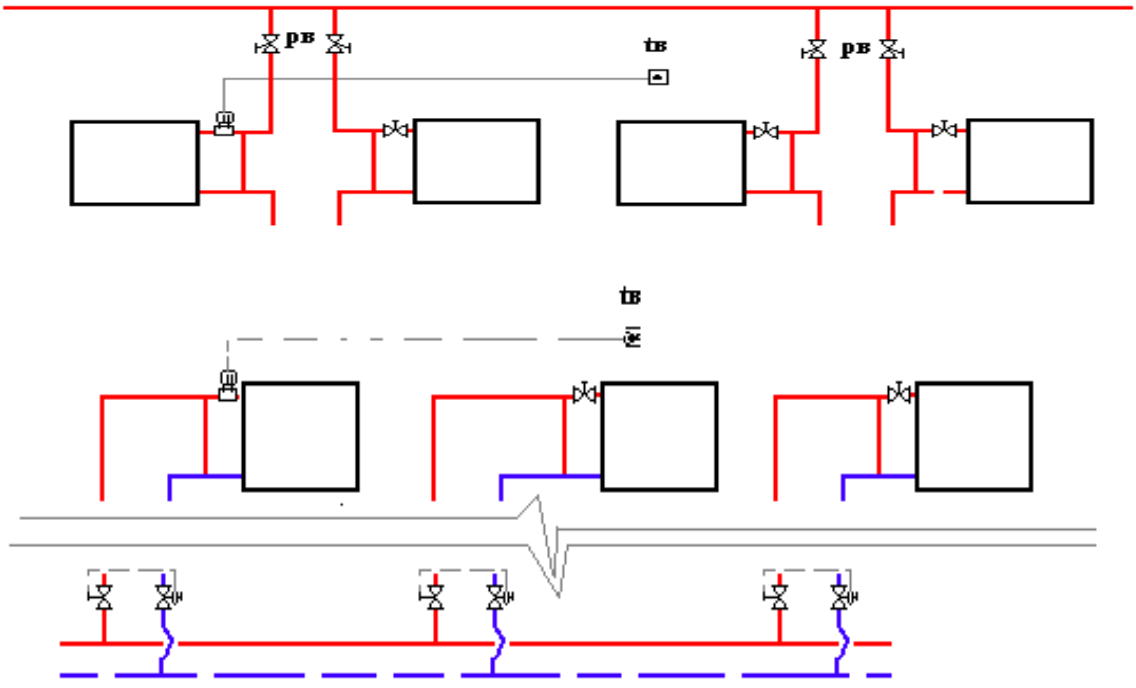


Рисунок 9 – Принципиальная схема квартирного теплового пункта с распределительным узлом для системы отопления и теплообменником для ГВС

Рисунок 10 – Фотография серийного образца квартирного теплового пункта (в качестве примера)

При проектировании в новых зданиях систем отопления с вертикальными стояками предпочтение следует отдавать насосным двухтрубным системам отопления с нижней разводкой, в которых следует предусматривать:

- установку автоматических терморегуляторов на отопительных приборах (рисунок 11);



а)

б)

Рисунок 11 – Схема установки термостатов в вертикальных однотрубных (а) и двухтрубных (б) системах отопления.
(на схеме, в качестве примера, показаны термостаты со встроенным и выносным датчиком температуры)

- установку балансировочных клапанов на стояках системы отопления для обеспечения теплогидравлической устойчивости и расчетного распределения потока теплоносителя при изменении параметров работы системы, связанного с динамикой регулирования и изменением температуры теплоносителя в течение отопительного сезона. Для двухтрубных систем отопления необходимо применять балансировочные клапаны, поддерживающие постоянство перепада давления на стояках, для однотрубной системы – постоянство расхода;
- установку на вводе теплоносителя в здания индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) или автоматизированных узлов управления/смешения (АУУ);
- оснащение здания подомовым узлом учета тепла;
- оснащение здания приборами и устройствами для индивидуального учета тепла на основе счетчиков-распределителей, устанавливаемых на каждом отопительном приборе (система индивидуального учета тепла может быть с визуальным или дистанционным сбором данных по теплопотреблению).

Для организации поквартирного учета теплоты на входе в каждую квартиру следует устанавливать узел учета теплоты, после которого производить внутриквартирную разводку по любой из представленных на рисунке 12 схем.

При поквартирных (горизонтальных) схемах реализуются основные принципы организации эффективного отопления:

- возможность реагирования на внешние (инсоляция, ветровое воздействие и др.) и внутренние воздействия (в т.ч. снижение температуры в период неиспользования помещения) за счет индивидуального регулирования;

- заинтересованность потребителя в эффективном использовании тепловой энергии – каждый платит за потребленную именно им тепловую энергию.

По схеме, представленной на рисунке 12 а, каждый отопительный прибор по наиболее короткому расстоянию («лучу») соединен с коллекторами двумя трубами.

Такое решение является наиболее дорогостоящим, требует скрытой прокладки труб и применимо, как правило, при новом строительстве зданий с одной – двумя квартирами на этаже.

На рисунке 12 б представлена «лучевая» схема с непосредственным присоединением к стоякам, при этом некоторые «лучи» имеют общие участки, проложенные по кратчайшему расстоянию.

В случае отсутствия возможности организации скрытой прокладки трубопроводов, может быть применена кольцевая схема с прокладкой труб по периметру квартиры, при этом возможны варианты с одно- и двухтрубной разводкой (соответственно, рисунок 12 в и г).

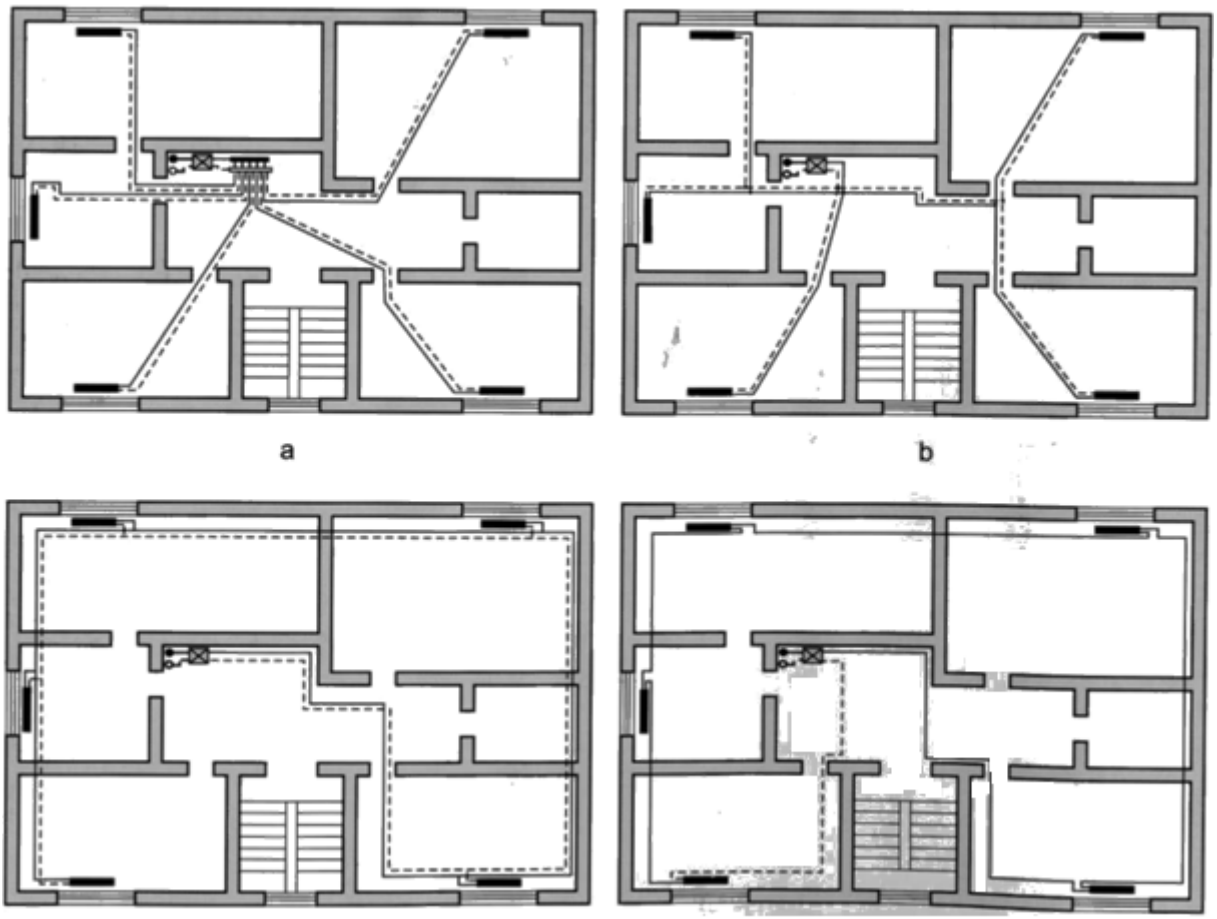


Рисунок 12 – Варианты схемных решений поквартирной разводки:
а) лучевая с распределительным коллектором; б) лучевая бесколлекторная;
в) кольцевая двухтрубная; г) кольцевая однотрубная

При выборе способа подачи теплоты в помещения, в дополнение к основной системе водяного (радиаторного) или воздушного отопления, целесообразно применять систему «теплый пол» (рисунок 13).

В зданиях с классами энергетической эффективности «А» и «Б» (при низких удельных расходах тепловой энергии на отопление) и достаточной площадью открытой поверхности пола за счет системы “теплый пол” может покрываться до 100% отопительной нагрузки.

С энергетической точки зрения использование системы «теплый пол» позволяет:

- снизить отопительную нагрузку и соответствующий расход энергоресурсов на отопление за счет обеспечения комфортных условий микроклимата при сниженной на 1,5÷2,0 °С температуре внутреннего воздуха;
- вовлекать в тепловой баланс здания низкопотенциальную теплоту вторичных энергетических ресурсов (далее по тексту – ВЭР) и возобновляемых источников энергии (далее по тексту – ВИЭ), за счет использования низкотемпературного теплоносителя (35 ÷45 °С);
- повысить надежность систем отопления зданий за счет большой инерции, что при длительных (до 1,5-2 суток) перерывах

теплоснабжения, в условиях высоких теплозащитных характеристик ограждающих конструкций, незначительно сказывается на температурном режиме отапливаемых помещений.

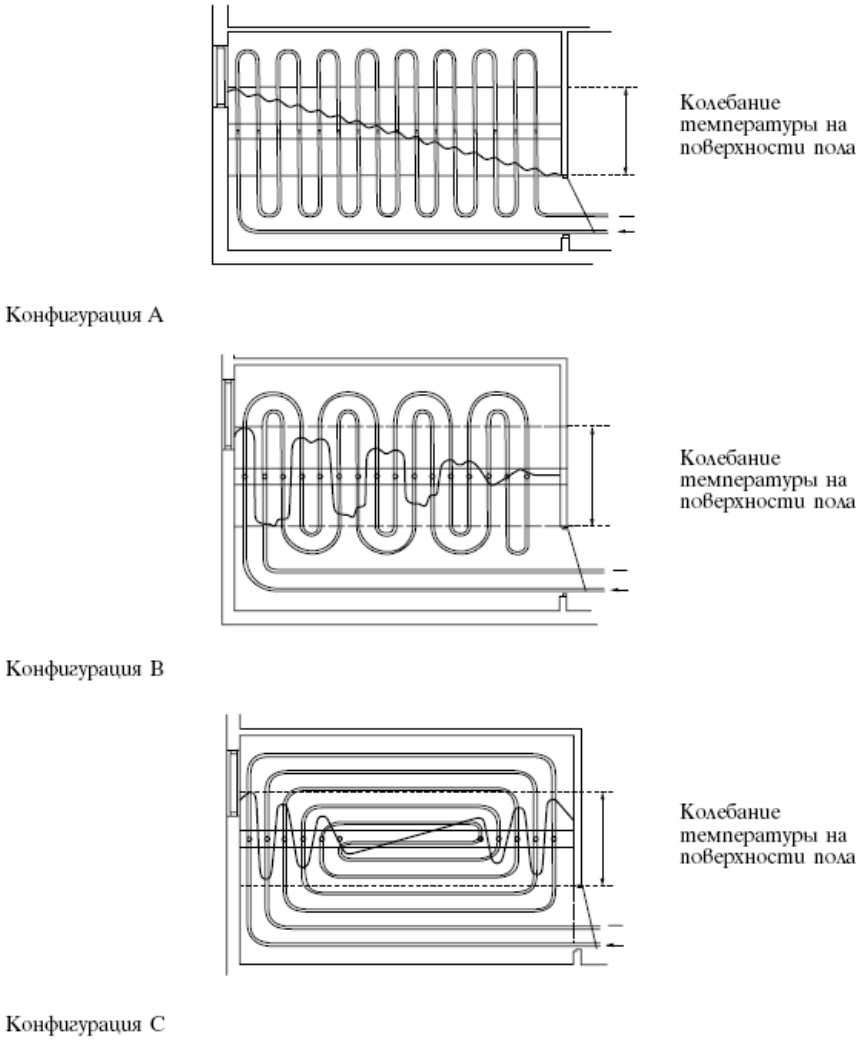


Рисунок 13 – Примеры раскладки греющих контуров системы «теплый пол»

Следует учитывать, что большая инерционность системы «теплый пол» в некоторых случаях может оказаться недостатком, не позволяющим изменить температуру помещения в короткое время. Для устранения этой проблемы следует создавать взаимосогласованные системы управления систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также иметь прогноз температуры наружного воздуха через каждые 12 часов.

С позиции обеспечения санитарно-эпидемиологических показателей основными преимуществами системы «теплый пол» являются низкая температура поверхности, исключающая пригорание пыли, уменьшающая нейтрализацию отрицательных аэроионов, обеспечивающая безопасность использования и оптимальный градиент температур по высоте помещений.

Использование низкотемпературного теплоносителя в условиях плотной городской застройки и отсутствии технической возможности подключения к

системе теплоснабжения может быть рассмотрено для обеспечения теплом на нужды отопления здания из обратного трубопровода тепловой сети (рисунок 14), в том числе с использованием тепловых насосов.

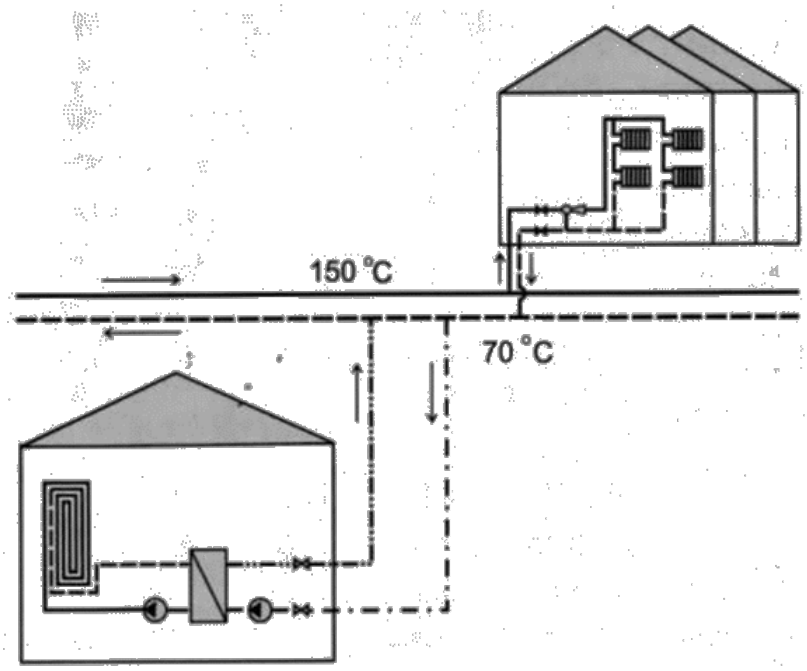


Рисунок 14 – Подключение здания к обратному трубопроводу тепловой сети

При этом ввиду того, что температурный перепад в системе «теплый пол» в 2-3 раза меньше, чем в традиционной системе отопления, для удовлетворения нужд здания, потребуется потенциал обратного теплоносителя от нескольких зданий (в случае с равными по уровню теплопотребления зданиями потребуется так же 2-3 шт.).

Не рекомендуется проектировать однотрубные П-образные системы отопления, поскольку существует опасность остановки циркуляции теплоносителя через отопительные приборы подъемной части стояка в процессе регулирования.

При реконструкции существующих систем отопления оптимальными решениями, с точки зрения энергосбережения и, одновременно, минимизации вложения средств на реконструкцию, являются:

- максимальное сохранение существующих схемных решений систем отопления с выполнением необходимых диагностических, наладочных, выборочных ремонтно-восстановительных работ и промывки (водо-воздушной, химической и др.) для восстановления первоначальных тепло-гидравлических характеристик систем отопления;
- реконструкция или дооснащение поквартального центрального теплового пункта (котельной) с целью автоматизации процессов поддержания заданных тепло-гидравлических режимов в системах отопления;
- замена нерегулируемых узлов ввода теплоносителя в здание или элеваторных узлов на автоматизированные узлы управления/ смешения (АУУ);
- оснащение стояков вертикальных систем отопления или вводов поквартирных систем при горизонтальной поквартирной разводке

трубопроводов балансировочными клапанами-регуляторами расхода или давления с целью обеспечения расчетного распределения потока теплоносителя и тепло-гидравлической устойчивости системы (рисунок 15);

- дооснащение существующих отопительных приборов автоматическими терморегуляторами;
- внедрение, при технической необходимости и экономическом обосновании, локальных новых схемных решений в реконструируемых помещениях (лучистые, напольные системы и др.).

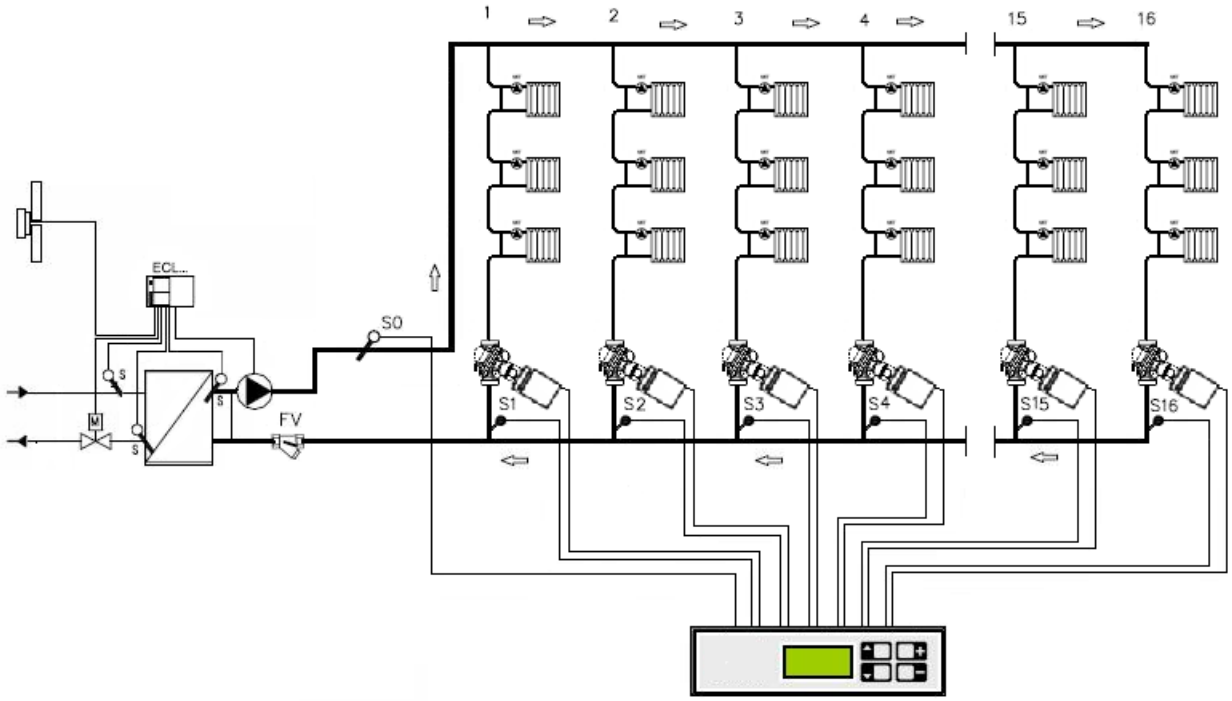


Рисунок 15 – Принципиальная схема однотрубной системы отопления с балансировочными клапанами на стояках и контролем графика температур по стоякам

Реконструкцию системы отопления следует проводить, основываясь на результатах обследования и перерасчета системы отопления, внося в расчет реальные исходные данные по техническим характеристикам существующей системы.

В реконструируемой однотрубной системе отопления при оснащении отопительных приборов автоматическими терморегуляторами необходимо установить на трубной обвязке отопительных приборов замыкающий участок до терморегулятора по ходу теплоносителя. Расчетный коэффициент затекания теплоносителя в отопительный прибор должен быть обеспечен соответствующими размерами замыкающего участка и отверстий входа и выхода теплоносителя в/из замыкающего участка. Поскольку установка замыкающего участка снижает расход теплоносителя через существующие отопительные приборы, необходимо в ходе перерасчета системы отопления проверить достаточность поверхности нагрева отопительных приборов и, при выявлении

недостатка поверхности нагрева, осуществить замену прибора или, если это возможно, добавить недостающее количество секций в секционные радиаторы.

При выявлении в ходе обследования теплоизбытков в существующей однотрубной системе отопления следует на балансировочных клапанах устанавливать термоэлементы, снижающие расход теплоносителя в стояке при завышении обратной температуры теплоносителя в стояке.

Электрические системы отопления с аккумуляцией теплоты

В дополнение к традиционным системам отопления могут предусматриваться электрические системы отопления с аккумуляцией теплоты, рассчитанные на обеспечение пиковых нагрузок.

Электрические системы отопления с ночной аккумуляцией теплоты предполагают использование различного типа электрообогревательных приборов и систем электроотопления, потребляющих электроэнергию для заряда в период провала графика электрической нагрузки (например, в ночные часы) и отдающих накопленную теплоту по мере необходимости в пиковый период электропотребления.

Использование электрических системы отопления с теплоаккумуляторами позволяет снизить вероятность использования электроэнергии на отопительные нужды в пиковые периоды графика электрической нагрузки и оптимизировать затраты потребителей за счет использования преимущества многотарифной системы учета электроэнергии – более дешевой электроэнергии в ночные часы.

В системах отопления с тепловыми насосами применяются емкостные водонагреватели (буферные емкости), мощность которых рассчитывается на обеспечение пиковых тепловых нагрузок.

4.2 Схемные решения по автоматизации регулирования теплопотребления

В жилых и общественных зданиях автоматизация отпуска теплоты подразделяется на три уровня:

- центральное регулирование - в тепловых пунктах здания (ИТП, АУУ и др.);
- позонное регулирование – в характерных по режиму эксплуатации зонах здания;
- местное (индивидуальное) регулирование – на отопительных приборах в каждом отапливаемом помещении.

Функциональное назначение центрального регулирования – поддержание требуемых параметров теплоносителя в зависимости от отклоняющих и возмущающих факторов (температуры наружного воздуха, средневзвешенной или наиболее характерной внутренней температуры здания, отсутствия людей в нерабочее время, сезона времени), поддержание постоянного перепада давления на вводе для оптимального регулирования.

Основные контролируемые и регулируемые параметры:

- в системе отопления (СО):
  - расход теплоносителя,

- располагаемый напор,
- температура теплоносителя в подающем трубопроводе СО,
- температура наружного и внутреннего воздуха;

- в системе горячего водоснабжения (ГВС):
  - температура теплоносителя,
  - расход теплоносителя;
- в системе вентиляции (СВ):
  - температура теплоносителя,
  - расход теплоносителя.

Позонная автоматизация регулирования отпуска теплоты подразделяется на несколько типов:

- пофасадная (вертикальная),
- горизонтальная,
- функциональная.

Позонное регулирование не исключает, а дополняет центральное и индивидуальное регулирование. Оно должно обеспечивать поддержание требуемых параметров в системе отопления по отдельным зонам здания в зависимости от температуры наружного воздуха, скорости ветра, солнечной радиации в различных зонах по высоте (этажам), по сторонам света (фасадам) или по функциональным зонам и обеспечивать программный отпуск тепла.

Системы позонного регулирования осуществляют корректировку температуры по отклонению (изменению внутренней температуры) или по возмущению (изменению наружных параметров воздуха).

В жилых зданиях позонное регулирование может применяться при размещении в здании нежилых зон, например, групп арендных помещений, эксплуатируемых в режиме, отличающемся от режима функционирования жилой части здания.

В жилой части здания при индивидуальном регулировании отопительных приборов применение пофасадного регулирования нецелесообразно, поскольку:

- при горизонтальной поквартирной разводке трубопроводов системы отопления тепловой режим каждой квартиры и помещения полностью контролируется и обеспечивается приборами регулирования на вводе теплоносителя в квартиру и термостатами на отопительных приборах,
- при вертикальной системе отопления пофасадное регулирование может обеспечивать лишь корректировку температуры теплоносителя в стояках, расположенных на разных фасадах. Тепловой режим каждого помещения, в основной своей части, контролируется термостатами, установленными на каждом отопительном приборе. Доля теплоотдачи стояков в помещении незначительна и эффект от некоторого снижения температуры теплоносителя в стояках одного из фасадов или его части в период активной инсоляции не компенсирует значительных капитальных затрат на практически удвоение комплекта оборудования для центрального регулирования в здании.

Функциональное назначение индивидуального регулирования – поддержание требуемой температуры в помещении в зависимости от возмущения наружных параметров воздуха и тепловыделений в помещении.

Принципиальные схемы автоматизации тепловых пунктов

При устройстве центрального автоматического регулирования путем установки ИТП или АУУ проекты автоматизации тепловых пунктов и подбор оборудования разрабатываются на основании СП 60.13330 [46], СП 41-101 [47].

Схема автоматизации теплового пункта (АУУ) с зависимым присоединением системы отопления представлена на рисунке 16.

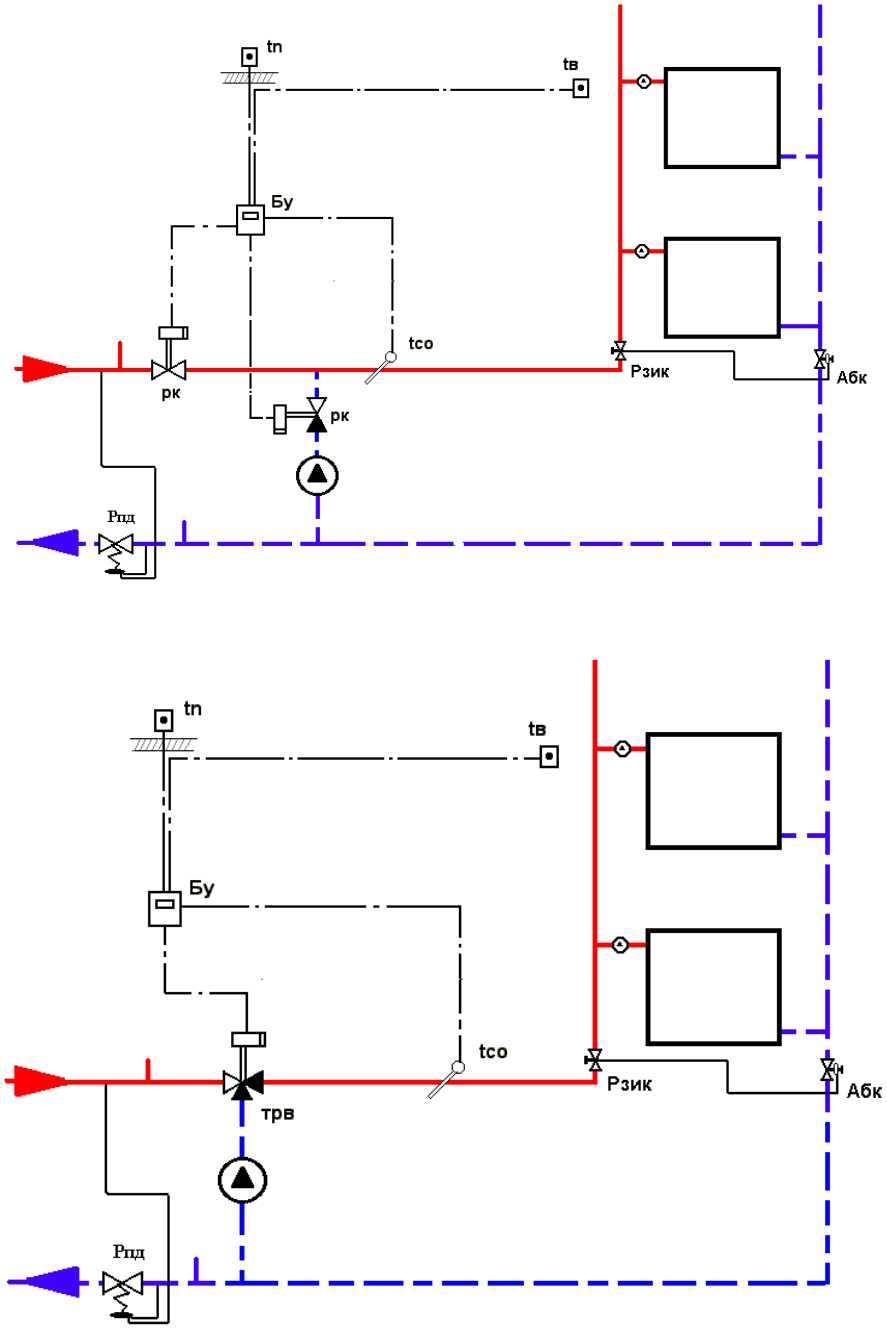


Рисунок 16 – Схема автоматизация теплового пункта (АУУ) с зависимым присоединением системы отопления

При зависимом присоединении системы отопления к системе теплоснабжения на вводе в здание устанавливается АУУ, оборудованное электронным регулятором (контроллером) температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления в комплекте с температурными датчиками и регулирующими проходными или трехходовыми клапанами с электроприводом, а также насосом, устанавливаемым на обратном трубопроводе или на перемычке. В составе АУУ необходимо предусматривать установку регулятора постоянства перепада давления.

Регулирование температуры теплоносителя в системе отопления осуществляется контроллером в зависимости от изменения температур наружного и, при необходимости, внутреннего воздуха. Контроллер управляет регулирующими клапанами с электроприводом, установленными на подающей магистрали и, при необходимости, после насоса на перемычке. Контроллер поддерживает требуемую температуру теплоносителя в системе отопления, понижает температуру теплоносителя в ночное время и нерабочие дни.

Поддержание расчетного перепада давления в системе отопления обеспечивается установкой регулятора перепада давления, который одновременно выполняет функции ограничителя расхода.

Схема автоматизации теплового пункта (ИТП) с независимым присоединением системы отопления представлена на рисунке 17.

При независимом присоединении системы отопления к системе теплоснабжения на вводе в здание устанавливается электронный регулятор (контроллер) температуры теплоносителя (Бу), поступающего в систему отопления, в комплекте с температурными датчиками и регулирующим клапаном с электроприводом. Расчётное распределение по системе отопления обеспечивается с помощью автоматических балансировочных клапанов, установленных на стояках системы отопления. В составе ИТП необходимо предусматривать установку регулятора постоянства перепада давления.

Регулирование температуры в системе отопления осуществляется контроллером в зависимости от изменения температур наружного и, при необходимости, внутреннего воздуха. Контроллер управляет регулирующими клапанами с электроприводом, установленными на подающей магистрали теплового ввода. Регулятор поддерживает требуемую температуру теплоносителя в системе отопления, понижает температуру теплоносителя в ночное время и нерабочие дни. Байпасная линия насоса с перепускным клапаном или регулятором постоянства перепада давление обеспечивает поддержание требуемого напора в системе отопления.

Поддержание расчетного перепада давления в системе отопления обеспечивается установкой регулятора перепада давления, который одновременно выполняет функции ограничителя расхода.

Распределение воды по стоякам системы отопления, параллельно присоединенным к магистральным трубопроводам, регулируется автоматическими балансировочными клапанами. Данные клапаны применяются совместно с запорно-измерительными клапанами.

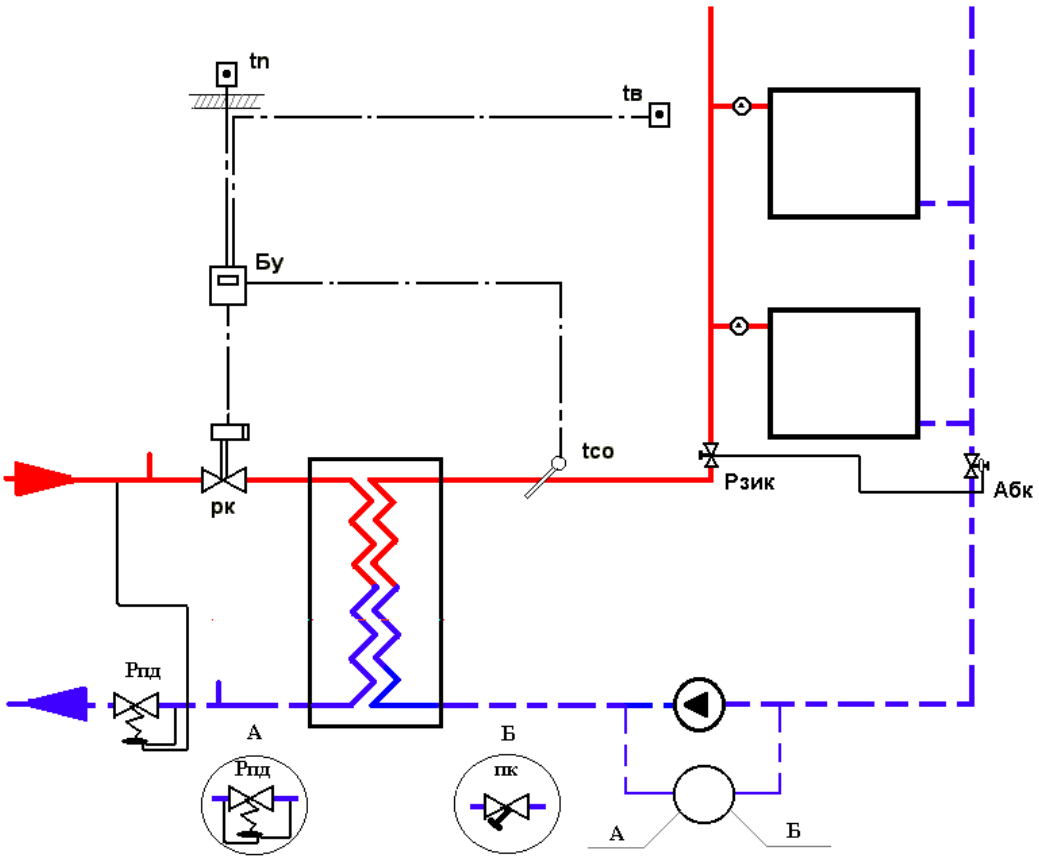


Рисунок 17 – Схема автоматизация теплового пункта (ИТП) с независимым присоединением системы отопления

Автоматические балансировочные клапаны поддерживают:

- в двухтрубной системе отопления – стандартную разность давлений в подающем и обратном стояках системы отопления;
- в однотрубной системе отопления – постоянство расчетного расхода в стояках.

Установка автоматических балансировочных клапанов предотвращает возникновение шума и обеспечивает оптимальную работу радиаторных терморегуляторов.

В схемах, приведенных на рисунках 16 и 17, использованы следующие обозначения:

Бу – блок управления (электронный регулятор температуры теплоносителя);

Рк – регулирующий клапан с электроприводом;

$t_{со}$ – датчик температуры;

$t_{в}$– датчик температуры внутреннего воздуха;

$t_{н}$– датчик температуры наружного воздуха;

трв – трёхходовой регулируемый вентиль;

Рзик – ручной запорно-измерительный клапан;

Абк – автоматический балансировочный клапан;

Ртп – регулятор температуры прямого действия;

ок – обратный клапан;

Су – смесительное устройство (тройник).

Схема автоматизации подготовки горячей воды для закрытой системы ГВС (рисунки 18, 19).

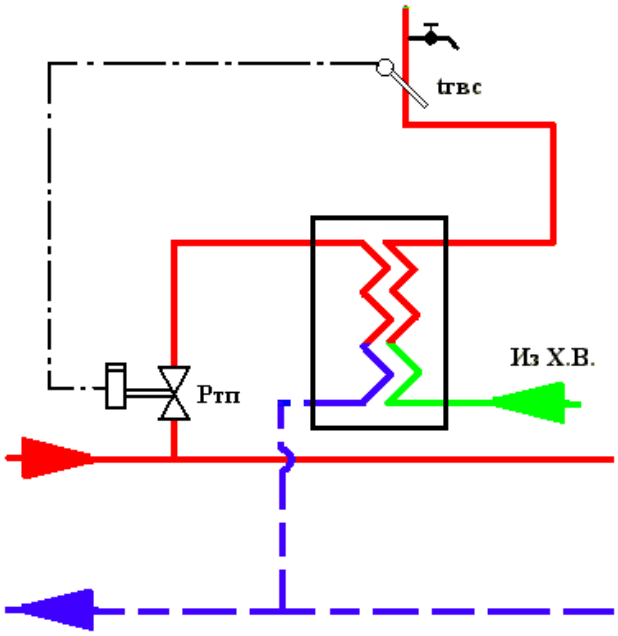


Рисунок 18 – Схема автоматизации подготовки горячей воды для закрытой системы ГВС

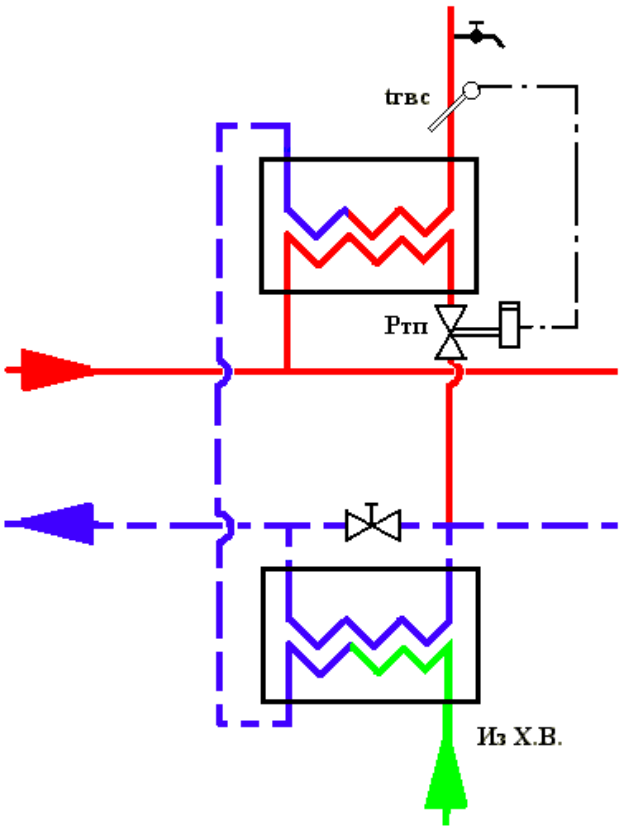


Рисунок 19 – Схема автоматизации подготовки горячей воды для закрытой системы ГВС

Система ГВС оборудуется регуляторами прямого действия в комплекте с датчиком температуры, либо оснащается регулирующим клапаном (при $G_{ГВС} > 5$

$м^3$/ч) посредством ввода (установки) дополнительного канала электронного регулятора температуры в системе отопления посредством перепрограммирования или замены на многоканальный регулятор с учётом температуры в системе ГВС.

Горячая вода на хозяйственно-бытовые нужды в закрытой системе с параллельным подключением подогревателя приготавливается в пластинчатом или трубчатом теплообменнике, который дополняется баком-аккумулятором. Температура горячей воды в системе ГВС поддерживается регулятором прямого действия.

Следует исключить применение открытых систем теплоснабжения и отбора горячей воды на хозяйственно-бытовые нужды из подающего и обратного трубопровода тепловых вводов. Отбор необходимо производить только через закрытый контур теплообменника.

Температура горячей воды в системе ГВС поддерживается регулятором прямого действия. В случае приготовления горячей воды по двухступенчатой схеме регулятор прямого действия устанавливается после второй ступени теплообменника, реагируя на изменение температуры воды, подаваемой в систему ГВС. Клапан регулятора уменьшает или увеличивает количество теплоносителя, проходящего через подогреватель.

На циркуляционном трубопроводе горячего водоснабжения в здании следует предусматривать установку регулятора температур.

Позонная автоматизация теплопотребления

Позонное регулирование выполняется на основе технического обоснования как в новом строительстве, так и на базе существующих магистралей и стояков при их реконструкции или коренной модернизации.

Позонная автоматизация осуществляется путем установки на СО каждой зоны отдельного ИТП, АУУ или распределительного шкафа с автоматикой регулирования.

Этажная автоматизация отпуска тепла наиболее целесообразна в зданиях с высотой более 16-ти этажей с вертикальными системами или в горизонтальных системах отопления. Характерным примером поэтажной автоматизации является горизонтальная система отопления, оборудованная балансировочным клапаном и термостатическим клапаном.

Местное (индивидуальное) автоматическое регулирование

Схемные решения по индивидуальному регулированию теплового потока от отопительных приборов, в том числе на базе существующих систем отопления при их модернизации, дополняют центральное регулирование.

Схемные решения по автоматизации индивидуального регулирования (рисунок 20).

Радиаторные терморегуляторы устанавливаются на подводке теплоносителя к радиатору и автоматически поддерживают заданную потребителем комфортную температуру воздуха в каждом отапливаемом помещении здания, позволяя эффективно использовать теплопоступления от людей, солнечной радиации.

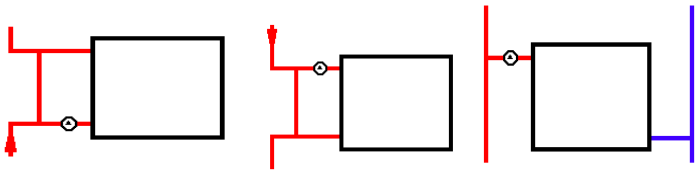


Рисунок 20 – Схемы установки термостатических головок на приборах систем отопления

Следует применять автоматические терморегуляторы непосредственного действия, как правило, с газонаполненными термоголовками, как наименее инерционными.

Согласно требованиям СП 60.13330 [46] по поддержанию температуры внутреннего воздуха отапливаемых помещений термоголовка терморегулятора, устанавливаемого в системе отопления должна иметь следующие нижние ограничения диапазона регулирования:

- для жилых зданий – не ниже 15 ºС;
- для общественных и административно-бытовых зданий – не ниже 12 ºС;
- для производственных зданий – не ниже 5 ºС.

При установке терморегулятора в помещениях, где есть опасность замерзания теплоносителя, необходимо применять термоголовку с защитой от несанкционированного изменения установленной позиции регулирования или закрытия.

В двухтрубной системе отопления целесообразно применять терморегуляторы с предварительной настройкой. Позиция предварительной настройки определяется в ходе расчета системы отопления и устанавливается на терморегуляторе в процессе ее монтажа.

При установке перед отопительным прибором декоративного экрана, а также в других случаях ограничения свободной циркуляции воздуха в зоне установки терморегулятора, терморегулятор следует оснащать термоголовками с выносным датчиком.

Схемные решения при недостаточном потенциале теплоносителя в тепловых сетях

Для обеспечения требуемых температурных условий в зданиях при недостаточной подаче тепла от внешней сети либо при перерывах в подаче, вызванных аварийными ситуациями или плановой остановкой сети на профилактический ремонт, в тепловых пунктах могут устанавливаться пиковые теплоисточники. Увеличение используемого низкотемпературного потенциала сетевого теплоносителя достигается с помощью установки теплового насоса.

Задача обеспечения теплового комфорта потребителей при любых наружных температурах и недостаточном температурном потенциале теплоносителя в тепловой сети при реконструкции тепловых пунктов может быть решена следующими способами:

- подключением в тепловых пунктах зданий пиковых газовых водоподогревателей, догревающих воду, подаваемую в систему отопления;
- установкой в тепловых пунктах зданий пиковых электрических емкостных (теплоаккумулирующих) водоподогревателей, потребляющих электроэнергию в ночные часы (при сниженном тарифе на электроэнергию). Тепловая энергия, накапливаемая в аккумуляторе, выдается в систему отопления в нужное время, обеспечивая дополнительный нагрев теплоносителя. Такое включение способствует выравниванию суточного режима электропотребления;
- установкой непосредственно в отапливаемых помещениях электрических теплоинерционных доводчиков, потребляющих электроэнергию в ночные часы (при сниженном тарифе на электроэнергию);
- установкой в тепловых пунктах тепловых насосов, повышающих температуру подаваемого теплоносителя за счет охлаждения теплоносителя, возвращаемого из абонентской установки.

Схемы перечисленных вариантов устройства тепловых пунктов применительно к независимому подключению систем отопления представлены на рисунках 21 - 23.

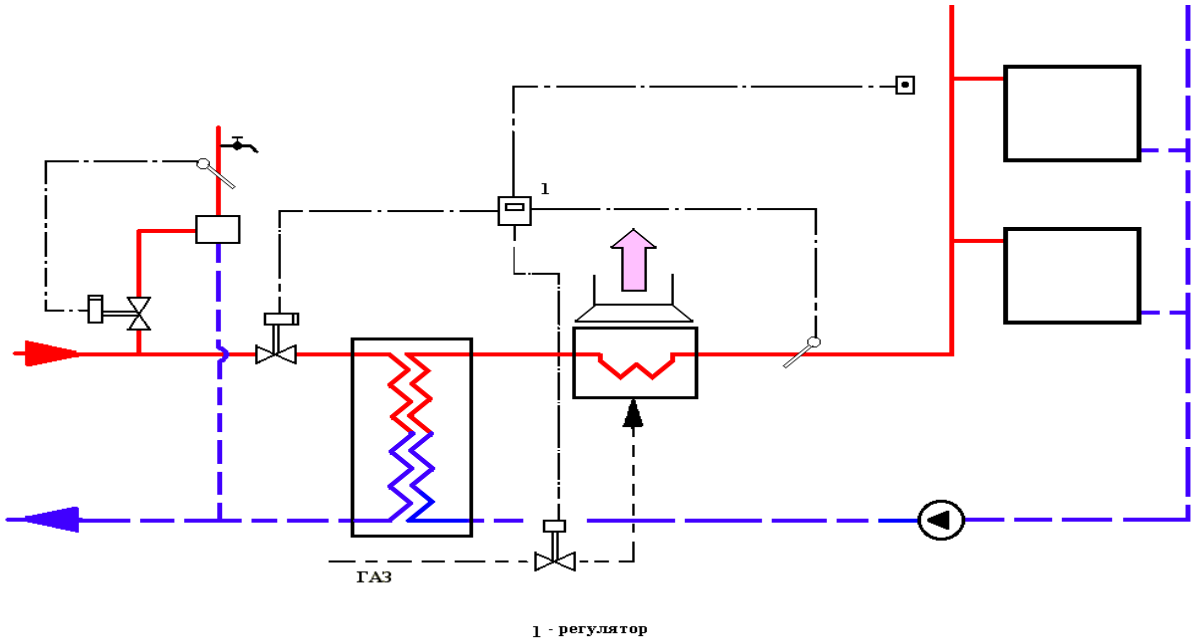
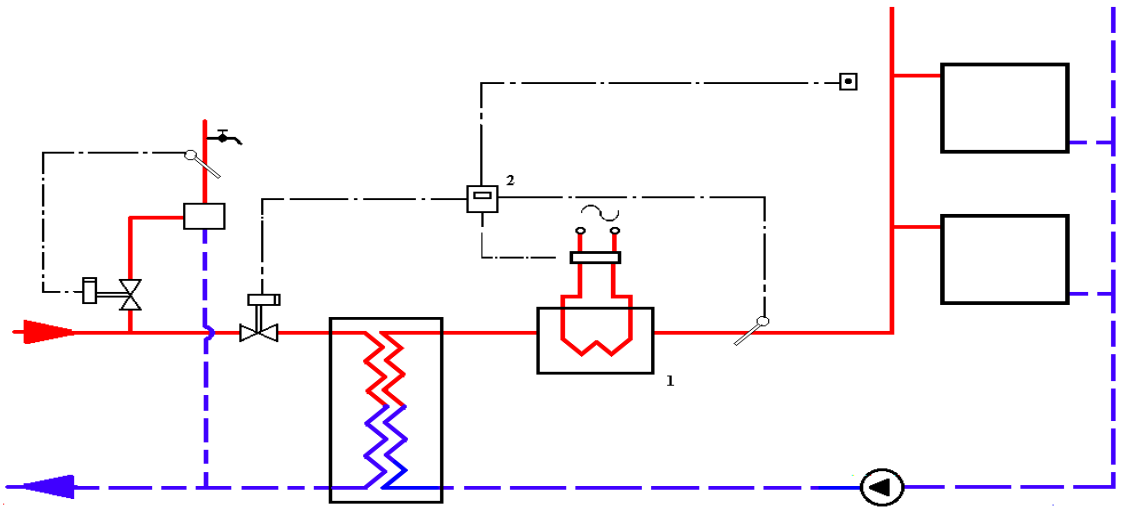
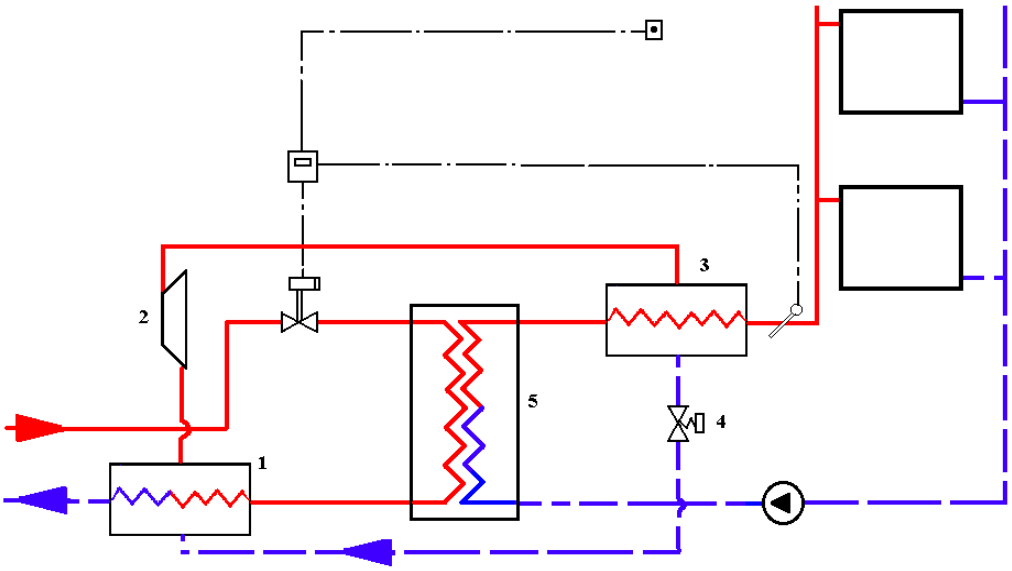


Рисунок 21 – Схема теплового пункта с пиковым газовым котлом



1 - электроводоподогреватель;
2 - регулятор

Рисунок 22 – Схема теплового пункта с электрическим котлом

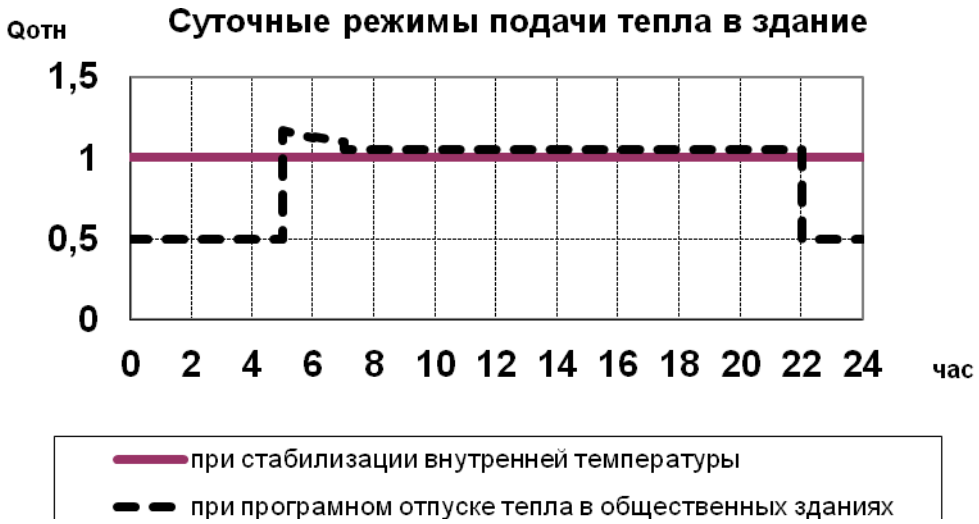


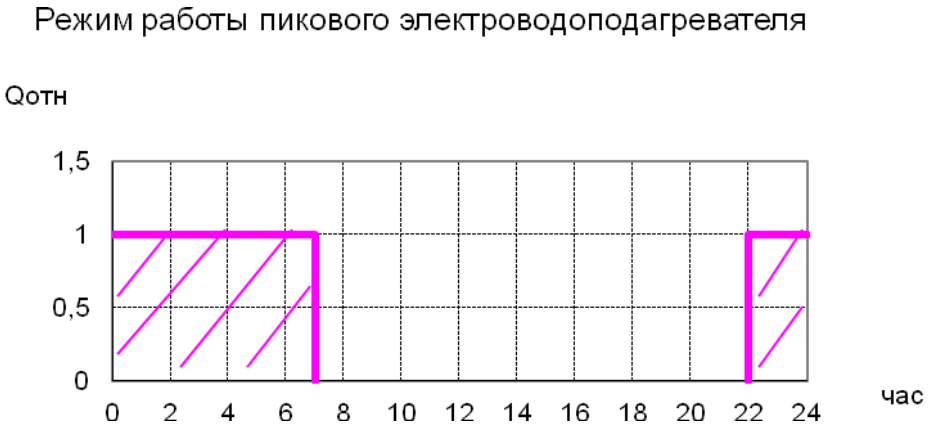
1 - испаритель; 2 - компрессор; 3 - конденсатор т.н.;
4 - редуктор;
5 - теплообменник системы отопления

Рисунок 23 – Схема теплового пункта с тепловым насосом

Данные схемные решения имеют ряд ограничений. Область их применения определяется конкретными местными условиями и обосновывается технико-экономическим расчётом.

Использование проточных электрических подогревательных установок сдерживается отсутствием резервных мощностей электроэнергии. Во-первых, применение емкостных электро-подогревателей влечет за собой увеличение потребления электроэнергии на 5÷10% за счёт увеличения теплопотерь. Во-вторых, резервы аккумулирования тепла ограничены размерами самого аккумулятора. Режим работы такого подогревателя, суточные режимы подачи тепла и соответствующие температурные режимы в жилых и общественных зданиях показаны на графиках (рисунок 24).





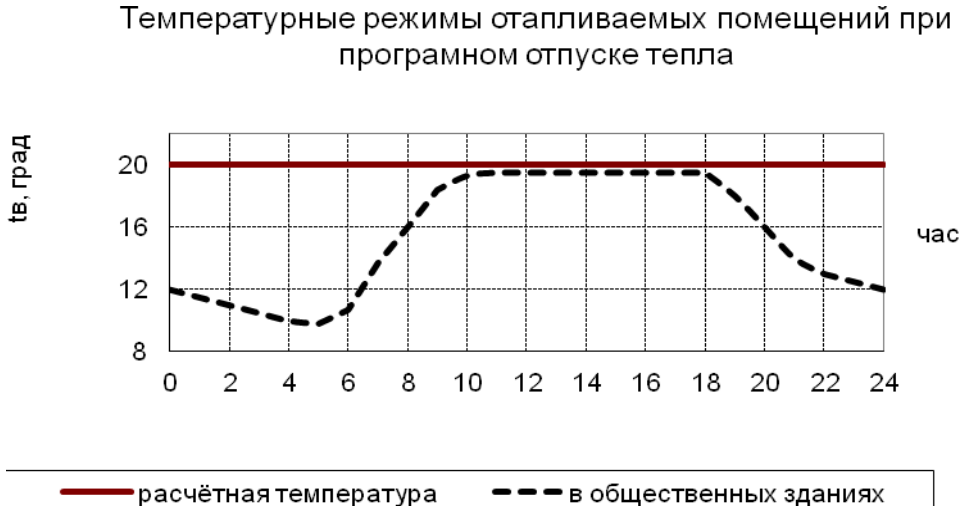


Рисунок 24 – Суточные режимы подачи тепла и соответствующие температурные режимы в жилых и общественных зданиях

Более подробно с инженерными решениями, направленными на уменьшение потребляемой в зданиях энергии на отопление, эффективными энергосберегающими технологиями, методами моделирования параметров микроклимата в помещениях проектируемых зданий и автоматизированного регулирования в существующих зданиях можно ознакомиться в работах [48-57].

4.3 Учет тепла на отопление

Учет всех видов энергетических ресурсов согласно требованиям статьи 13 Федерального закона Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» является обязательным и должен осуществляться инструментально на основе утвержденных методических нормативов. Не допускается применять расчетный метод коммерческого учета.

Приборы учета тепловой энергии сами по себе не являются средством экономии энергетических ресурсов. Они являют собой всего лишь средство визуализации расходуемых энергоресурсов. Однако, как показывает практика, установка прибров учета дисциплинирует бóльшую часть жильцов и позволяет им увидеть эффект от внедрения тех или иных энергосберегающих мероприятий, что стимулирует их более ответственно относится к энергопотребелению, особенно явно это положение относится к гражданам с низкими доходами.

Учет энергоресурсов в жилых зданиях включает в себя оценку объема потребления ресурса по всему зданию в целом (подомовой учет) и объема потребляемых ресурсов каждой квартиры (индивидуальный учет).

Учет тепла на отопление, в отличие от учета горячей, холодной воды, электричества и газа, имеет целый ряд следующих специфических особенностей:

- в здании имеется значительная часть помещений и объёмов общего пользования (чердаки, подвалы, лестничные клетки и т.п.), теплопотребление которых не может быть инструментально замерено. В этой связи, потребленное и замеренное тепло в одной квартире даже в системе отопления с поквартирной разводкой не является конечным для коммерческого учета. В него необходимо включить соответствующую долю тепла, затраченного на отопления мест общего пользования;
- подавляющая часть существующего жилого фонда и вновь возводимых зданий оснащены вертикальными системами отопления, в которых один стояк обеспечивает теплом помещения разных квартир, расположенных друг над другом.

Учитывая указанные особенности, индивидуальный учет тепла на отопление в системе отопления с горизонтальной разводкой осуществляется следующим образом:

- на вводе теплоносителя в каждую квартиру устанавливается теплосчетчик (как правило, в распределительном узле ввода), определяющий теплопотребление квартиры.

- теплопотребление мест общего пользования определяют как разницу между теплом, потребленным зданием в целом (по показаниям домового узла учета), и суммой показаний всех поквартирных теплосчетчиков. Полученная разность распределяется по каждой квартире, как правило, пропорционально её площади.
- сумма показаний поквартирного теплосчетчика и доли теплопотребления мест общего пользования является базой для определения размера платежа каждой квартиры.

Индивидуальный учет тепла на отопление в системе отопления с вертикальными стояками осуществляется следующим образом:

- на каждом отопительном приборе устанавливаются счетчики – распределители, накапливающие информацию о потреблении тепла каждым отопительным прибором (рисунок 25);
- теплопотребление мест общего пользования определяют как разницу между теплом, потребленным зданием в целом (по показаниям домового узла учета), и суммой показаний всех счетчиков - распределителей. Полученная разность распределяется по каждой квартире, как правило, пропорционально её площади.
- сумма всех показаний счетчиков-распределителей в данной квартире, представленная в натуральных показателях, плюс доля теплопотребления мест общего пользования является базой для определения размера платежа каждой квартиры.

Рисунок 25 – Пример установки счетчика-распределителя на отопительном приборе

Детали и конкретные особенности расчета потребленного тепла для рассмотренных вариантов системы отопления сформулированы в соответствующих нормативах и методическом материале по порядку расчета.

Сбор данных по теплопотреблению может осуществляться визуально либо дистанционно.

В первом случае сами жильцы или специальная служба считывает показания с поквартирных теплосчетчиков или счетчиков-распределителей и передает данные в расчетный центр.

Во втором случае поквартирные теплосчетчики или счетчики-распределители оснащаются устройствами передачи сигнала на поэтажные концентраторы, которые, в свою очередь, передают данные на домовой концентратор, и далее информация дистанционно поступает в расчетный центр (рисунок 26). Данная система может быть интегрирована с системой сбора данных других энергоресурсов.

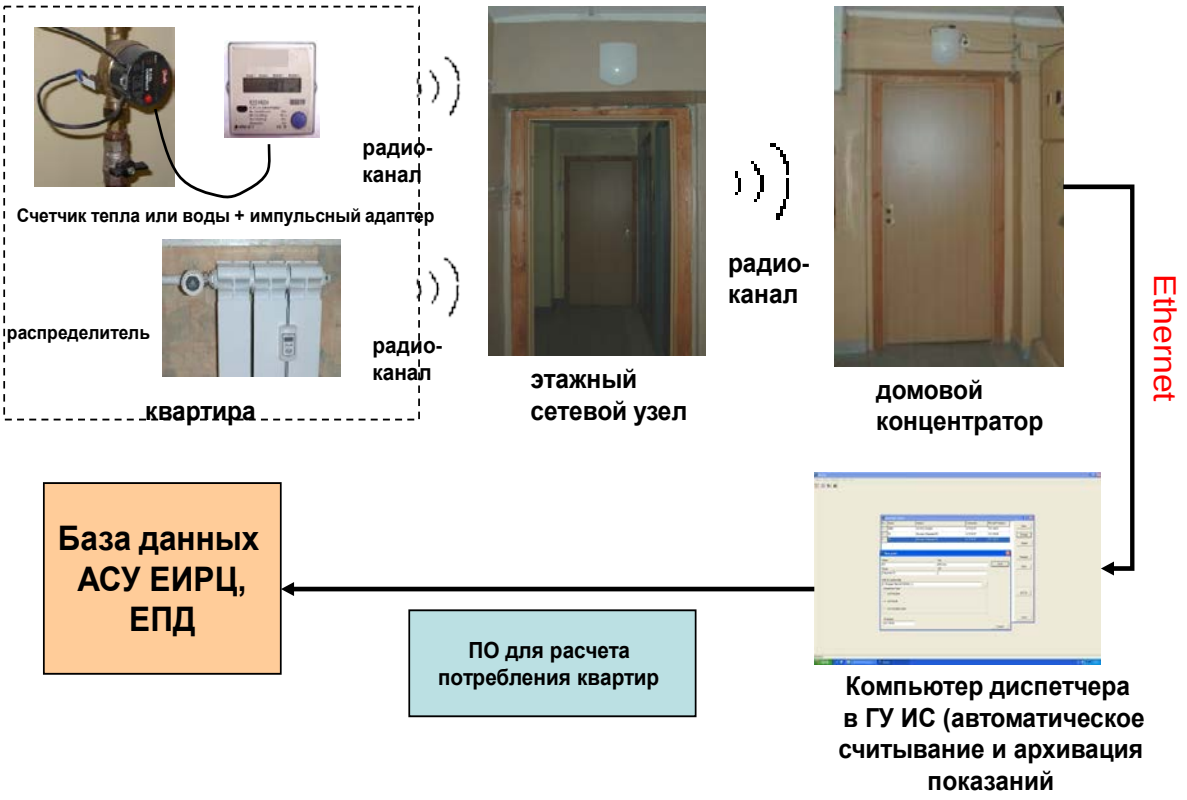


Рисунок 26 – Схема автоматизированного сбора и передачи данных с квартирных приборов учета теплоты и расчета оплат за отопление

5 МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ В ЗДАНИЯХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

5.1 Методы утилизации вторичных энергетических ресурсов

В жилых и общественных зданиях могут быть использованы следующие тепловые вторичные энергоресурсы (далее – ВЭР), образующиеся в системах:

- *вентиляции:* низкопотенциальная теплота и холод удаляемого вентиляционного воздуха;
- *канализации:* низкопотенциальная теплота условно-чистых сточных вод (далее – УЧСВ);
- *технологического холодоснабжения:* теплота конденсации холодильных установок.

Основными направлениями использования утилизируемой энергии являются частичное замещение тепловой и холодильной нагрузок в системах климатизации и теплоты в системе горячего водоснабжения.

Утилизация ВЭР обеспечивается за счет включения в схемы систем инженерно-технического обеспечения теплообменного оборудования – утилизаторов теплоты (далее – УТ), следующих типов:

- рекуперативные теплообменники: пластинчатые, кожухотрубные и калориферы;
- регенеративные теплообменники: вращающиеся и стационарные переключающиеся;
- теплообменники на тепловых трубках;
- теплообменники с промежуточным теплоносителем;
- тепловые насосы.

Схемные решения утилизации ВЭР

Наибольшее распространение в жилых и общественных зданиях получили решения с утилизацией теплоты и холода уходящего вентиляционного воздуха.

Используемые в схемах вентиляционных систем утилизации теплоты, различаются по двум основным критериям:

- по степени централизации вентсистемы: УТ в составе центральных вентустановок, обслуживающих из одного центра несколько помещений (рисунок 27 а, б, в, г, е, ж, и, к); УТ в составе автономных кондиционеров (рисунок 27 а, г, е, и, к); местные УТ, устраиваемые для отдельных помещений и располагающиеся, как правило, в самих обслуживаемых помещениях (рисунок 27 а, д).
- по способу теплообмена: рекуперативные теплообменники (пластинчатые, трубчатые и др.); регенеративные теплообменники (вращающиеся и стационарные переключающиеся регенераторы); теплообменники с тепловыми трубками; теплообменники с промежуточным контуром; тепловые насосы.

Решения по утилизации теплоты УЧСВ жилых и общественных зданий ограничиваются применением в схемах с теплообменниками (далее – ТО) с промежуточным теплоносителем и тепловых насосов (рисунок 28).

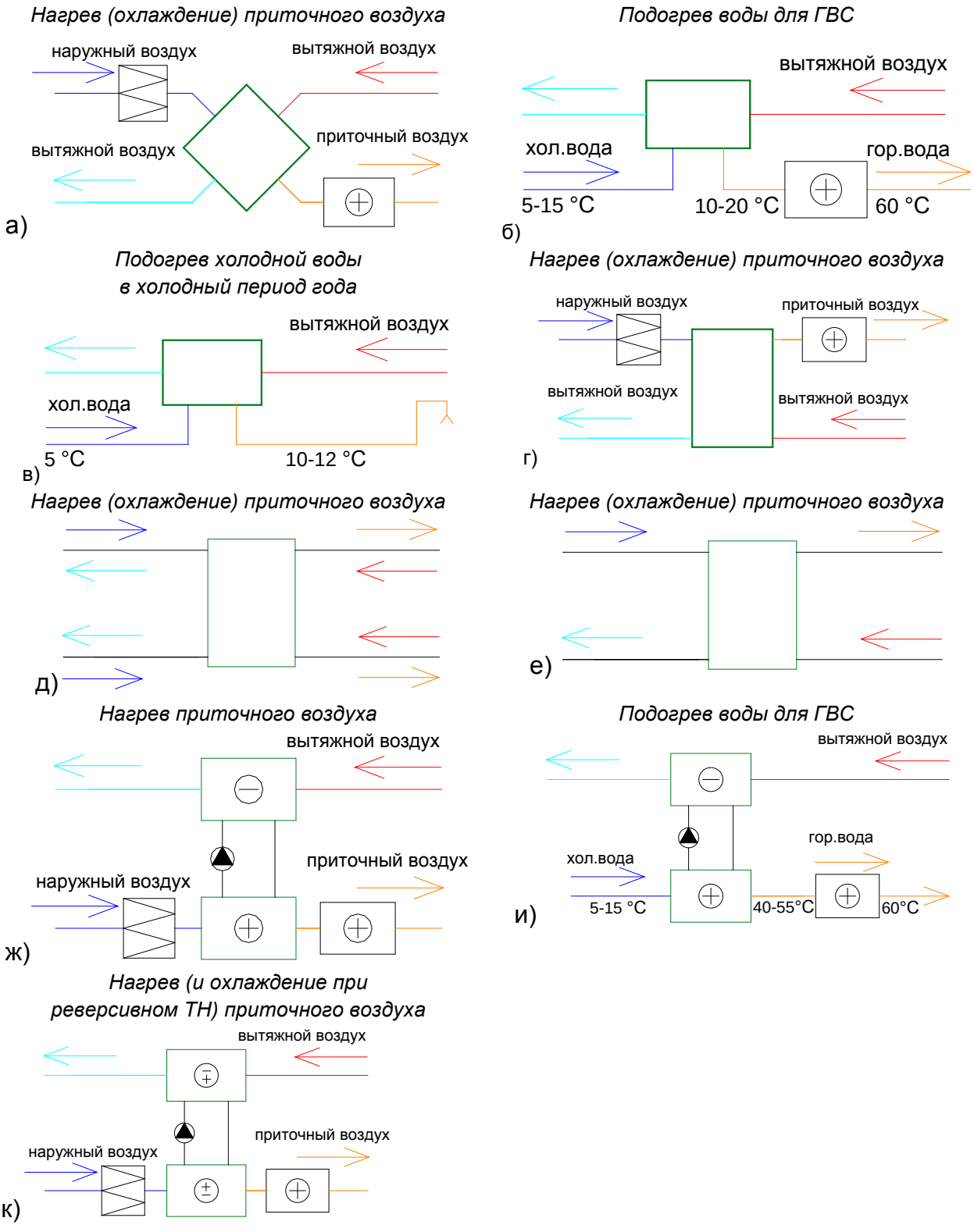


Рисунок 27 – Схемные решения утилизации теплоты удаляемого вентиляционного воздуха с УТ разных типов:
а - рекуперативные ТО; б, в – калориферы; г – вращающиеся регенераторы; д – стационарные переключающиеся регенераторы; е – ТО с тепловыми трубками; ж – ТО с промежуточным теплоносителем; и, к – тепловые насосы

Отбор теплоты от УЧСВ с предварительной их очисткой до требуемой концентрации и дисперсности взвешенных частиц целесообразно осуществлять посредством тонкостенных кожухотрубных теплообменных аппаратов.

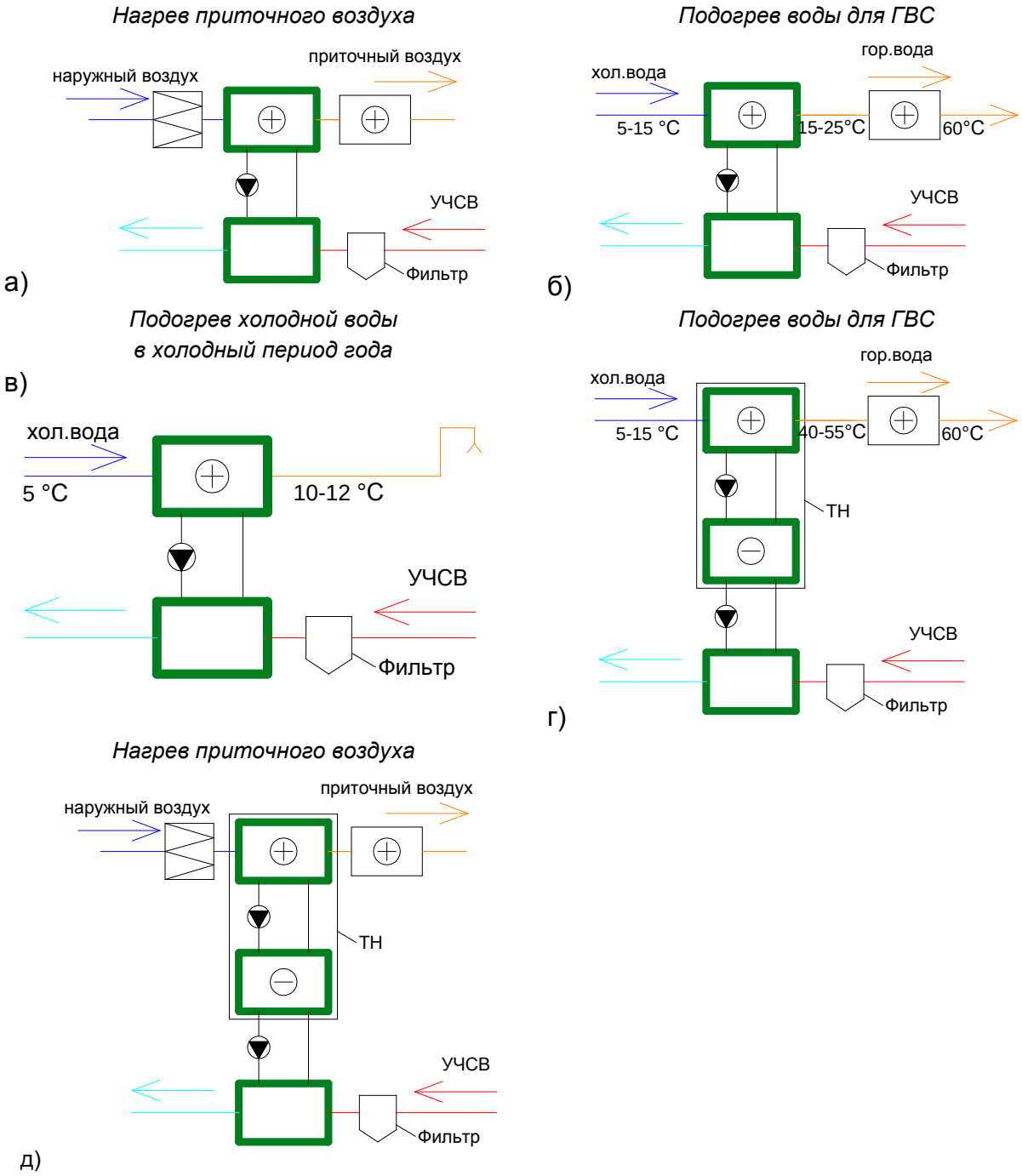


Рисунок 28 – Схемные решения утилизации теплоты УЧСВ с УТ разных типов: а, б, в – ТО с промежуточным теплоносителем; г, д – тепловые насосы.

Утилизация теплоты удаляемого вентиляционного воздуха позволяет снижать до 60% годовое потребление тепловой энергии на вентиляцию помещений. Более глубокая утилизация теплоты связана с опасностью выпадения влаги из удаляемого вентиляционного воздуха и образованием «шубы» на поверхностях теплообмена.

Эффективность энергосбережения определяется степенью утилизации теплоты ε_{my} – отношением величины подогрева приточного воздуха к разности температур вытяжного и наружного воздуха.

С увеличением степени утилизации теплоты ε_{my} (на рисунках 29, 31 обозначена символом Е) возрастает годовая экономия теплоты (рисунок 29), но при этом резко возрастают площадь теплопередачи калориферов (рисунок 30) и, соответственно, расход электроэнергии на преодоление аэродинамического сопротивления калориферов-теплоутилизаторов (рисунок 31).

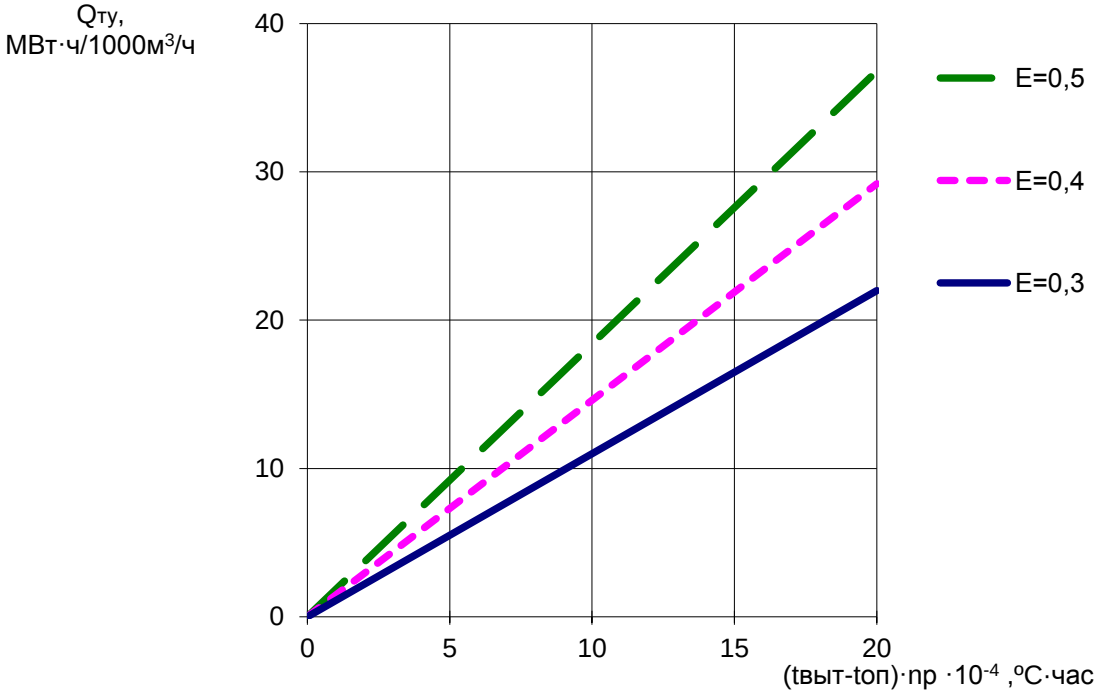


Рисунок 29 – Зависимость годовой экономии теплоты от градусо–часов работы и степени утилизации теплоты

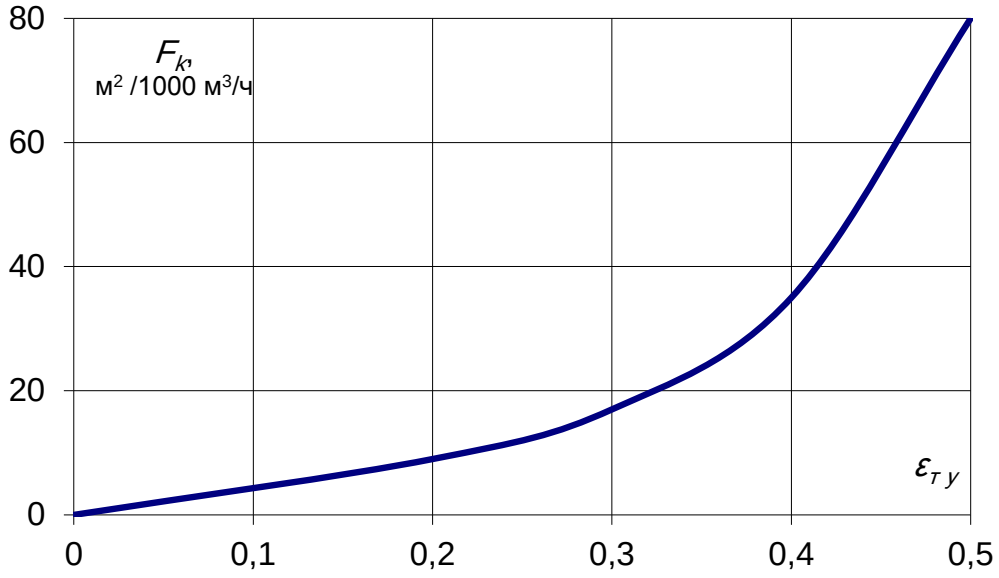


Рисунок 30 – Зависимость площади теплопередачи калориферов–теплоутилизаторов от степени утилизации ε_{my}

Достижение большего энергетического эффекта связано с увеличением капитальных затрат на оборудование, и поэтому поиск оптимального решения должен производиться с учетом технико-экономических показателей различных вариантов.

Для проведения оптимизационных расчетов составлены графики для определения удельных показателей (рисунок 31), отнесенных к расходу воздуха L=1000 м^3/ч в функции ε_{my}, параметров климата и продолжительности работы системы вентиляции.

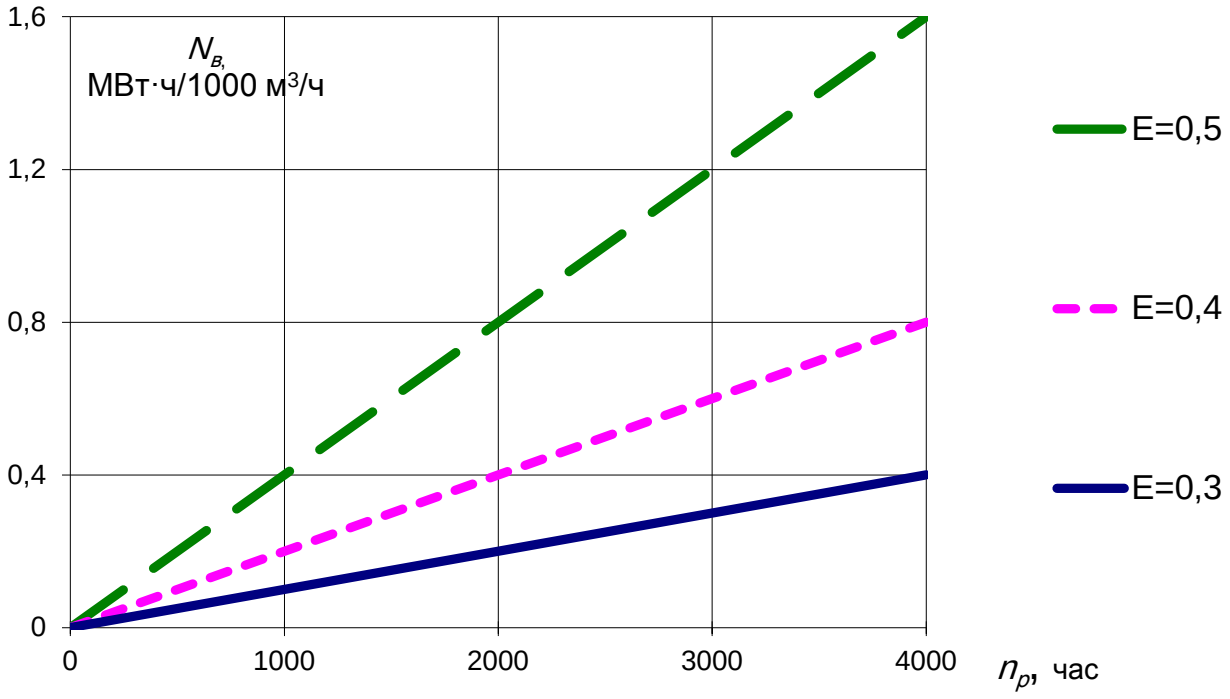


Рисунок 31 – Зависимость дополнительного годового расхода электроэнергии от числа часов и степени утилизации теплоты

При проектировании механических систем вентиляции с утилизацией тепла вытяжного воздуха потери зданием тепловой энергии за счет вентиляционного теплообмена за отопительный период $Q^{\text{г}}_{\text{вент}}$, МДж/год, можно рассчитать по формуле [58]:

$$Q^{\text{г}}_{\text{вент}} = 0{,}024 \cdot \left(L_{\text{ж}} + L_{\text{общ}}\right) \cdot c_{\text{в}} \cdot \rho^{\text{от}}_{\text{в}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot k_{\text{нед}} \cdot \text{ГСОП} \cdot \left(1 - \eta_{\text{рек}}\right), \qquad (11)$$

где 0,024 – коэффициент пересчета продолжительности отопительного периода, входящего в формулу для расчета ГСОП из суток в часы, и потерь тепловой энергии за счет вентиляционного теплообмена из кДж в МДж (1 сут =24 ч, 1 кДж = 10^{-3} МДж: 24×10^{-3}=0,024);

$L_{\text{ж}}$ – количество приточного воздуха, м^3/ч, принимаемое для жилой части здания при механической вентиляции согласно расчета;

$L_{\text{общ}}$ – количество приточного воздуха, м^3/ч, принимаемое для встроенных в жилые здания помещений общественного назначения при механической (принудительной) вентиляции согласно расчету;

$A_ж$, $A_р$ – для жилых зданий – площадь жилых помещений ($A_ж$), к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые; для встроенных в жилое здание помещений общественного назначения – расчетная площадь ($A_р$), определяемая согласно СП 118.13330 [59] как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, проходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещений инженерного оборудования и сетей [м^2];

$c_в$ – удельная массовая теплоемкость воздуха, принимается равной 1 кДж/(кг·К);

$\rho_в^{от}$ – средняя плотность воздуха, кг/м^3;

$k_{сут}$ – коэффициент среднесуточного использования вентиляционного оборудования при механической (принудительной) вентиляции; например, если вентиляционное оборудование при механической вентиляции в офисных помещениях здания используется в течение 8 часов в сутки, $k_{сут}$ принимается равным 8/24=0,333;

$k_{нед}$ – коэффициент средненедельного использования вентиляционного оборудования при механической вентиляции; например, если вентиляционное оборудование при механической вентиляции в офисных помещениях здания используется 5 суток в течение недели, $k_{нед}$принимается равным 5/7=0,714;

$ГСОП$ – то же, что и в формулах (8) и (9), °С·сут;

$\eta_{рек}$ – коэффициент полезного действия установки рекуперации вытяжного воздуха в при механической вентиляции помещений.

Примечания:

1. Если вентиляция здания или помещений осуществляется способом, при котором рекуперационное оборудование не передает тепло от вытяжного воздуха приточному, или если рекуперация тепловой энергии вытяжного воздуха отсутствует, коэффициент полезного действия батареи рекуперации $\eta_{рек}$ принимается равным нулю.
2. Коэффициент полезного действия установки рекуперации $\eta_{рек}$ принимается отличным от нуля, в том случае если средняя воздухопроницаемость квартир и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) обеспечивает в период испытаний воздухообмен кратностью n_{50}, ч$^{-1}$, при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции с механическим побуждением $n_{50} \leq 2$ ч$^{-1}$.
3. В качестве коэффициента полезного действия установки рекуперации вытяжного воздуха на вентиляции $\eta_{рек}$ допускается использовать данные, предоставленные производителем рекуперационного оборудования.
4. Если данные производителя отсутствуют, коэффициент полезного действия установки рекуперации $\eta_{рек}$ можно рассчитать по формуле:

$$\eta_{рек} = 0{,}6 \cdot \eta_{прит}, \quad (12)$$

где $\eta_{прит}$ – температурное соотношение приточного воздуха на установке рекуперации, если воздухообмен на вытяжке и притоке одинаковы; численные значения которого для различных типичных видов теплообменников представлены в таблице 9.

5. Формулу (12) не следует использовать, если соотношение между приточным и вытяжным воздухообменами составляет менее 0,6.
6. Количество энергии, полученной на рекуперационном оборудовании $Q_{\text{рек}}$, МДж, можно рассчитать по формуле:

$$Q_{\text{рек}} = Q_{\text{вент(б/рек)}} - Q_{\text{вент(с/рек)}}, \quad (13)$$

где $Q_{\text{вент(б/рек)}}$ – потери зданием тепловой энергии за счет вентиляционного теплообмена, рассчитанные по формуле (11) при значении $\eta_{\text{рек}}$ = 0 МДж;

$Q_{\text{вент(с/рек)}}$ – потери зданием тепловой энергии за счет вентиляционного теплообмена, рассчитанные по формуле (11) при значении $\eta_{\text{рек}}$, отличном от нуля, МДж.

Таблица 9 – **Показатели температурного соотношения приточного воздуха на теплообменниках рекуперационного оборудования** $\eta_{\text{прит}}$ (Источник: [58])

Тип теплообменника	Температурное соотношение $\eta_{\text{прит}}$
Жидкостной теплообменник	0,45
Теплообменник с пластинами поперечного потока	0,55
Теплообменник с пластинами противотока	0,70
Регенерационный теплообменник	0,75

Утилизация теплоты сбрасываемых вод в бассейнах

Основные энергозатраты в бассейне связаны с нагревом воды до нормативной температуры (26–28°С) и созданием требуемых тепловлажностных режимов в помещениях бассейна.

Приоритетным направлением энергосбережения в бассейнах является снижение энергозатрат на нагрев подпиточной воды, что в значительной степени достигается применением оборотной схемы водоснабжения бассейна (рисунок 32).

Дополнительно значительное количество теплоты позволяют экономить разработанные установки для утилизации теплоты (теплообменники, тепловые насосы, солнечные коллектора и т.д.).

Их наиболее целесообразно использовать для утилизации теплоты сбрасываемых в канализацию технологических сточных вод, образующихся при удалении из ванны бассейна наиболее загрязненных слоёв воды у поверхности и дна, а также при промывке фильтров.

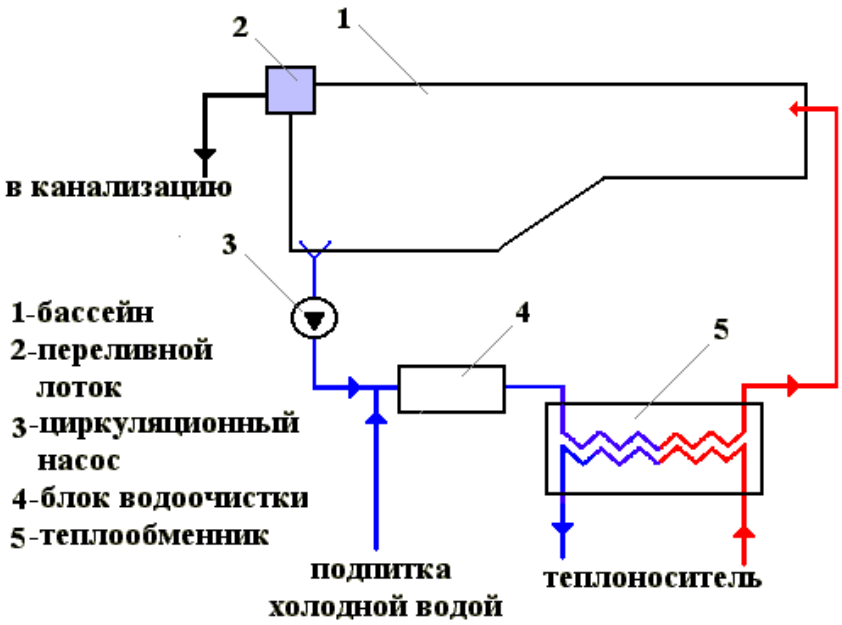


Рисунок 32 – Принципиальная схема оборотного водоснабжения бассейна

Принципиальные схемы утилизации теплоты сбрасываемых вод

Значительная часть теплоты при температуре 24–26 °С уносится вместе со сбрасываемыми в канализацию водами. Эта теплота может быть использована, прежде всего, на подогрев подпиточной воды.

Количество сбрасываемых вод зависит от принятой схемы водоснабжения. В случае прямоточной схемы оно равно 2÷4 объема бассейна в сутки (зависит от кратности водообмена), при оборотной схеме это значение уменьшается до 5÷7 % от объёма бассейна в сутки. При любой схеме водоснабжения утилизация теплоты сбрасываемых вод является одним из основных проводимых в бассейнах энергосберегающих мероприятий.

Теплота сбрасываемых вод может быть утилизирована при помощи теплообменников (рисунок 33).

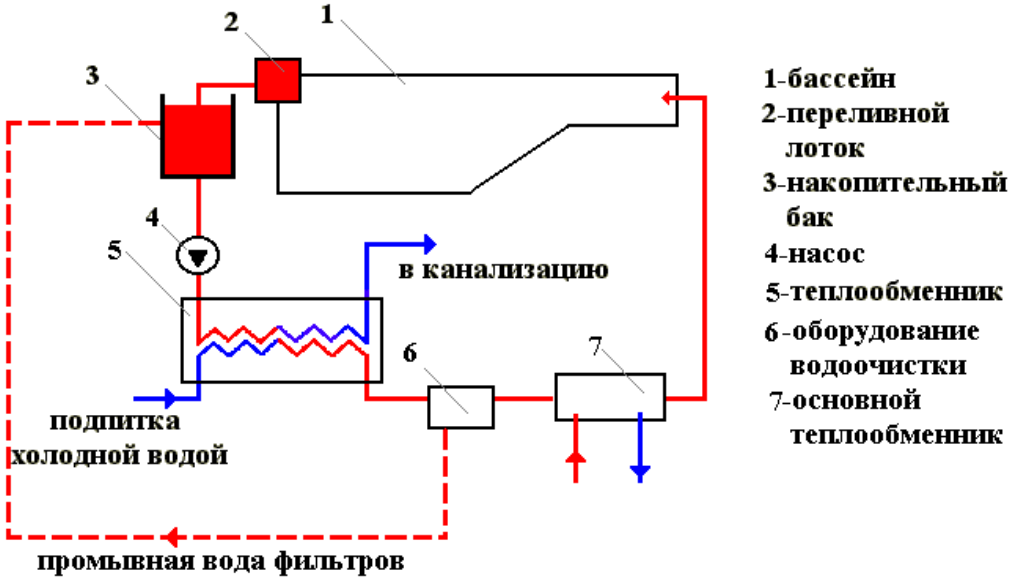


Рисунок 33 – Утилизация теплоты сбрасываемых вод с помощью теплообменника

В схеме утилизации обязательно должен присутствовать бак-накопитель, предназначение которого – выравнивать неравномерный сброс воды от бассейна.

Другим способом утилизации теплоты является использование теплового насоса (далее – ТН), который позволяет повысить потенциал утилизируемой теплоты (рисунок 34).

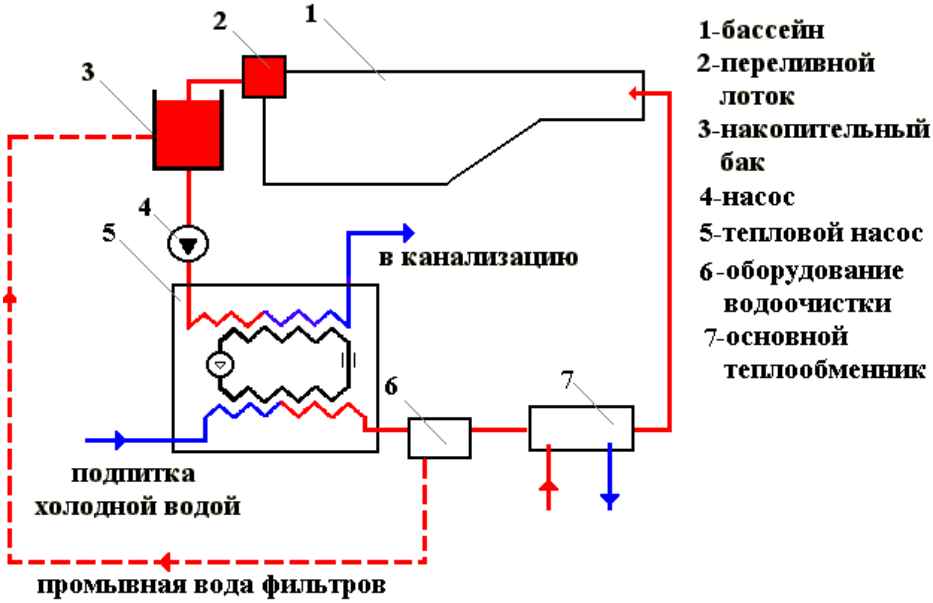


Рисунок 34 – Утилизация теплоты сбрасываемых вод с помощью теплового насоса

5.2 Рекомендации по применению в зданиях теплонасосных установок

Под теплонасосными установками (далее – ТНУ) принято понимать комплекс технических средств, предназначенных для преобразования низкопотенциальной теплоты ВИЭ и ВЭР в теплоту более высокого потенциала с использованием обратного термодинамического цикла – тепловых насосов.

В жилых и общественных зданиях, чаще всего, применяются установки с парокомпрессионными тепловыми насосами (далее – ПКТН), работающими на специальных рабочих телах – хладонах и включающими следующие элементы: испаритель, конденсатор, компрессор и регулирующий клапан.

Теплонасосные установки с ПКТН классифицируются по следующим признакам:

- по виду замещаемой нагрузки – установки теплоснабжения (отопления, вентиляции или горячего водоснабжения и установки тепло–холодоснабжения, предназначенные для одновременной или сезонной выработки теплоты и холода;
- по сочетанию вида теплоносителя источника низкопотенциальной теплоты (ИНТ) и нагреваемой среды: типа «воздух–воздух», «воздух–вода», «вода (рассол) – вода», «вода (рассол) –воздух»;
- по виду энергии, используемой для осуществления рабочего цикла – электроприводные и с приводом от тепловых двигателей (газомоторные ПКТН);
- по температуре нагреваемого теплоносителя – низкотемпературные (до 50 °С) и среднетемпературные (50÷80 °С).

Конструирование и расчет систем теплосбора рекомендуется производить с использованием следующих документов [58, 60-63].

Основным параметром, характеризующим энергетическую эффективность ПКТН является коэффициент преобразования $k_{\text{тн}}$, равный отношению вырабатываемой ПКТН тепловой мощности $Q_{\text{тн}}$, кВт, к электрической мощности, затрачиваемой на его работу $P_{\text{тн}}$, кВт:

$$k_{\text{тн}} = \frac{Q_{\text{тн}}}{P_{\text{тн}}}. \quad (14)$$

Величина коэффициента преобразования зависит от температурных границ цикла (температуры конденсации хладона в конденсаторе $t_{\text{к}}$, °С, и температуры его кипения в испарителе t_0 , °С), тепловой мощности ПКТН, вида хладона и типа компрессора.

Значение $k_{\text{тн}}$ приводятся в паспортах ТН по результатам сертификационных испытаний при стандартных температурных режимах. При теплотехнических расчетах величину коэффициента преобразования при отличных от стандартных режимов допускается определять по формуле:

$$k_{\text{тн}} = \frac{T_{\text{к}}}{T_{\text{к}} - T_0} \cdot \eta_{\text{д}}, \quad (15)$$

где $T_{\text{к}}, T_0$ – абсолютные температуры конденсации и кипения, К:

($T_{\text{к}} = t_{\text{к}} + 273$, $T_0 = t_0 + 273$);

$\eta_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий необратимые потери действительного цикла ТН по сравнению с идеальным обратным циклом Карно, для современных ТН с поршневыми и спиральными компрессорами $\eta_{\text{д}}$ =0,6÷0,7.

Схемные решения

Основные схемные решения теплонасосных систем теплоснабжения систематизированы и представлены в виде избыточной принципиальной схемы, представленной на рисунке 35.

Решение об использовании ТНУ должно быть принято на основании технико-экономического сопоставления конкурирующих вариантов систем тепло– и холодоснабжения.

Ввиду высоких единовременных затрат в ТНУ, в два-три раза превышающих затраты в замещаемых теплоисточниках, с целью получения приемлемых технико–экономических показателей следует, преимущественно, проектировать бивалентные системы.

Тепловая мощность ТНУ бивалентных систем подбирается:

- на отопительно-вентиляционные нужды: по величине базовых нагрузок;
- на нужды горячего водоснабжения: по оптимальной температуре конденсации;
- на нужды кондиционирования: по расчетной холодопроизводительности.

Пиковый режим теплопотребления и нагрев теплоносителя до расчетной температуры в бивалентных системах обеспечивается традиционными источниками тепла.

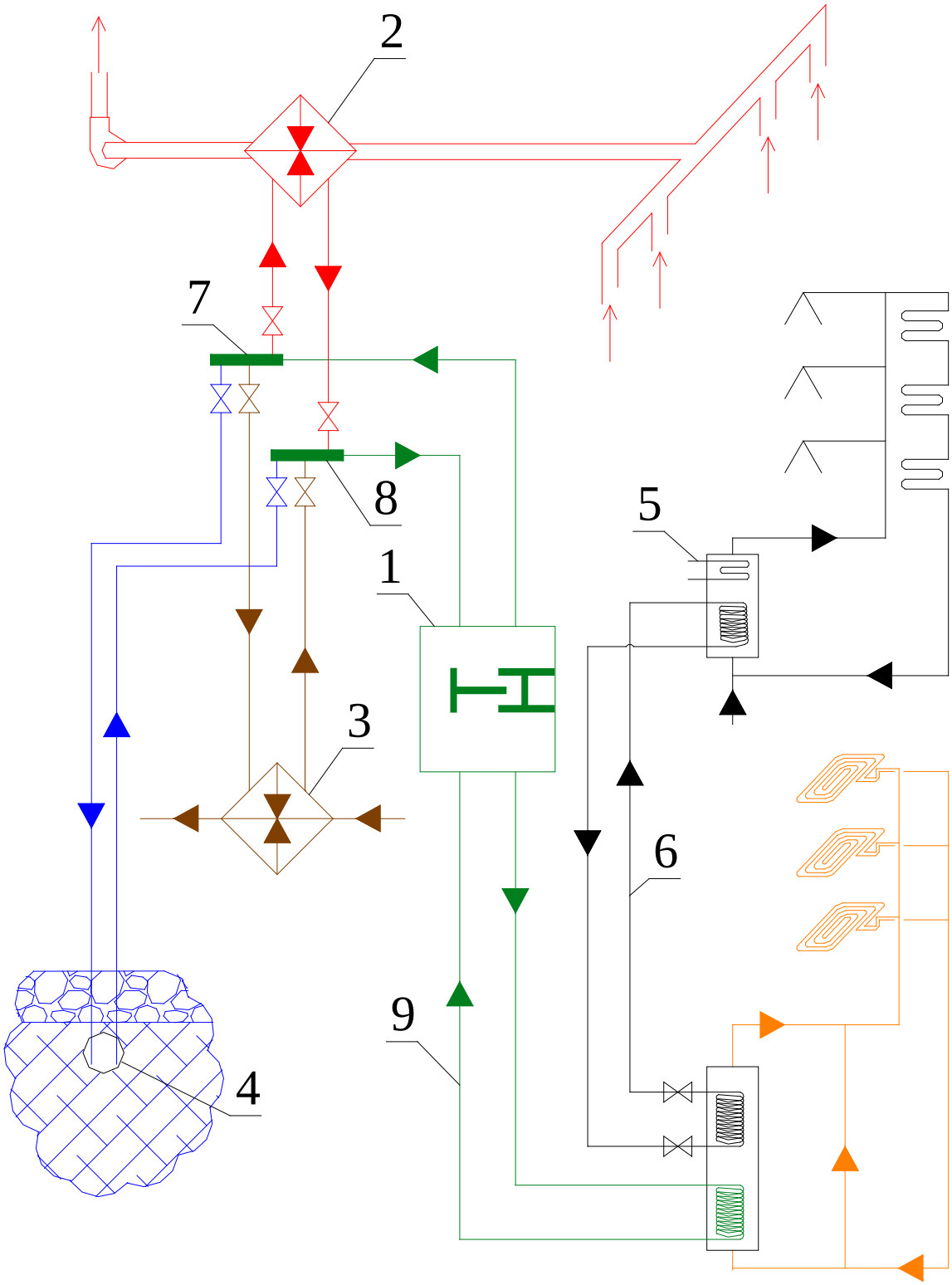


Рисунок 35 – Принципиальная схема (избыточная) теплонасосной системы теплоснабжения здания с использование собственных ИНТ:
1 – тепловой насос; 2, 3, 4 – теплообменники системы теплосбора (соответственно, удаляемого вентиляционного воздуха, условно чистых сточных вод, грунта); 5 – дублирующий источник теплоты (догреватель) ГВС; 6 – промежуточный контур ГВС; 7, 8 – коллекторы (гребенки) первого контура ТНУ; 9 – второй контур ТНУ.

Оптимизация технико-экономических показателей ТНУ должна проводиться при комплексном рассмотрении всех применяемых энергосберегающих мероприятий, направленных на снижение объема потребления теплоты, холода и электроэнергии с учетом их взаимовлияния, суммарного энергетического эффекта и экономической целесообразности реализации каждого из них.

Так, например, при принятии решения использовать ТНУ на нужды системы отопления следует рассмотреть целесообразность оптимизации его тепловой мощности за счет снижения величины тепловых потерь здания, а также расчетных температур теплоносителя в системе отопления, поскольку при снижении температурного графика повышается энергетическая эффективность ТНУ. Методика расчета ТНУ представлена в РМД 23-16 [58].

5.3 Рекомендации по применению солнечных водонагревательных установок

Под установками солнечного горячего водоснабжения (далее – УСГВ) принято понимать комплекс технических средств, предназначенных для получения горячей воды за счет энергии, поступающей от Солнца, в комплексе с традиционными источниками теплоты, применяемыми для систем теплоснабжения.

Установки в общем случае могут включать: приемники солнечного излучения - плоские солнечные коллекторы; водяные аккумуляторы теплоты; теплообменники; циркуляционные насосы; традиционные источники теплоты - дублеры; теплоприемный и распределительный контуры, средства автоматизации.

УСГВ подразделяются:

- по времени использования – на сезонные и круглогодичные;
- по способу побуждения теплоносителя в тепловоспринимающем контуре – с естественной циркуляцией (гравитационные) и с насосной циркуляцией (насосные);
- по количеству контуров – одноконтурные и двухконтурные (с теплообменником);
- по температуре горячей воды – с постоянной температурой (термостатические) и с переменной температурой горячей воды;
- по виду потребителя и объему потребления горячей воды – индивидуальные (малой производительности) и объектовые (средней производительности).

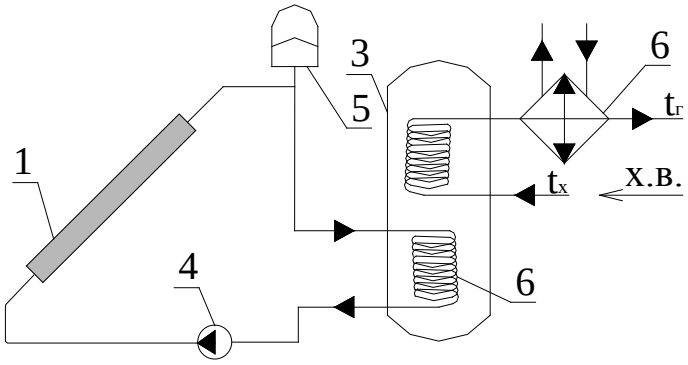
Конкурентоспособность УСГВ обеспечивается использованием энергии Солнца для частичного нагрева воды на коммунально-бытовые нужды; применение простых и надежных схемных решений, серийно выпускаемого оборудования и унифицированных решений в блочно-модульном исполнении.

Принципиальные схемы установок солнечного горячего водоснабжения

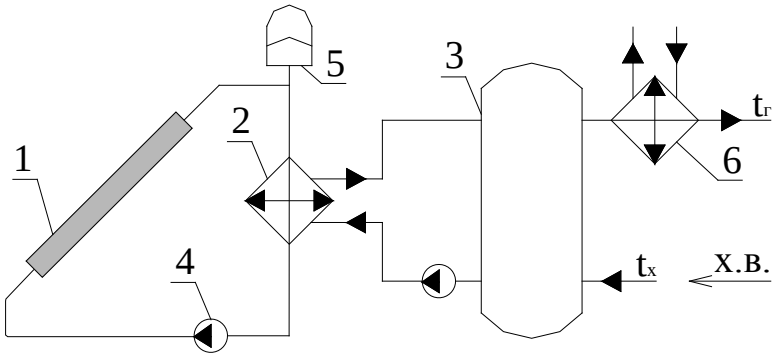
Как правило, объектные УСГВ выполняются двухконтурными с принудительной циркуляцией теплоносителя по следующим схемам: со скоростным теплообменником и баком-аккумулятором (рисунок 36 а); с емкостным

теплообменником (рисунок 36 б); с секционным баком-аккумулятором и скоростным теплообменником (рисунок 36 в).

а)



б)



в)

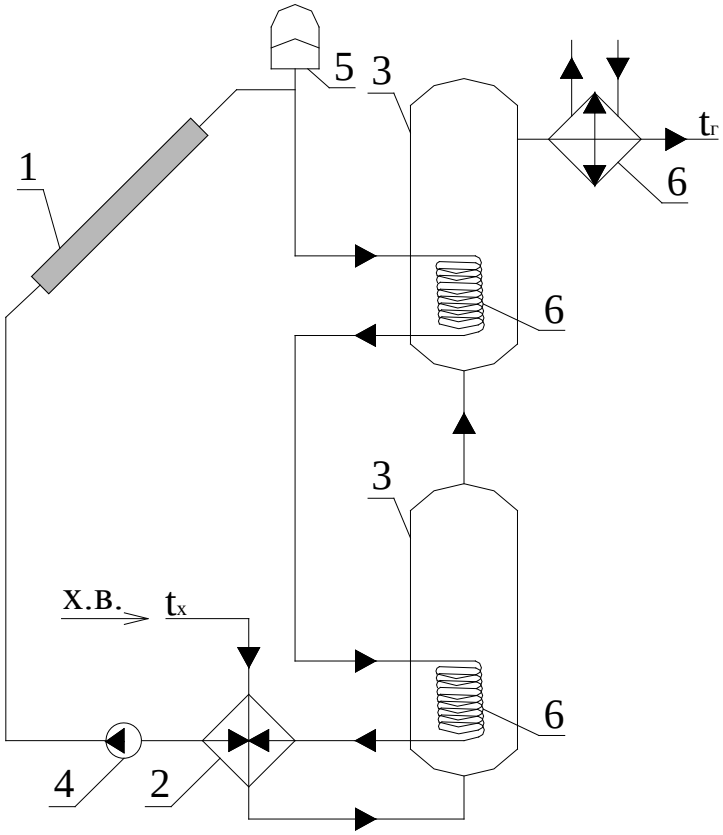


Рисунок 36 – Принципиальная схема двухконтурной гелиосистемы: 1 – солнечный коллектор; 2 – промежуточный теплообменник; 3 – бак-аккумулятор; 4, 7 – циркуляционные насосы; 5 – расширительный бак; 6 – дублирующий источник теплоты (догреватель)

Объектные УСГВ выполняются для отдельно расположенных объектов и их групп, где применение централизованных систем экономически нецелесообразно,

однако при этом имеются значительные нагрузки на систему горячего водоснабжения.

Указанные типы двухконтурных УСГВ состоят из коллекторного поля 2, располагаемого в основном на покрытии здания, циркуляционных насосов первого и второго контуров I , скоростного 5 или емкостного 10 теплообменника, бака-аккумулятора 3 секционного (со стратификацией) или обычного типа. При этом в первом контуре, включающем коллекторное поле, циркуляционный насос и теплообменник, в качестве теплоносителя для уменьшения коррозии коллекторов используется подготовленная деаэрированная вода или незамерзающие жидкости (антифриз и т.п.).

Повышение эффективности УСГВ достигается путем применения секционных баков-аккумуляторов с емкостными теплообменниками с использованием явления стратификации воды в аккумуляторе (рисунок 36), а также установкой после последней секции бака-аккумулятора (по ходу теплоносителя) дополнительного скоростного теплообменника.

Местные (индивидуальные) УСГВ выполняются для отдельных зданий типа дач, коттеджей, пансионатов отдыха, мобильных установок, индивидуальных потребителей с малой нагрузкой на горячее водоснабжение.

Местные УСГВ выполняются следующих типов:

- двухконтурные с естественной циркуляцией;
- двухконтурные с насосной циркуляцией;
- душевые гелиоустановки с естественной циркуляцией.

Указанные типы местных установок состоят из солнечных коллекторов, располагаемых обычно на покрытии здания, бака-аккумулятора или емкостного теплообменника в двухконтурной схеме. Дополнительный водоподогреватель может встраиваться в бак-аккумулятор.

Двухконтурные УСГВ с естественной циркуляцией применяются для объектов с небольшим водопотреблением (до 2 $м^3$/сут).

Оборудование установок солнечного горячего водоснабжения

В УСГВ следует применять плоские проточные солнечные коллекторы, удовлетворяющие ГОСТ Р 51595 [64]. Для систем горячего водоснабжения наиболее целесообразно использовать в УСГВ плоские солнечные коллекторы следующих типов:

- плоские солнечные коллекторы с однослойным покрытием;
- коллекторы с U – образными вакууммированными трубками;
- коллекторы на базе тепловых труб.

При проектировании УСГВ следует ориентироваться на солнечные коллекторы, серийно выпускаемые в Российской Федерации, и импортные образцы, имеющие российские сертификаты соответствия.

В двухконтурных местных системах с естественной циркуляцией применяются специальные водяные аккумуляторы со встроенными одним или двумя змеевиками. В двухконтурных УСГВ с промежуточными скоростными теплообменниками в качестве аккумуляторов теплоты используют теплоизолированные емкости. При использовании для догрева электроэнергии

водяные баки – аккумуляторы могут оборудоваться встроенными в верхнюю часть бака электрическими ТЭНами.

В качестве промежуточных теплообменников следует принимать скоростные водо-водяные подогреватели для систем отопления и горячего водоснабжения.

Основы проектирования гелиосистем

Выбор схемы УСГВ производится в зависимости от вида потребителя, объема водопотребления, расчетной температуры и качества воды, схемы традиционного теплоснабжения объекта.

Для потребителей сезонного действия с расходом горячей воды до 2 $м^3$/сут следует применять одноконтурные гелиосистемы с естественной циркуляцией с догревом в индивидуальных теплогенераторах на органическом топливе. В качестве дублера, при соответствующем обосновании, могут предусматриваться электроводонагреватели.

Для горячего водоснабжения отдельных объектов с суточным водопотреблением более 2 $м^3$/сут рекомендуются двухконтурные насосные системы.

В установках круглогодичного действия в теплоприемном контуре в качестве теплоносителя применяют антифриз. Система в этом случае выполняется по трехконтурной схеме с двумя змеевиковыми теплообменниками, встроенными в бак-аккумулятор, либо по двухконтурной схеме со скоростным теплообменником.

Концентрация раствора антифриза (этиленгликоля или пропиленгликоля) принимается, исходя из температуры замерзания, равной минимальной расчетной температуре наружного воздуха минус 36 °С.

Солнечные коллекторы, размещаемые на кровле зданий, должны располагаться на опорах, которые необходимо рассчитывать с учетом ветровой и снеговой нагрузки. Угол наклона солнечных коллекторов к горизонту следует принимать равным: 55° – для круглогодичных гелиосистем и 40° – для сезонных установок.

Коллекторы ориентируются на Юг. Допускается отклонение от южного направления не более 20°.

Солнечные коллекторы следует компоновать в параллельные блоки по П-образной и Z-образной схемам. При этом количество коллекторов в каждом блоке не должно быть более 10 при диаметрах сборных и раздающих коллекторов 40 - 50 мм, для отключения каждый блок оборудуется запорной арматурой и спускными кранами.

Для удаления воздуха и дренажа коллекторной системы трубопроводы прокладываются с уклоном не менее: 0,01 – при естественной циркуляции; 0,002 – при насосной циркуляции теплоносителя. Схема движения теплоносителя в солнечных коллекторах – "снизу-вверх".

Расстояние между рядами и блоками солнечных коллекторов следует принимать равным: 1,7 высоты ряда - при круглогодичной работе и 1,2 высоты ряда - при сезонной работе установки.

Водяные аккумуляторы теплоты в установках с естественной циркуляцией размещают на кровле выше солнечных коллекторов. В насосных системах аккумуляторы следует устанавливать в подвальной части зданий, в пристройках к ним, а также на открытых площадках.

Для обеспечения температурной стратификации аккумуляторы в крупных системах следует выполнять из двух-трех отдельных секций. Подвод холодной воды и отбор ее к солнечным коллекторам должен осуществляться из "холодной" секции, а подвод нагретой воды от солнечных коллекторов – в "горячую" секцию аккумулятора, откуда производится отбор горячей воды к потребителю.

Насосы, теплообменники, средства автоматики и КИП следует размещать в тепловых пунктах в подвалах, технических помещениях и в пристройках к зданиям.

Методика определения площади солнечных коллекторов представлена в РМД 23-16 [58].

Баки-аккумуляторы

Объем водяных баков-аккумуляторов для насосных УСГВ определяется, исходя из 50÷70 литров на 1 м^2 солнечных коллекторов. Поверхность теплопередачи змеевиков емкостных водонагревателей-аккумуляторов должна быть подобрана на среднюю разность температур между греющей и нагреваемой средой, равной не более 5 °С.

Тепловые потери через все поверхности аккумуляторов не должны превышать 5 %. Для этого внешняя поверхность баков покрывается тепловой изоляцией с термическим сопротивлением не менее 2,0 м^2·К/Вт.

Насосы

Циркуляционные насосы подбираются по расходу теплоносителя, G, кг/ч, который определяется по формуле [58]:

$$G = \mathrm{g} \cdot A_{\text{ск}}, \quad (16)$$

где g – удельный расход теплоносителя, равный 30÷55 кг/(м^2·ч);

$A_{\text{ск}}$ – площадь солнечного коллектора, м^2.

В двухконтурных системах расходы теплоносителей в теплоприемном и теплопередающем контурах следует принимать равными.

Потребляемая энергетическая мощность $P_{\text{цн}}$, кВт, циркуляционных насосов определяется по формуле:

$$P_{\text{цн}} = \frac{\Delta P \cdot G}{3600 \cdot \rho \cdot \eta_{\text{цн}}}, \quad (17)$$

где ΔP– потери давления в циркуляционном контуре, кПа;

ρ – плотность теплоносителя в контуре, кг/м^3;

$\eta_{\text{цн}}$ – КПД циркуляционного насоса.

Годовой расход электроэнергии $W_{\text{цн}}$, кВт·ч, на привод циркуляционных насосов определяется по формуле:

$$W_{\text{цн}} = P_{\text{цн}} \cdot n_{\text{р}}, \quad (18)$$

где $n_{\text{р}}$ – число часов работы циркуляционных насосов за год, принимаемое равным 2000 часов – для круглогодичных и 1500 часов – для сезонных УСГВ.

5.4 Рекомендации по использовании в зданиях теплоты и холода грунта

Грунтовый массив уже на глубине 1÷2 м от поверхности земли обладает значительным потенциалом с точки зрения пассивного использования его теплоты для частичного подогрева наружного вентиляционного воздуха в холодный период года и его охлаждающей способности для снижения температуры приточного воздуха в летнее время.

В таблице 10 представлены данные по среднемесячным температурам грунта для различных глубин от поверхности земли для Санкт-Петербурга, откуда следует, что на глубине более 0,8 м в холодные месяцы грунт имеет положительные температуры при средних температурах воздуха минус 5 ^{0}C.

В тёплый период года на этой же глубине температура грунта не превышает 10÷11 ^{0}C при наружных температурах воздуха более 20 ^{0}C.

Использование энергетического потенциала грунта на нужды вентиляционных систем обеспечивается включением в их схемы грунтовых теплообменников (далее – ГТО), выполненных из пластиковых труб диаметром 50 мм и более и проложенных на глубине 1÷1,5 м. от земной поверхности (рисунок 37).

Таблица 10 – **Средние месячные (за длительный период) температуры почвы и наружного воздуха для условий Санкт-Петербу**рг (Источник: [58])

Месяцы	Температура почвы, °С, на глубине от поверхности земли, м					Средняя месячная температура наружного воздуха, °С
	h = 0,2	h = 0,4	h = 0,8	h = 1,6	h = 3,2	
Январь	–3,4	–2,4	1,3	5,1	7,1	-7,8
Февраль	–5,5	–4,5	–0,2	4,1	6,4	-7,8
Март	–3,2	–2,9	–0,9	3,3	5,8	-3,9
Апрель	–1,7	–0,1	–0,1	2,8	5,2	3,1
Май	7,6	5,6	2,8	3,5	4,9	9,8
Июнь	16,6	15,0	11,0	6,6	5,5	15,0
Июль	16,9	16,1	13,3	9,0	6,7	17,8
Август	15,2	14,8	13,1	10,1	7,7	16,0
Сентябрь	13,4	13,5	12,8	10,5	8,4	10,9
Октябрь	5,6	6,7	8,6	9,6	8,7	4,9
Ноябрь	0,3	2,2	5,2	7,8	8,3	-0,3
Декабрь	–1,5	–0,7	2,3	6,0	7,7	-5,0

Величина подогрева зависит от перепада температур грунта и воздуха, условий теплообмена в каналах и теплофизических свойств грунта, а также продолжительности периода охлаждения грунта.

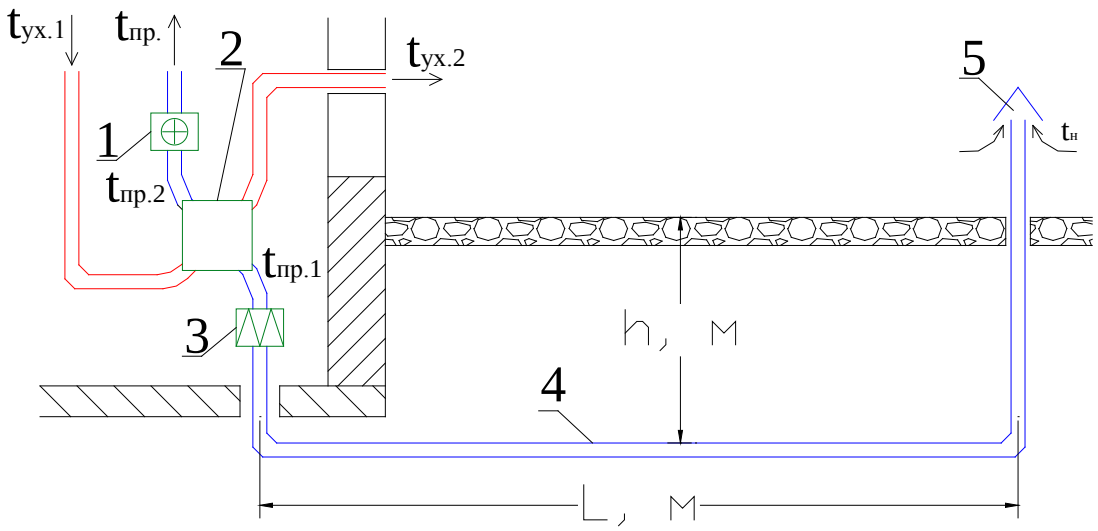


Рисунок 37 – Принципиальная схема вентиляции здания с утилизацией теплоты грунта и вытяжного воздуха:
1 – пиковый догреватель; 2 – утилизатор теплоты; 3 – фильтр; 4 – грунтовый теплообменник; 5 – воздухозаборный оголовок

Для климатических условий Санкт-Петербурга при турбулентном режиме движения воздуха в трубах коэффициент теплопередачи от грунта к воздуху составляет около 6 Вт/(м^2·К) при продолжительности охлаждения грунта 1000 ч, порядка 4 Вт/(м^2·К) при 3000 ч.

Для эффективного теплосъёма с ГТО (при КПД ≥ 50%) поверхность теплопередачи труб следует принимать исходя из 4÷6 м^2 на каждые 100 м^3/ч наружного приточного воздуха. При диаметре труб 100 мм их требуемая длина составит 13÷10 м.

Наряду с энергосберегающим эффектом при использовании ГТО исключаются проблемы с конденсацией водяных паров и обмерзанием теплоутилизаторов по линии вытяжного воздуха при высоких КПД утилизации (более 75%).

Более подробно методы утилизации вторичных энергетических ресурсов и использования потенциала возобновляемых источников энергии рассмотрены в работах [65-75].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гертис К. Здания XXI века — здания с нулевым потреблением энергии // Энергосбережение. 2007. № 3. С. 36-47.
2. Ehhort H., Reiss J., Hellwig R. Энергоэффективные здания. Анализ современного состояния и перспектив развития на основе реализованных проектов // АВОК. 2006. №2. С. 36-49.
3. Шилкин Н.В. «Пассивные» здания: возможности современного строительства // Энергосбережение. 2011. №4. С. 34-40.
4. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 100 с.
5. Дмитриев А.Н. Пассивные здания. Перспективы проектирования и строительства зданий с низким уровнем энергопотребления // СтройПРОФИль. 2005. №2. С.1-5.
6. Елохов А.Е. Пассивное здание // СтройПРОФИ. 2012. №8. С. 55-57.
7. Орлов О., Следь И., Урустимов А. и др. Конкурс «Архитектурная концепция здания с нулевым потреблением» // Строительство уникальных здания и сооружений. 2012, №1. С. 53-60.
8. Горшков А.С., Дерунов Д.В., Завгородний В.В. Технология и организация строительства здания с нулевым потреблением энергии // Строительство уникальных зданий и сооружений. №3 (8). 2013. С. 12-23.
9. Ватин Н.И., Горшков А.С., Немова Д.В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. №3 (8). 2013. С. 1-11.
10. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика. М.: Техносфера, 2004. 480 с.
11. H. Orr, J. Wang, D. Fetsch, R. Dumont. Technical note: Airtightness of older-generation energy-efficient houses in Saskatoon // Journal of Building Physics. 2013. Vol. 36. Pp. 294-307.
12. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation // Building and Environment. 2012. Vol. 47. Pp. 13-22.
13. Tenpieric M., Van der Spoel W., Cauberg H. An analytical model for calculating thermal bridge effects in high performance building enclosure // Journal of Building Physics. 2008. Vol. 31. Pp. 361-387.
14. Корниенко С.В. Учет формы при оценке теплозащиты оболочки здания // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №5 (10). С. 20-27.
15. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003)
16. National Building Code of Finland, Part D3
17. ГОСТ 8.417-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин.
18. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий
19. СП 131.13330.2012. Строительная климатология

20. Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании // Инженерно-строительный журнал. №8. 2012. С. 4-14.

21. ГОСТ 31167-2003. Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натурных условиях

22. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А.Табунщикова, В.Г. Гагарина. 5-е изд., пересмотр. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.

23. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

24. П. Сормунен. Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал, 2010. №1. С. 7-8.

25. Ватин Н.И., Величкин В.З., Горшков А.С. и др. Альбом технических решений по применению теплоизоляционных изделий из пенополиуретана марки «SPU-INSULATION» в строительстве жилых общественных и промышленных зданий. Материалы для проектирования. АТР-СПУ-01-12 // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №3 (8). С. 1-264.

26. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). 3-е изд. СПб.: Издательство «АВОК Северо-Запад», 2006. 400 с.

27. Малявина Е.Г. Теплопотреи здания: справочное пособие. М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. 144 с.

28. Горшков А.С., Ватин Н.И. Нормирование потребления зданиями энергии. Расчет потребления зданиями тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 212 с.

29. Горшков А.С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1. С. 9-13.

30. Горшков А.С., Гладких А.А. Мероприятия по повышению энергоэффективности в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 246-250.

31. Горшков А.С., Гладких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 3. С. 39-42.

32. Рахимов Р.З., Шелихов Н.С., Смирнова Т.В. Теплоизоляция из каменной ваты. Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2010. – 312 с.

33. Крайнов Д.В., Сафин И.Ш., Любимцев А.С. Расчет дополнительных теплопотерь через теплопроводные включения ограждающих конструкций (на примере узла оконного откоса) // Инженерно-строительный журнал. 2010. №6. С. 17-22.

34. Кривошеин А.Д., Федоров С.В. К вопросу о расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2010. №8. С. 21-27.

35. Корниенко С.В. Оценка влияния краевых зон ограждающих конструкций на теплозащиту и энергоэффективность зданий // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8. С. 5-12.

36. Корниенко С.В. Тестирование метода расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций на результатах натурных измерений параметров микроклимата помещений // Инженерно-строительный журнал. 2012. №2. С. 18-23.

37. Корниенко С.В. Комплексная оценка теплозащиты ограждающих конструкций оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. 2012. №7. С. 43-49.

38. Протасевич А.М., Крутилин А.Б. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8. С. 57-62.

39. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. №5. С. 7-11.

40. Богоявленский А.И., Дацюк Т.А., Исаков П.Г., Платонов А.С., Соколов Н.А., Ханков С.И. Методы контроля теплозащитных свойств ограждающих конструкций // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 11-12. С. 86-89.

41. Самарин О.Д. Расчет температуры на внутренней поверхности наружного угла здания с современным уровнем теплозащиты // Известия высших учеьных заведений. Строительство. 2005. № 8. С. 52-56.

42. Харламов Д.А., Кривошеин А.Д. Инженерная методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций с учетом краевых зон // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 6. С. 112-119.

43. Пастушков П.П. Численное и экспериментальное исследование охлаждения ограждающей конструкции после выключения отопления // Вестник МГСУ. 2011. № 7. С. 312-318.

44. Ватин Н.И., Горшков А.С., Немова Д.В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3. С. 1-11.

45. Горшков А.С., Ватин Н.И., Урустимов А.И., Рымкевич П.П. Расчетный метод обоснования технологических мероприятий по предотвращению образования ледяных дамб на крышах зданий со скатной кровлей // Инженерно-стриотельный журнал. 2012. № 3. С. 69-73.

46. СП 60.13330.2012 (Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»)

47. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов

48. Гримитлин А.М., ДацюкТ.А., Денисихина Д.М. Математическое моделирование в проектировании систем вентиляции и кондиционирования. СПб.: Изд-во «АВОК Северо-Запад», 2013. – 190 с.

49. Аверьянов В.К., Михайлов А.Г., Миткевич О.А. Диагностика теплогидравлических режимов и эксплуатационных характеристик систем

отопления // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2006. № 6. С. 28.

50. Аверьянов В.К., Толмачев В.Н., Михайлов А.Г., Тютюнников А.И., Журавский М.А., Мележик А.А. Малоэтажное строительство. Тренды качественного энергосбережения // АВОК – Северо-Запад. 2012. № 3. С. 6.

51. Грановский В.Л., Прижижецкий С.И., Петров А. Применение двухтрубных систем отопления с комплексным авторегулированием // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2001. № 6. С. 30.

52. Грановский В.Л., Прижижецкий С.И. Система отопления жилых зданий массового строительства и реконструкции с комплексным автоматизированным потреблением // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2002. № 5. С. 66.

53. Прижижецкий С.И., Грановский В.Л., Никитина С.В. Практика внедрения энергосберегающих мероприятий в Москве // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 12. С. 20-23.

54. Дацюк Т.А. Инженерные аспекты энергосбережения зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 326-328.

55. Дацюк Т.А., Васильев В.Ф., Дерюгин В.В. Ивлев Ю.П. Новая технология проектирования систем обеспечения микроклимата зданий // Вестник гражданских инженеров. 2005. № 3. С. 57-62.

56. Дацюк Т.А., Таурит В.Р. Моделирование микроклимата жилых помещений // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 4. С. 196-198.

57. Самарин О.Д., Азивская С.С. Принципы расчета нестационарного теплового режима помещения, обслуживаемого автоматизированными системами обеспечения микроклимата // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. № 1. С. 59-62.

58. РМД 23-16-2012 Санкт-Петербург. Рекомендации по обеспечению энергетической эффективности жилых и общественных зданий (утверждены Распоряжением Комитета по строительству Правительства Санкт-Петербурга от 13.09.2012 г. № 114).

59. СП 118.13330.2012. (Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009. Общественные здания и сооружения).

60. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Москомархитектура. ГУП «НИАЦ». 2001.

61. Технологический регламент проектирования и монтажа гибридных теплонасосных систем теплохолодоснабжения многоэтажных зданий в условиях плотной городской застройки.

62. Альбом типовых технических решений термоскважин систем сбора низкопотенциального тепла грунта и блоков-утилизаторов низкопотенциального тепла вентвыбросов для гибридных теплонасосных систем теплоснабжения многоэтажных жилых зданий.

63. Технические рекомендаций ТР 209-09. «Альбом типовых технологических схемных и технических решений гибридных теплонасосных

систем теплохладоснабжения (далее – ГТСТ) многоэтажных жилых зданий в условиях плотной городской застройки».

64. ГОСТ Р 51595-2000. Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Коллекторы солнечные. Общие технические условия.

65. Аверьянов В.К., Карасевич А.М., Федяев А.В. Системы малой энергетики. Проблемы и пути решения. М.: Страховое Ревю, 2008. – 990 с.

66. Аверьянов В.К., Толмачев В.Н., Карасевич В.А., Челазнов А.А., Журавский М.А. Эффективность энергоснабжения населенных пунктов при использовании возобновляемых источников энергии // Экономическое возрождение России. 2012. Т. 31. № 1. С. 57-71.

67. Аверьянов В.К., Толмачев В.Н., Юферев Ю.В. Вовлечение возобновляемых источников энергии в региональные энергетические балансы // Газовая промышленность. 2009. № 10. С. 60-63.

68. Аверьянов В.К., Толмачев В.Н., Журавский М.А., Сибгатуллин А.Р. Особенности и перспективы использования природного газа в комбинации с возобновляемыми источниками энергии // Наука и техника в газовой промышленности. 2013. № 2. С. 9-15.

69. Карасевич В.А., Аверьянов В.К., Албул А.В., Киршина И.А., Шильников С.Е. Перспективы производства и использования биогаза // Наука и техника в газовой промышленности. 2012. № 3. С. 52-59.

70. Васильев Г.П., Шилкин Н.В. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2003. № 2. С. 52.

71. Васильев Г.П., Абуев И.М., Горнов В.Ф. Автоматизированная теплонасосная установка, утилизирующая низкопотенциальное тепло сточных вод г. Зеленограда // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2004. № 5. С. 50.

72. Васильев Г.П. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2007. № 5. С. 58.

73. Васильев Г.П. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения // Теплоэнергетика. 2004. № 6. С. 33-41.

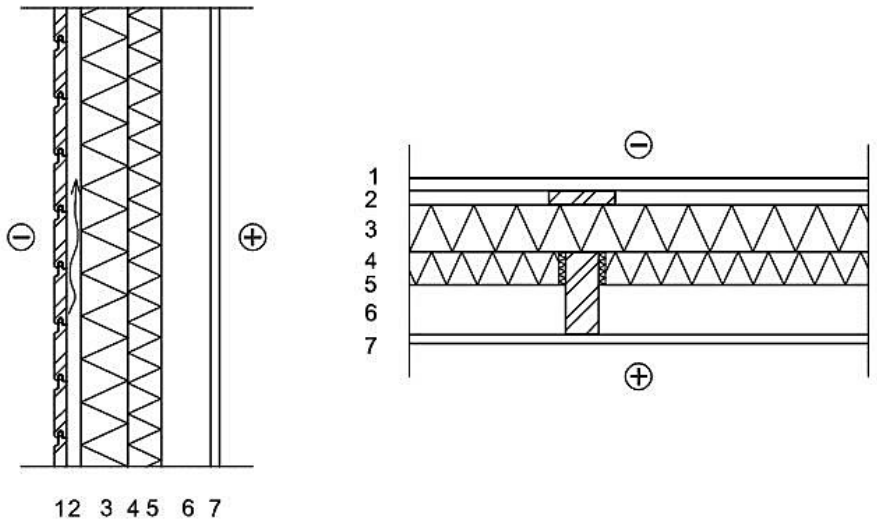
74. Пасков В.В., Васильев Г.П. Рациональная интеграция тепловых насосов в систему централизованного теплоснабжения // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2009. № 1. С. 18.

75. Васильев Г.П., Тимофеев Н.А. Энергетический потенциал вентиляционных выбросов жилых зданий в Москве // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2010. № 1. С. 36.

76. Васильев Г.П. Использование низкопотенциальной тепловой энергии грунта поверхностных слоев земли для теплохладоснабжения здания // Теплоэнергетика. 1994. № 2. С. 31.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

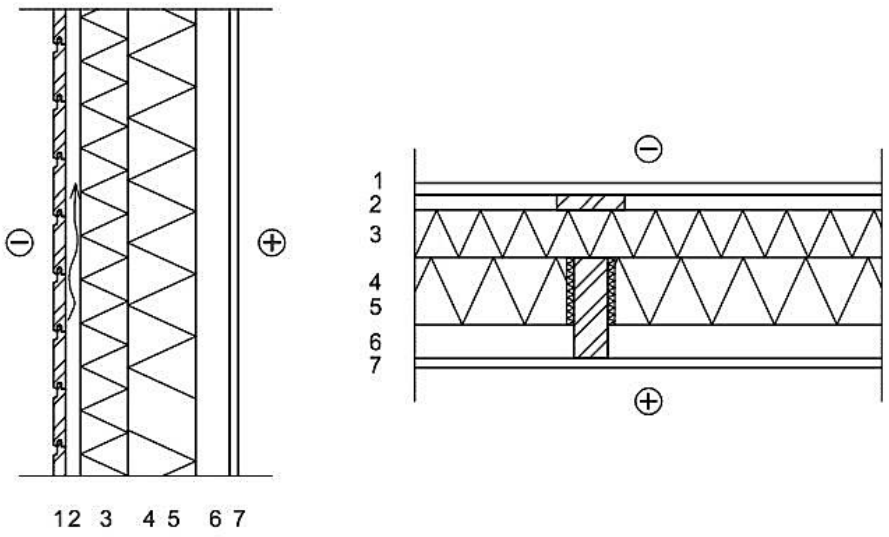
Конструктивные решения наружных стен зданий с низким потреблением энергии на отопление



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Деревянная обрешетка (баттенсы) 25x100 мм, вентилируемый зазор
3 Плита жесткая из пенополиуретана 70 mm (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 50 mm (зазоры величиной 10-15 мм между стойками каркаса и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Стойки каркаса k600 (в соответствии с проектным решением)
6 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций
7 Внутрення облицовка стен (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,17 W/m²K (λ_U = 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

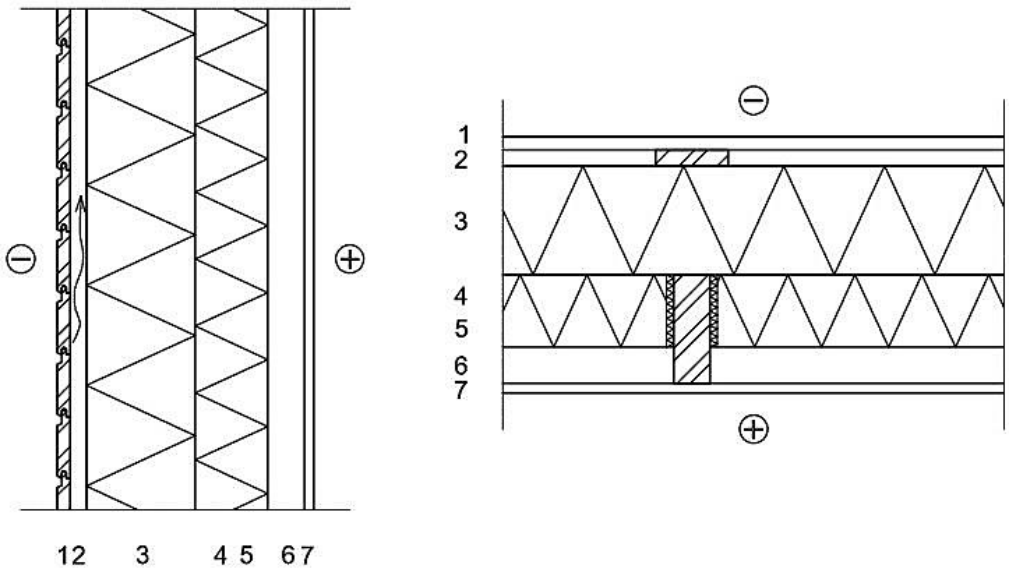
Рисунок А.1 – Конструкция наружной стены стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с деревянным каркасом



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Деревянная обрешетка (баттенсы) 25x100 mm, вентилируемый зазор
3 Плита из жесткого пенополиуретана 70 mm (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Плита из жесткого пенополиуретана 100 mm (зазоры величиной 10-15 мм между стойками каркаса и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Стойки каркаса k600 (в соответствии с проектным решением)
6 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций
7 Внутрення облицовка стен (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,13 W/m² K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

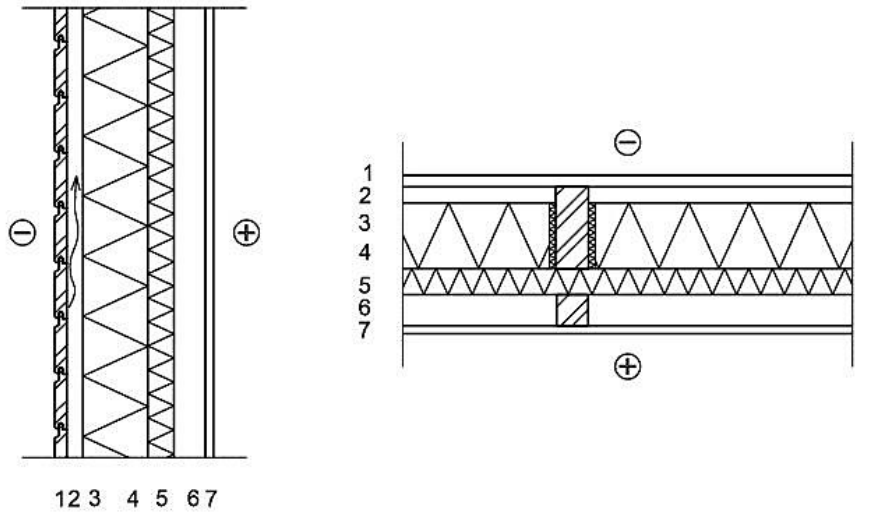
Рисунок А.2 – Конструкция наружной стены здания с низким потреблением энергии (FIN) с деревянным каркасом



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Деревянная обрешетка (баттенсы) 25x100 mm, вентилируемый зазор
3 Плита жесткая из пенополиуретана 150 mm (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 100 mm (зазоры величиной 10-15 мм между стойками каркаса и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Стойки каркаса k600 (в соответствии с проектным решением)
6 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций
7 Внутрення облицовка стен (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана)

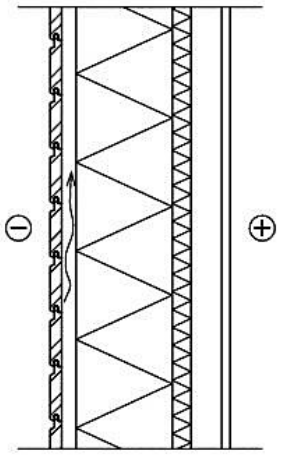
Рисунок А.3 – Конструкция наружной стены энергопассивного здания (FIN) с деревянным каркасом

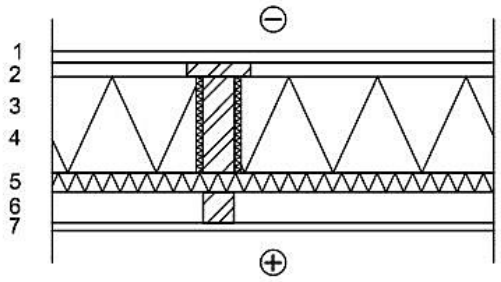


1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Вентилируемый зазор 25 мм
3 Стойки каркаса k600 (в соответствии с проектным решением)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 100 mm (зазоры величиной 10-15 мм между стойками каркаса и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Плита жесткая из пенополиуретана 40 mm (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
6 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций, деревянная обрешетка 48х48 мм
7 Внутрення облицовка стен (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,16 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок А.4 – Конструкция наружной стены стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с деревянным каркасом



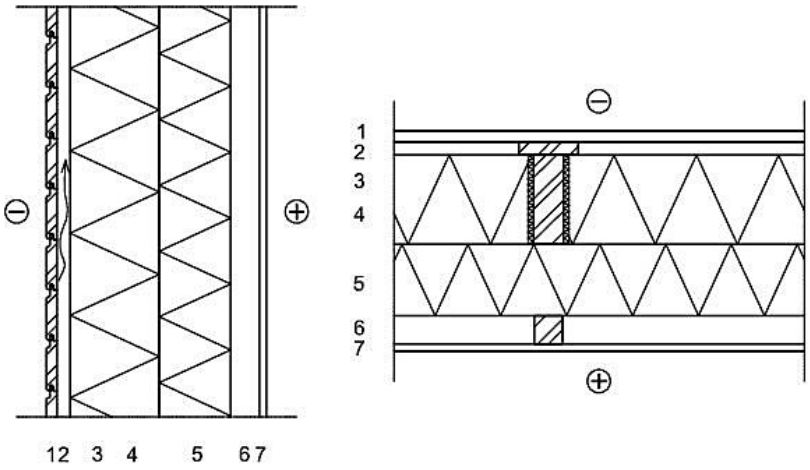


12 3 4 5 6 7

1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Вентилируемый зазор 25 мм
3 Стойки каркаса k600 (в соответствии с проектным решением)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 150 mm (зазоры величиной 10-15 мм между стойками каркаса и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Плита жесткая из пенополиуретана 30 mm (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
6 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций , деревянная обрешетка 48x48 мм
7 Внутрення облицовка стен (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,14 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

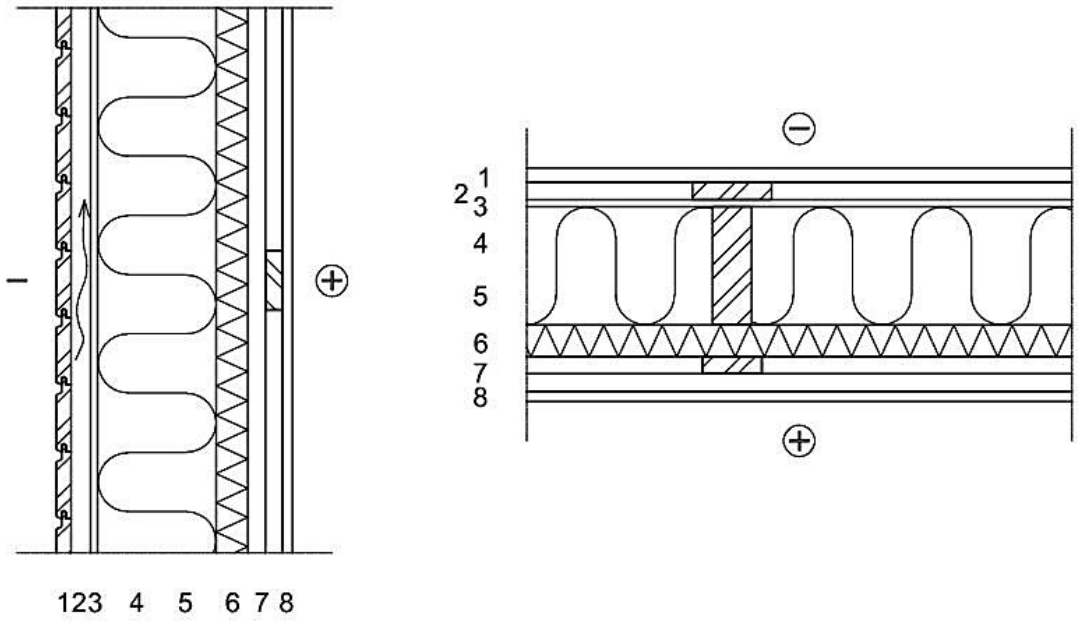
Рисунок А.5 – Конструкция наружной стены здания с низким потреблением энергии (FIN) с деревянным каркасом



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Вентилируемый зазор 25 мм
3 Стойки каркаса k600 (в соответствии с проектным решением)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 150 mm (зазоры величиной 10-15 мм между стойками каркаса и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Плита жесткая из пенополиуретана 120 mm (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
6 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций, деревянная обрешетка 48x48 мм
7 Внутренння облицовка стен (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок А.6 – Конструкция наружной стены энергопассивного здания (FIN) с деревянным каркасом

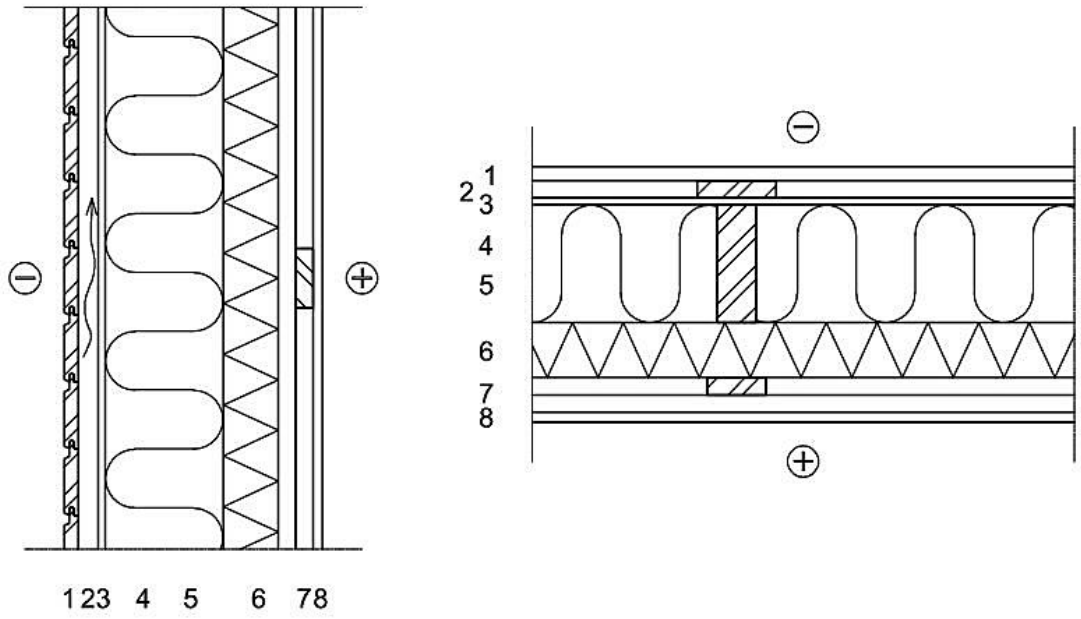


123 4 5 6 7 8

1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Деревянная обрешетка (баттенсы) 25x100 мм, вентилируемый зазор
3 Гипсокартон фасадный
4 Стойки каркаса k600 (в соответствии с проектным решением)
5 Слой минеральной ваты толщиной 150 мм (между стойками каркаса)
6 Плита жесткая из пенополиуретана 40 mm (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
7 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций, деревянная обрешетка 25x75 мм
8 Внутрення облицовка стен (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,16 W/m²K λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минеральной ваты

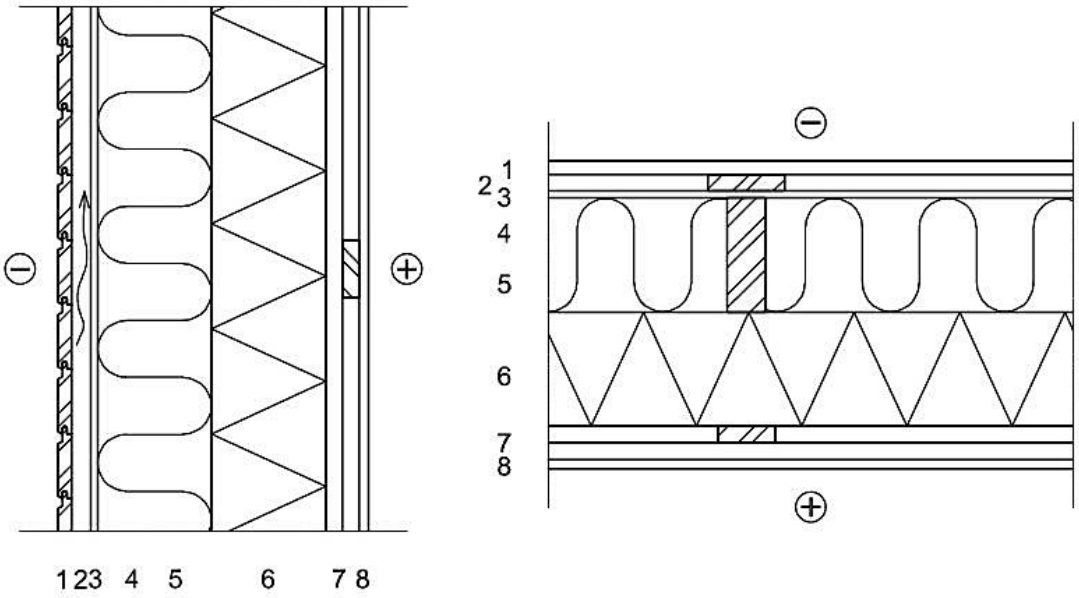
Рисунок А.7 – Конструкция наружной стены стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с деревянным каркасом



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Деревянная обрешетка (баттенсы) 25x100 мм, вентилируемый зазор
3 Гипсокартон фасадный
4 Стойки каркаса k600 (в соответствии с проектным решением)
5 Слой минеральной ваты толщиной 150 мм (между стойками каркаса)
6 Плита жесткая из пенополиуретана 70 mm (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
7 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций, деревянная обрешетка 25x75 мм
8 Внутрення облицовка стен (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,13 W/m²K λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минеральной ваты

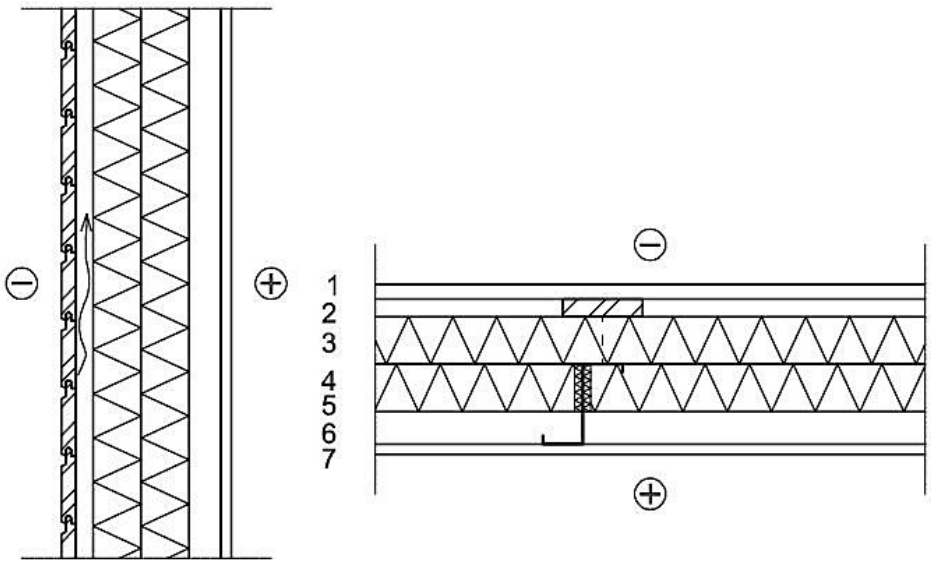
Рисунок А.8 – Конструкция наружной стены здания с низким потреблением энергии (FIN) с деревянным каркасом



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Деревянная обрешетка (баттенсы) 25x100 мм, вентилируемый зазор
3 Гипсокартон фасадный
4 Стойки каркаса k600 (в соответствии с проектным решением)
5 Слой минеральной ваты толщиной 150 мм (между стойками каркаса)
6 Плита жесткая из пенополиуретана 150 mm (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
7 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций, деревянная обрешетка 25x75 мм
8 Внутрення облицовка стен (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минеральной ваты

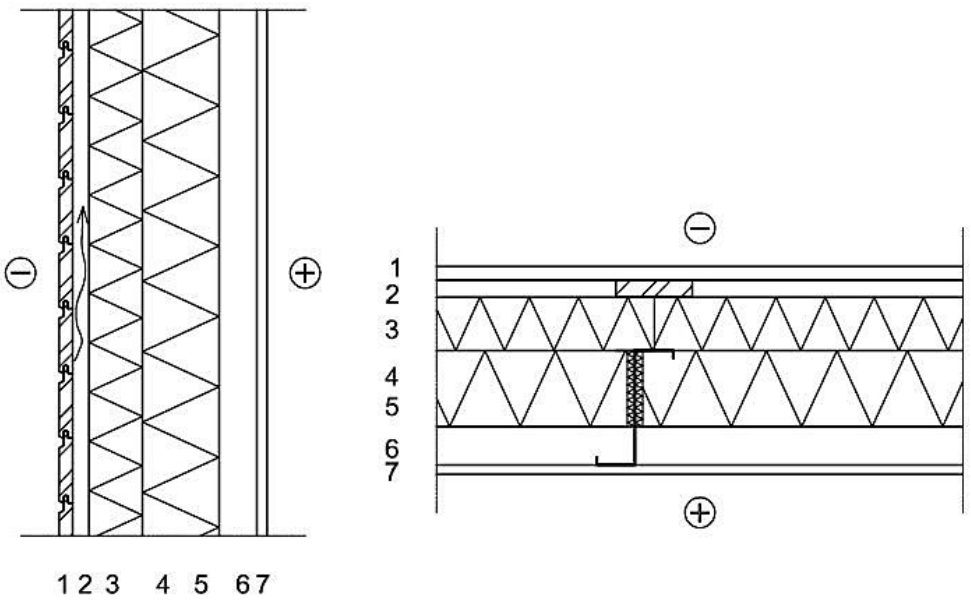
Рисунок А.9 – Конструкция наружной стены энергопассивного здания (FIN) с деревянным каркасом



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Деревянная обрешетка, вентилируемый зазор
3 Плита жесткая из пенополиуретана 60 мм, сплошной наружный слой
4 Плита жесткая из пенополиуретана 60 мм, внутренний между стойками
5 Стойки металлопрофиля k600 (Z-термопрофиль)
6 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций
7 Внутреннее ограждение (внутренний отделочый слой)

U-value - 0,17 W/m²K λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием

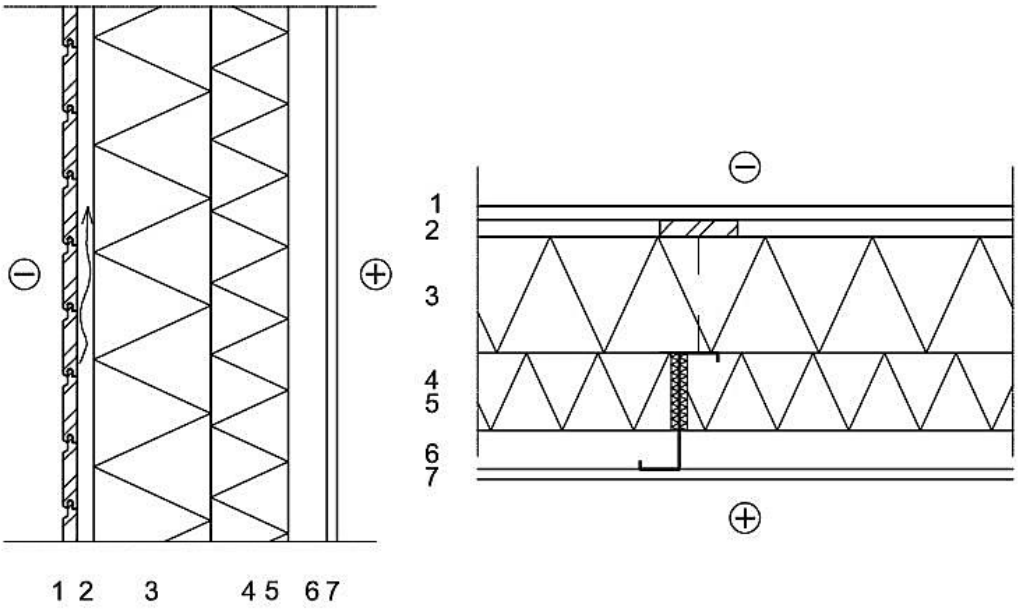
Рисунок А.10 – Конструкция наружной стены стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с металлическим каркасом из ЛСТК



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Деревянная обрешетка , вентилируемый зазор
3 Плита жесткая из пенополиуретана 70 мм, сплошной наружный слой
4 Плита жесткая из пенополиуретана 100 мм, внутренний между стойками
5 Стойки металлопрофиля k600 (Z-термопрофиль)
6 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций
7 Внутреннее ограждение (внутренний отделочый слой)

U-value - 0,13 W/m²K λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытие м

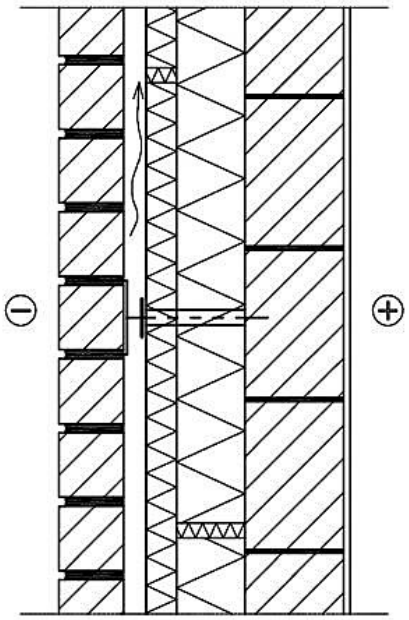
Рисунок А.11 – Конструкция наружной стены здания с низким потреблением энергии (FIN) с металлическим каркасом из ЛСТК



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой)
2 Деревянная обрешетка, вентилируемый зазор
3 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм, сплошной наружный слой
4 Плита жесткая из пенополиуретана 100 мм, внутренний между стойками
5 Стойки металлопрофиля k600 (Z-термопрофиль)
6 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций
7 Внутреннее ограждение (внутренний отделочый слой)

U-value - 0,09 W/m²K λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытие м

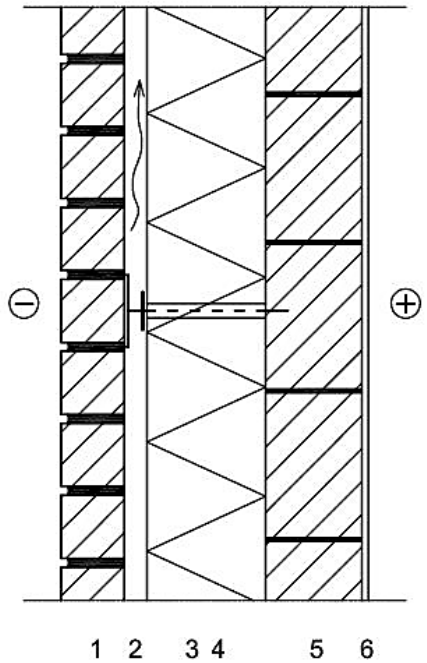
Рисунок А.12 – Конструкция наружной стены энергопассивного здания (FIN) с металлическим каркасом из ЛСТК



1 Лицевой (фасадный) кирпич
2 Вентилируемый зазор ≥ 30 mm
3 Металлические связи для крепления кладки из лицевого кирпича (не менее4 шт/м^2) с уплотнительной прокладкой
4 Плиты жесткие из пенополиуретана 90 + 40 мм, устанавливаются с перевязкой швов во внутреннем и наружном слоях изоляции (стыки плит следует заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной)
5 Кладка из керамических или керамзитобетонных блоков
6 Внутреннее штукатурное покрытие

U-value - 0,16 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

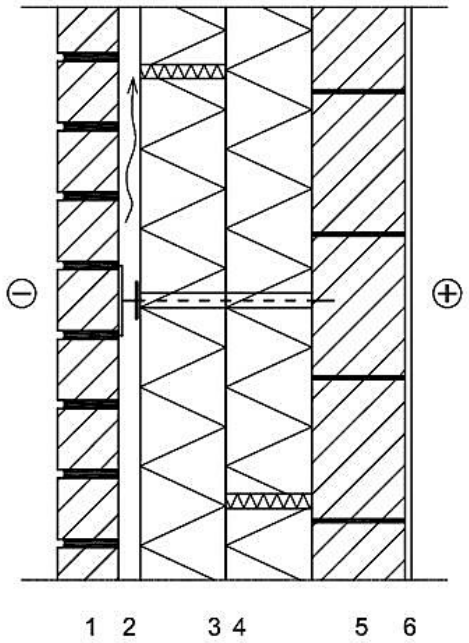
Рисунок А.13 – Конструкция наружной стены стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с лицевым слоем из кирпича



1 Лицевой (фасадный) кирпич
2 Вентилируемый зазор ≥ 30 mm
3 Металлические связи для крепления кладки из лицевого кирпича (не менее4 шт/м^2) с уплотнительной прокладкой
4 Плиты жесткие из пенополиуретана 160 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной)
5 Кладка из керамических или керамзитобетонных блоков
6 Внутреннее штукатурное покрытие

U-value - 0,14 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

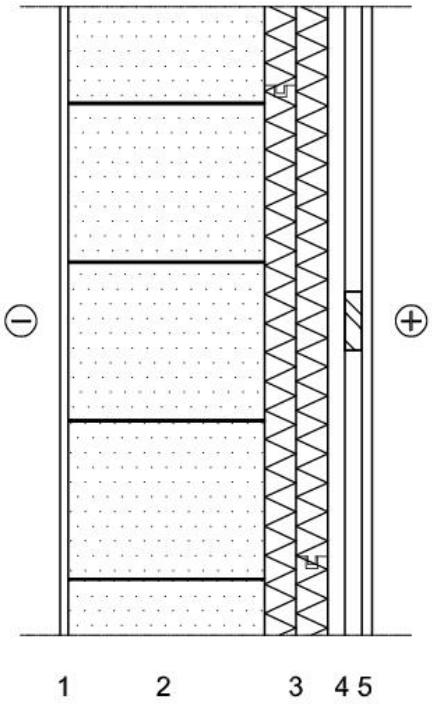
Рисунок А.14 – Конструкция наружной стены здания с низким потреблением энергии (FIN) с лицевым слоем из кирпича



1 Лицевой (фасадный) кирпич
2 Вентилируемый зазор ≥ 30 mm
3 Металлические связи для крепления кладки из лицевого кирпича (не менее4 шт/м^2) с уплотнительной прокладкой
4 Плиты жесткие из пенополиуретана 120 + 120 мм, устанавливаются с перевязкой швов во внутреннем и наружном слоях изоляции (стыки плит следует заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной)
5 Кладка из керамических или керамзитобетонных блоков
6 Внутреннее штукатурное покрытие

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

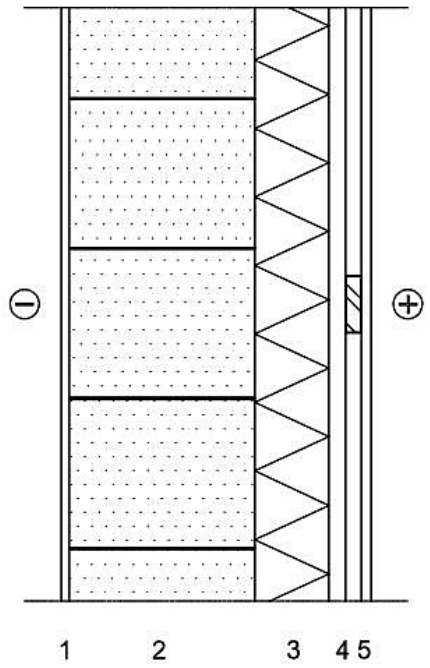
Рисунок А.15 – Конструкция наружной стены энергопассивного здания (FIN) с лицевым слоем из кирпича



1 Наружное штукатурное покрытие
2 Стена из газобетонных блоков
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 40 + 40 мм, устанавливаются с перевязкой швов во внутреннем и наружном слоях изоляции (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций деревянная обрешетка k600 22x75 мм
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U- value - 0,16 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

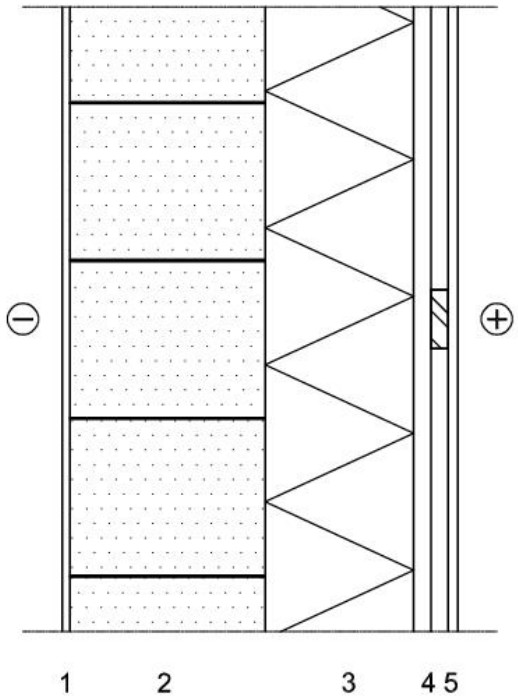
Рисунок А.16 – Конструкция наружной стены стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с основанием из газобетонных блоков



1 Наружное штукатурное покрытие
2 Стена из газобетонных блоков
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 100 мм,
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной
монтажной ПУ пеной)
4 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций
деревянная обрешетка k600 22x75 мм
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U- value - 0,14 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

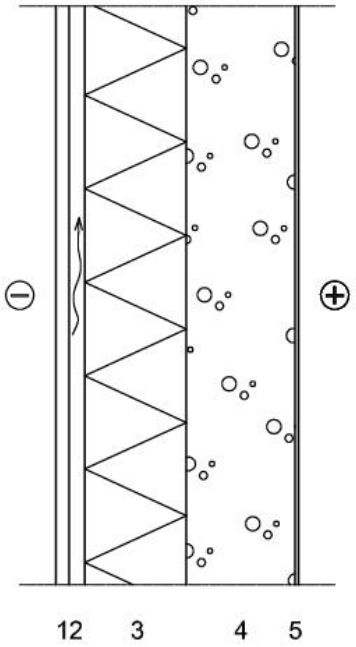
Рисунок А.17 – Конструкция наружной стены здания с низким потреблением энергии (FIN) с основанием из газобетонных блоков



1 Наружное штукатурное покрытие
2 Стена из газобетонных блоков
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 190 мм,
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной
монтажной ПУ пеной)
4 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций
деревянная обрешетка k600 22x75 мм
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U- value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

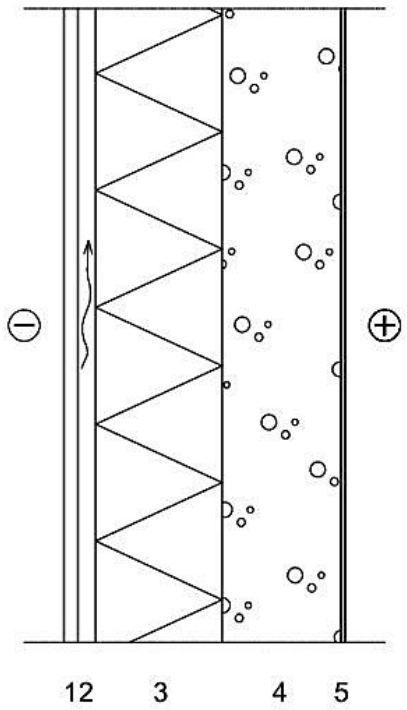
Рисунок А.18 – Конструкция наружной стены энергопассивного здания (FIN) с основанием из газобетонных блоков



1 Навесной фасад (по проекту)
2 Вентилируемый зазор
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 140 мм (стыки плит заполняются однокомпонентной ПУ монтажной пеной в заводских условиях)
4 Бетонное основание наружной стены (панели) ≥120 мм
5 Обработка поверхности (для стеновых панелей заводского изготовления)

U-value - 0,16 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

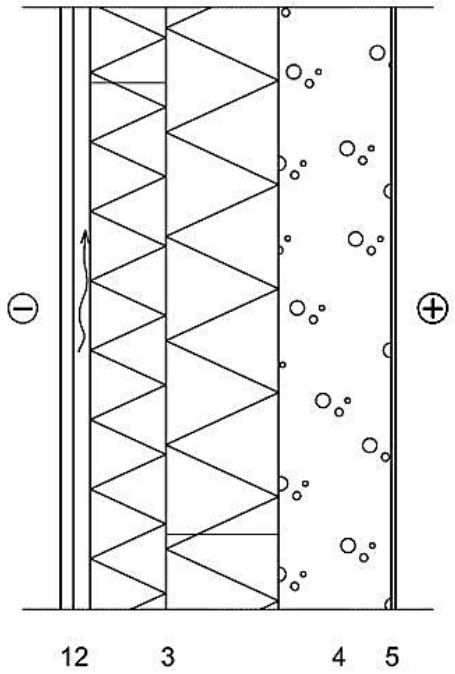
Рисунок А.19 – Конструкция наружной двухслойной стеновой панели стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с навесным вентилируемым фасадом



1 Навесной фасад (по проекту)
2 Вентилируемый зазор
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 160 мм
(стыки плит заполняются однокомпонентной ПУ
монтажной пеной в заводских условиях)
4 Бетонное основание наружной стены (панели) ≥120 мм
5 Обработка поверхности (для стеновых панелей
заводского изготовления)

U-value - 0,14 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

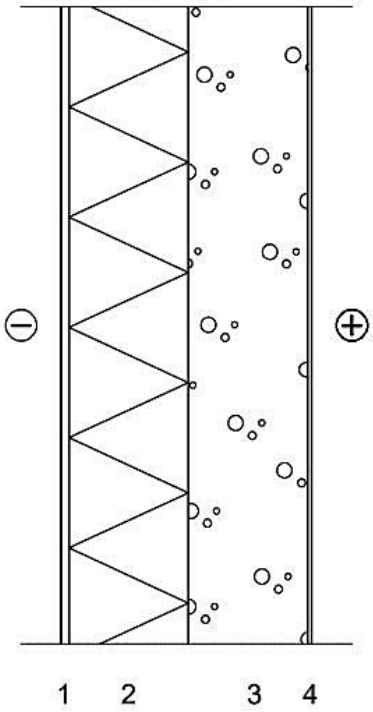
Рисунок А.20 – Конструкция наружной двухслойной стеновой панели здания с низким потреблением энергии (FIN) с навесным вентилируемым фасадом



1 Навесной фасад (по проекту)
2 Вентилируемый зазор
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 150+100 мм устанавливаются с перевязкой швов во внутреннм и наружном слоях теплоизоляции (стыки плит заполняются однокомпонентной ПУ монтажной пеной в заводских условиях)
4 Бетонное основание наружной стены (панели) ≥120 мм
5 Обработка поверхности (для стеновых панелей заводского изготовления)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

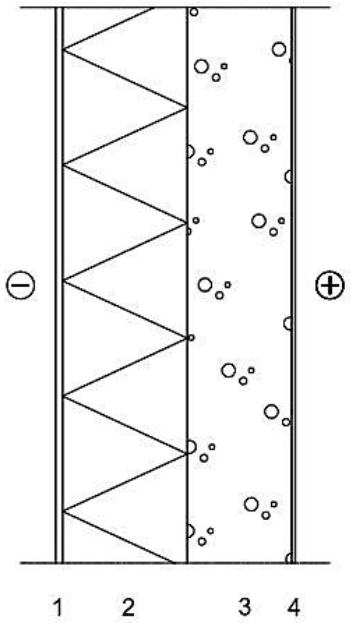
Рисунок А.21 – Конструкция наружной двухслойной стеновой панели энергопассивного здания (FIN) с навесным вентилируемым фасадом



1 Гипсокартонная фасадная плита с облицовочным слоем
2 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 мм (стыки плит заполняются однокомпонентной ПУ монтажной пеной в заводских условиях)
3 Бетонное основание наружной стены (панели) ≥120 мм
4 Обработка поверхности (для стеновых панелей заводского изготовления)

U-value - 0,17 W/m²K (λ_U 0,022 W/mK для плит из пенополиуретана без покрытия)

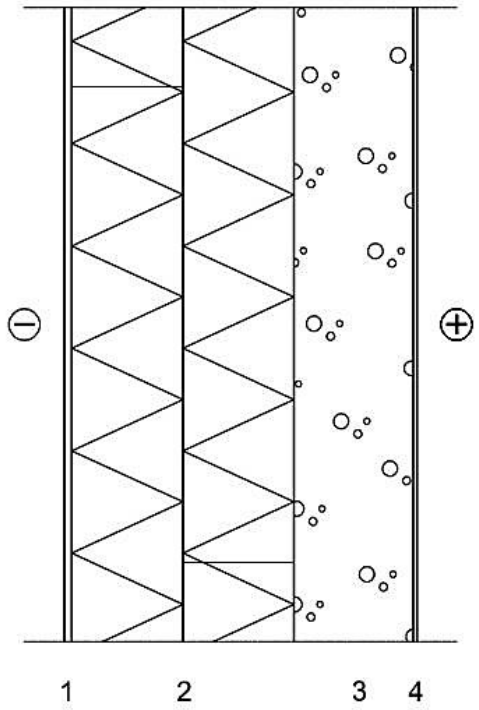
Рисунок А.22 – Конструкция наружной двухслойной стеновой панели стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с фасадным покрытием



1 Гипсокартонная фасадная плита с облицовочным слоем
2 Плиты жесткие из пенополиуретана 180 мм (стыки плит заполняются однокомпонентной ПУ монтажной пеной в заводских условиях)
3 Бетонное основание наружной стены (панели) ≥120 мм
4 Обработка поверхности (для стеновых панелей заводского изготовления)

U-value - 0,14 W/m²K (λ_U 0,022 W/mK для плит из пенополиуретана без покрытия)

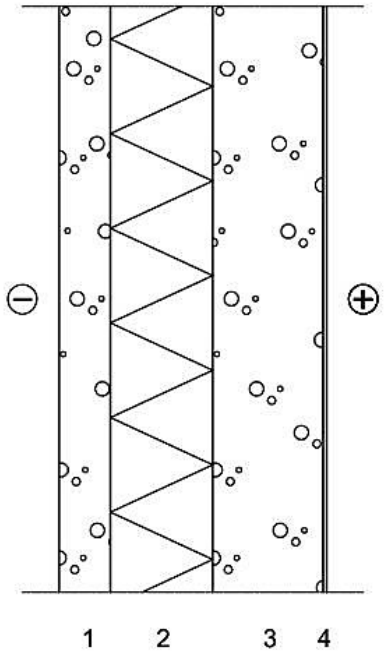
Рисунок А.23 – Конструкция наружной двухслойной стеновой панели здания с низким потреблением энергии (FIN) с фасадным покрытием



1 Гипсокартонная фасадная плита с облицовочным слоем
2 Плиты жесткие из пенополиуретана 140 + 140 мм устанавливаются с перевязкой швов во внутреннем и наружном слоях теплоизоляции (стыки плит заполняются однокомпонентной ПУ монтажной пеной в заводских условиях)
3 Бетонное основание наружной стены (панели) ≥120 мм
4 Обработка поверхности (для стеновых панелей заводского изготовления)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,022 W/mK для плит из пенополиуретана без покрытия)

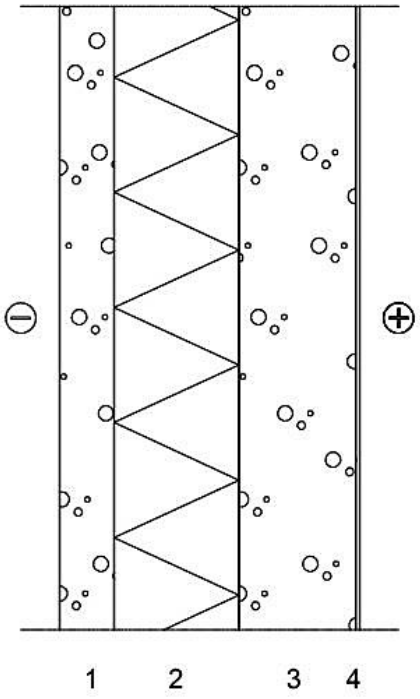
Рисунок А.24 – Конструкция наружной двухслойной стеновой панели энергопассивного здания (FIN) с фасадным покрытием



1 Бетонный лицевой слой панели 70..80 мм
2 Плита жесткая из пенополиуретана 140 мм (стыки плит заполняются однокомпонентной ПУ монтажной пеной в заводских условиях)
3 Бетонное основание наружной стены (панели) ≥120 мм
4 Обработка поверхности (для стеновых панелей заводского изготовления)

U-value - 0,17 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

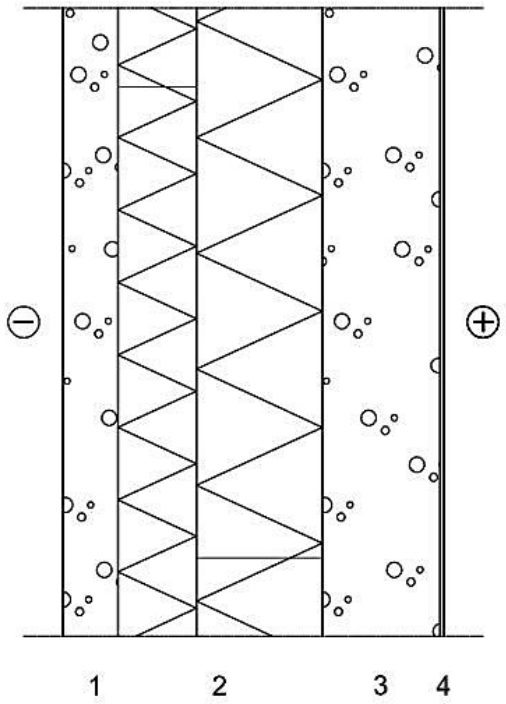
Рисунок А.25 – Конструкция наружной трехслойной стеновой сэндвич панели стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.)



1 Бетонный лицевой слой панели 70..80 мм
2 Плита жесткая из пенополиуретана 160 мм (стыки плит заполняются однокомпонентной ПУ монтажной пеной в заводских условиях)
3 Бетонное основание наружной стены (панели) ≥120 мм
4 Обработка поверхности (для стеновых панелей заводского изготовления)

U-value - 0,15 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

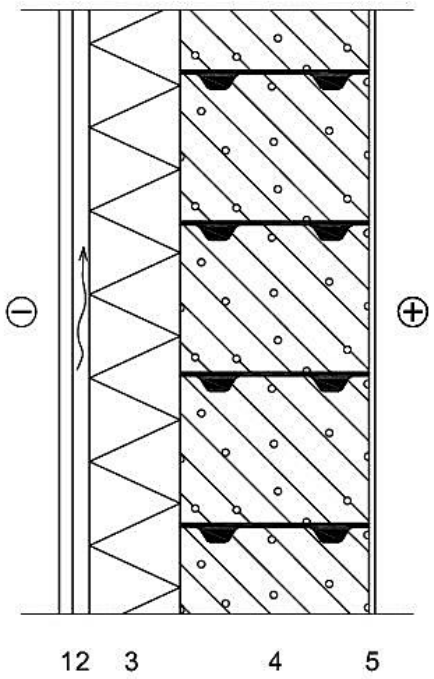
Рисунок А.26 – Конструкция наружной трехслойной стеновой сэндвич панели здания с низким потреблением энергии (FIN)



1 Бетонный лицевой слой панели 70..80 мм
2 Плиты жесткие из пенополиуретана 160 + 100 мм
устанавливаются с перевязкой швов во внутреннем и наружном
слоях теплоизоляции (стыки плит заполняются
однокомпонентной ПУ монтажной пеной в заводских условиях)
3 Бетонное основание наружной стены (панели) ≥120 мм
4 Обработка поверхности (для стеновых панелей
заводского изготовления)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

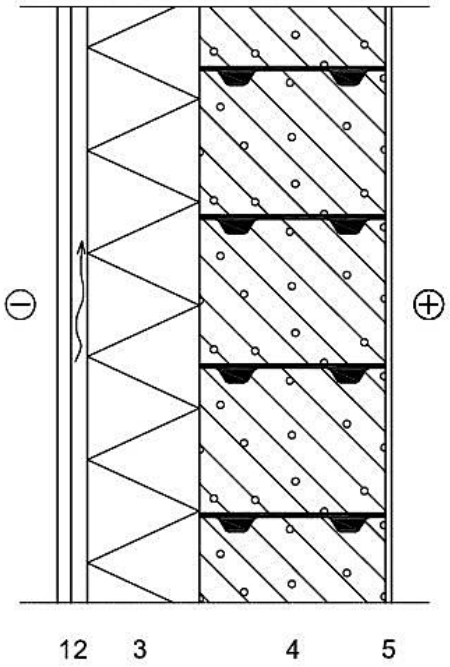
Рисунок А.27 – Конструкция наружной трехслойной стеновой сэндвич панели энергопассиного здания (FIN)



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой); в случае использования навесных фасадных стеновых панелей панели крепятся на деревянный или металлческий каркас , закрепленный анкерами к основанию стены из бетонных блоков)
2 Вентилируемый зазор
3 Плита жесткая из пенополиуретана 120 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной)
4 Кладка из легких бетонных блоков ≥ 250 мм
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,16 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

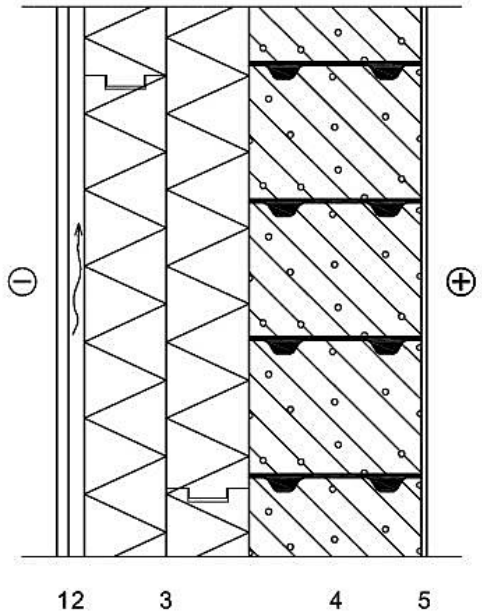
Рисунок А.28 – Конструкция наружной стены стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с основанием из легких бетонных блоков



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой); в случае использования навесных фасадных стеновых панелей панели крепятся на деревянный или металлческий каркас , закрепленный анкерами к основанию стены из бетонных блоков)
2 Вентилируемый зазор
3 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной)
4 Кладка из легких бетонных блоков ≥ 250 мм
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,13 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

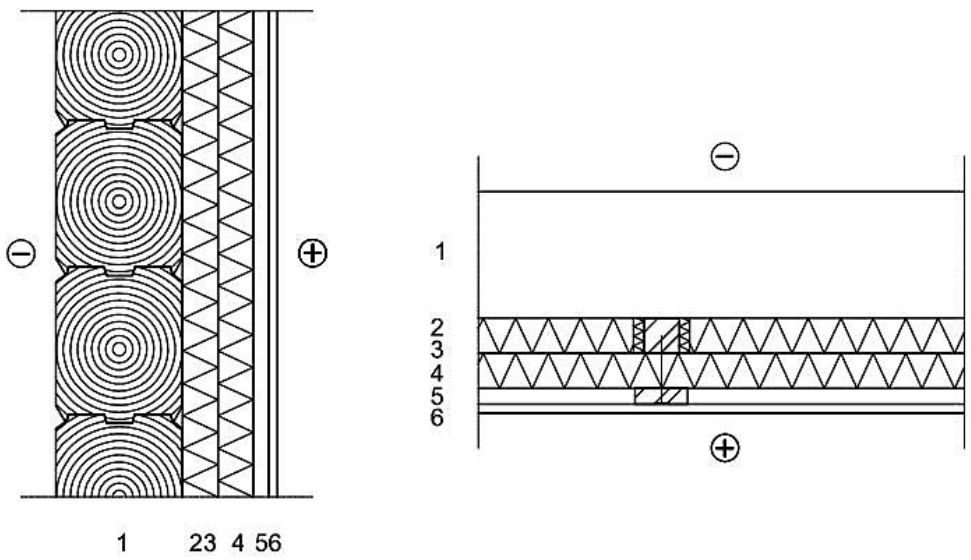
Рисунок А.29 – Конструкция наружной стены здания с низким потреблением энергии (FIN) с основанием из легких бетонных блоков



1 Наружное ограждение (наружный отделочный слой); в случае использования навесных фасадных стеновых панелей панели крепятся на деревянный или металлческий каркас , закрепленный анкерами к основанию стены из бетонных блоков)
2 Вентилируемый зазор
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 120 + 120 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной) устанавливаются с перевязкой швов во внутреннем и наружном слоях теплоизоляции
4 Кладка из легких бетонных блоков ≥ 250 мм
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

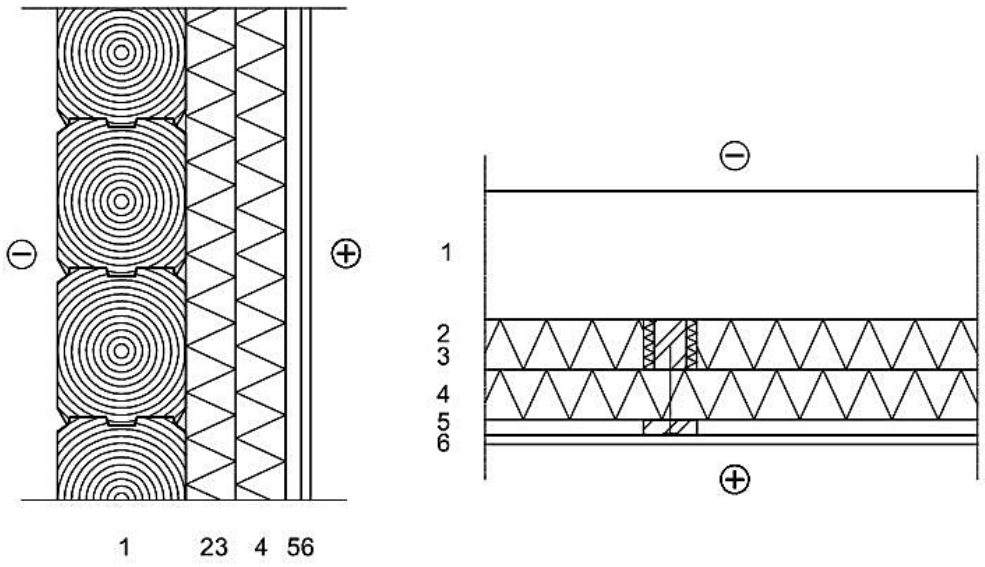
Рисунок А.30 – Конструкция наружной стены энергопассивного здания (FIN) с основанием из легких бетонных блоков



1 Бревно, клееный брус 180 мм
2 Деревянная обрешетка k600 48x48 мм
3 Плита жесткая из пенополиуретана 50 мм (зазоры величиной 10-15 мм между досками обрешетки и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 50 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций деревянная обрешетка k600 25x75 мм
6 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U- value - 0,16 W/m²K (0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

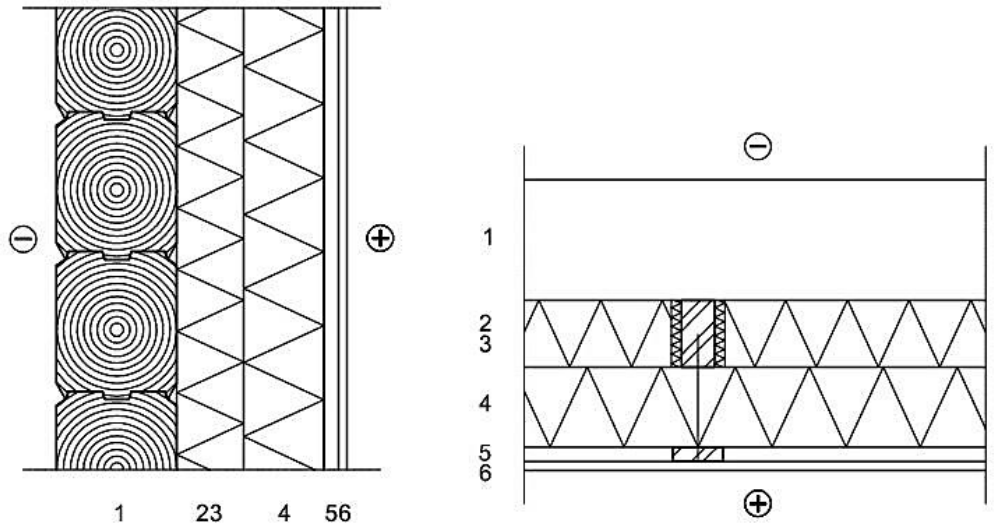
Рисунок А.31 – Конструкция наружной стены стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с основанием из деревянного бруса



1 Бревно, клееный брус 180 мм
2 Деревянная обрешетка k600 48x48 мм
3 Плита жесткая из пенополиуретана 70 мм (зазоры величиной 10-15 мм между досками обрешетки и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 70 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций деревянная обрешетка k600 25x75 мм
6 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U- value - 0,13 W/m²K (0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок А.32 – Конструкция наружной стены здания с низким потреблением энергии (FIN) с основанием из деревянного бруса



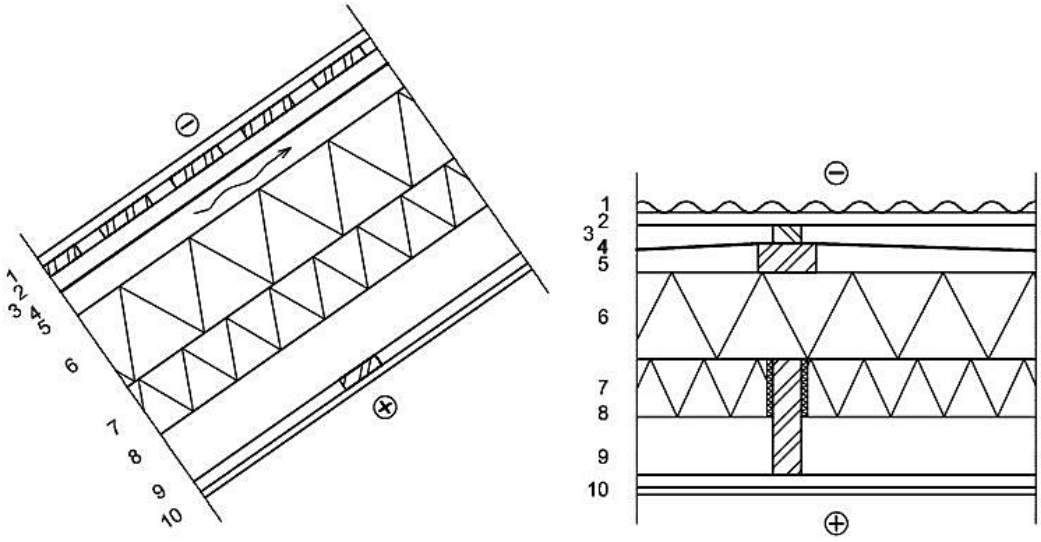
1 Бревно, клееный брус 180 мм
2 Деревянная обрешетка k600 48x48 мм
3 Плита жесткая из пенополиуретана 100 мм (зазоры величиной 10-15 мм между досками обрешетки и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 120 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Пространство для прокладки инженерных коммуникаций деревянная обрешетка k600 25x75 мм
6 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U- value - 0,09 W/m²K (0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок А.33 – Конструкция наружной стены энергопассивного здания (FIN) с основанием из деревянного бруса

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

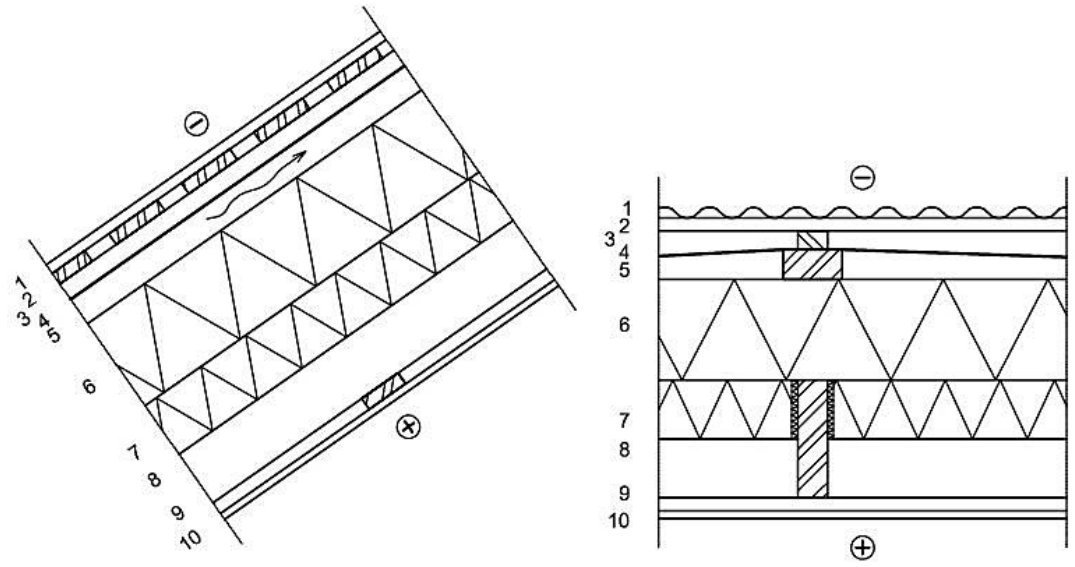
Конструктивные решения верхних перекрытий зданий с низким потреблением энергии на отопление



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм, наружный сплошной слой (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
7 Плита жесткая из пенополиуретана 100 мм k900, внутренний слой между стропилами (зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Стропильные доски k900 (сечение - в соответствии с проектным решением)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400 (для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

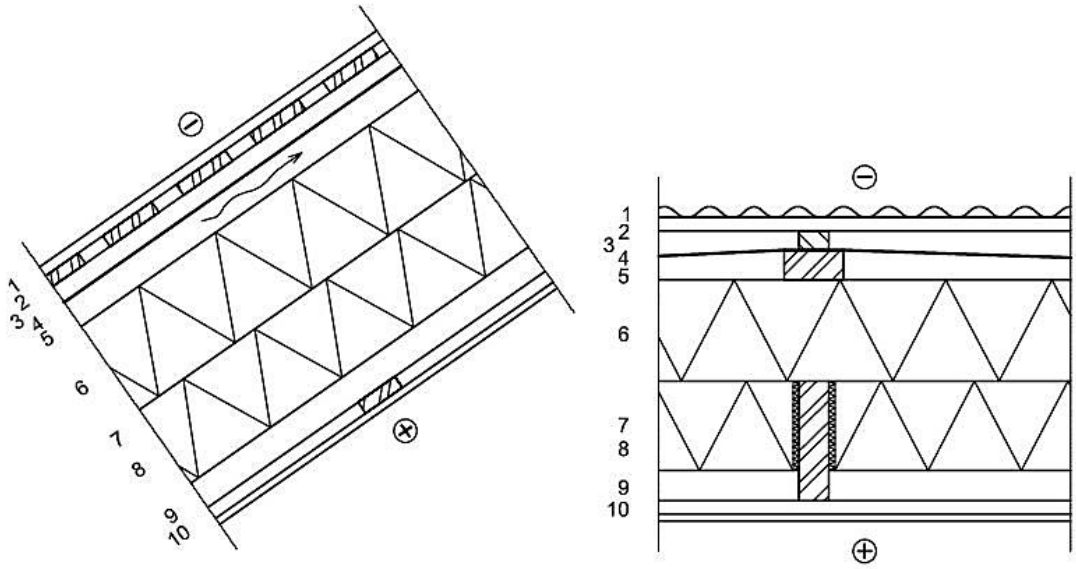
Рисунок Б.1 – Конструкция покрытия стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с деревянным каркасом



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Плита жесткая из пенополиуретана 170 мм, наружный сплошной слой (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
7 Плита жесткая из пенополиуретана 100 мм k900, внутренний слой между стропилами (зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Стропильные доски k900 (сечение - в соответствии с проектным решением)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400 (для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,08 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

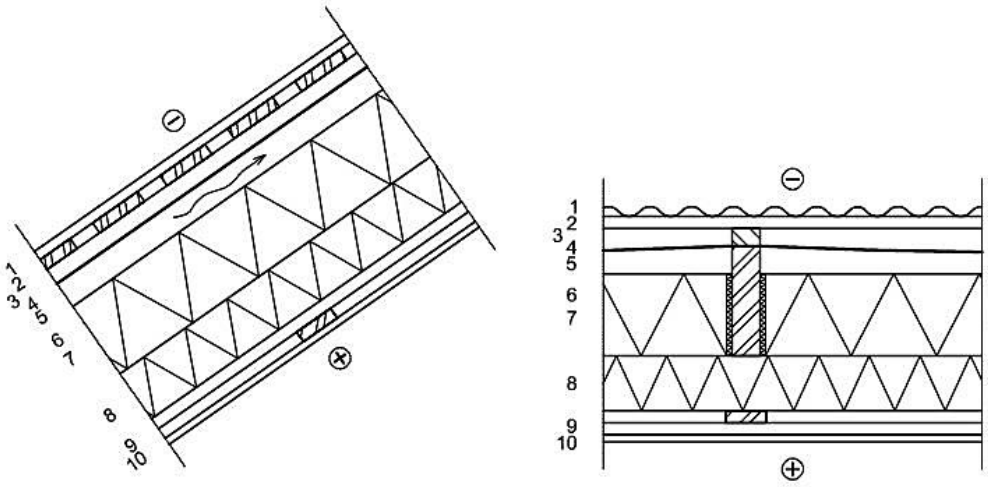
Рисунок Б.2 – Конструкция покрытия здания с низким потреблением энергии (FIN) с деревянным каркасом



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Плита жесткая из пенополиуретана 170 мм, наружный сплошной слой (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
7 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм k900, внутренний слой между стропилами (зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Стропильные доски k900 (сечение - в соответствии с проектным решением)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400 (для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,07 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.3 – Конструкция покрытия энергопассивного здания (FIN) с деревянным каркасом

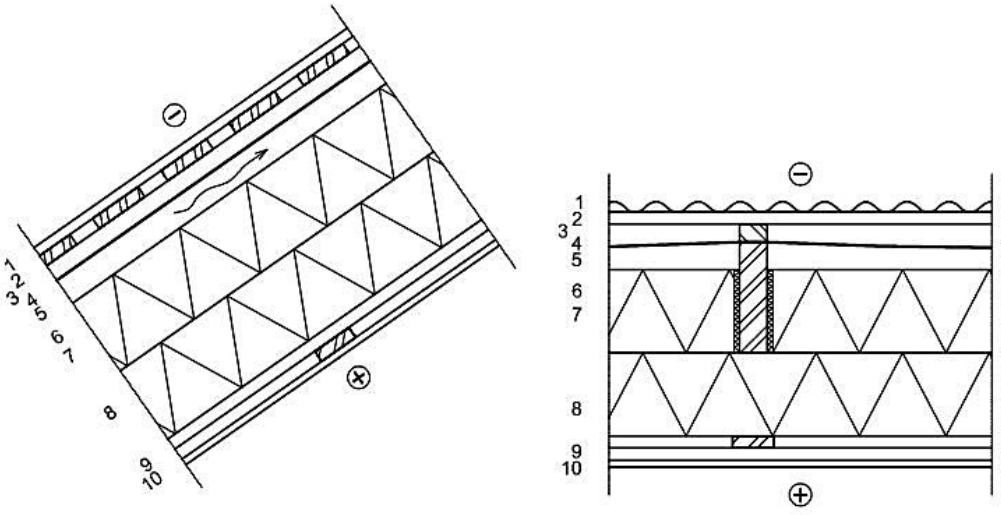


1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Стропильные доски k900
(сечение - в соответствии с проектным решением)
7 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм k900,
наружный слой между стропилами
(зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами
заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)

8 Плита жесткая из пенополиурената 100 мм,
внутренний сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400
(для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

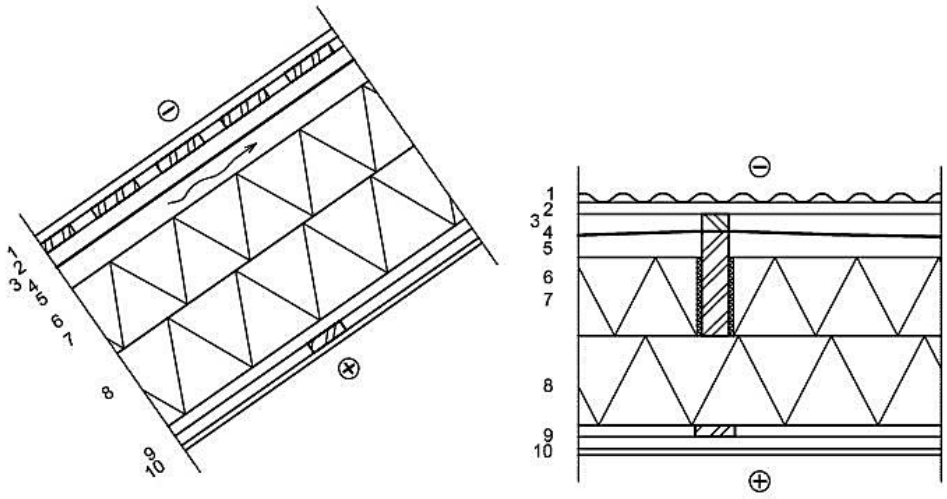
Рисунок Б.4 – Конструкция покрытия стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с деревянным каркасом



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Стропильные доски k900
(сечение - в соответствии с проектным решением)
7 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм k900,
наружный слой между стропилами
(зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами
заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Плита жесткая из пенополиурената 150 мм,
внутренний сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400
(для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,08 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

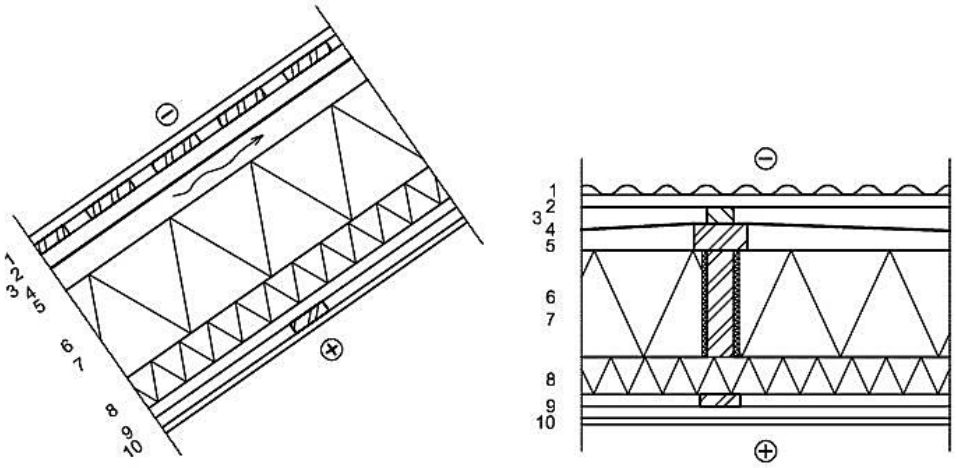
Рисунок Б.5 – Конструкция покрытия здания с низким потреблением энергии (FIN) с деревянным каркасом



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Стропильные доски k900
(сечение - в соответствии с проектным решением)
7 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм k900,
наружный слой между стропилами
(зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами
заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Плита жесткая из пенополиурената 170 мм,
внутренний сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400
(для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,07 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

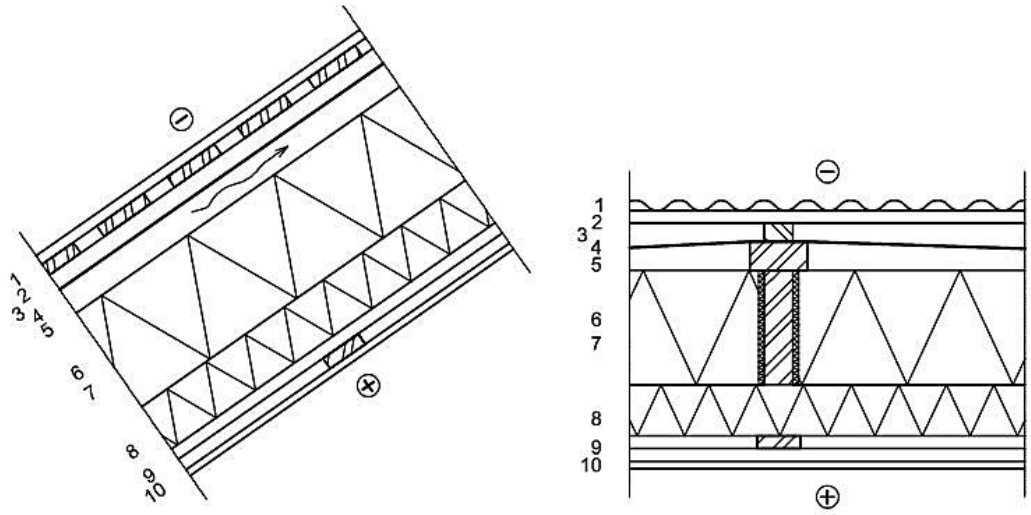
Рисунок Б.6 – Конструкция покрытия энергопассивного здания (FIN) с деревянным каркасом



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Стропильные доски k900
(сечение - в соответствии с проектным решением)
7 Плита жесткая из пенополиуретана 200 мм (820x2400 мм) k900,
наружный слой между стропилами
(зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами
заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Плита жесткая из пенополиуретана 70 мм,
внутренний сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400
(для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

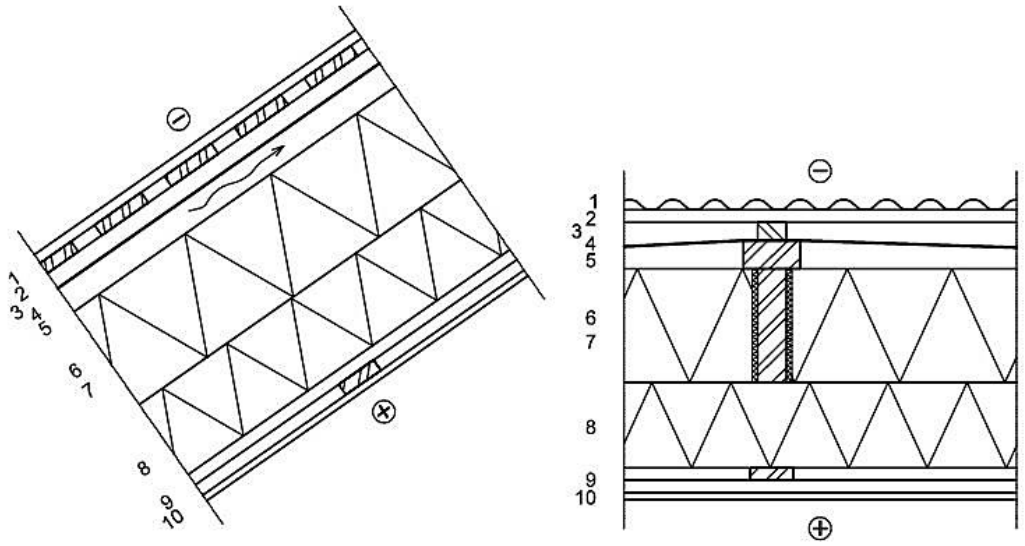
Рисунок Б.7 – Конструкция покрытия стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с деревянным каркасом



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Стропильные доски k900
(сечение - в соответствии с проектным решением)
7 Плита жесткая из пенополиуретана 200 мм (820x2400 мм) k900,
наружный слой между стропилами
(зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами
заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Плита жесткая из пенополиуретана 90 мм,
внутренний сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400
(для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,08 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

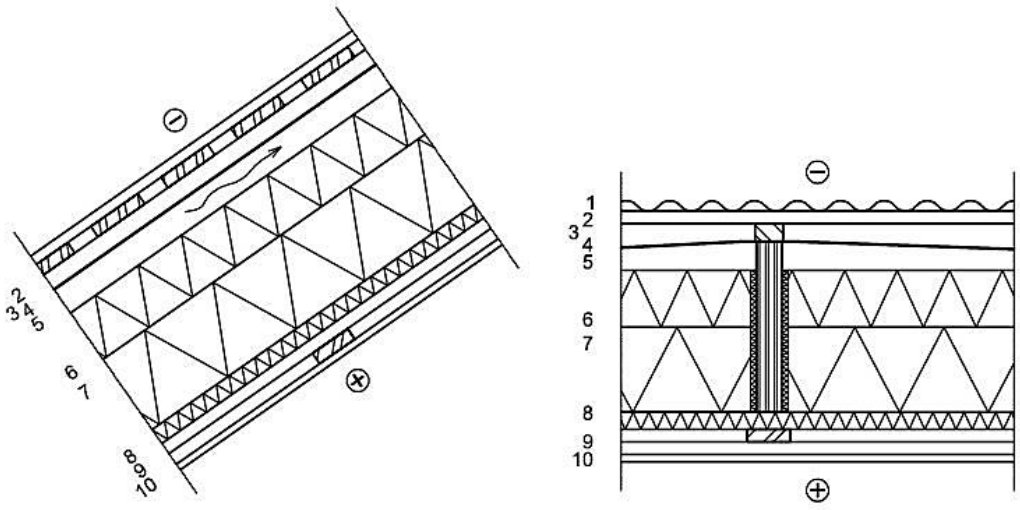
Рисунок Б.8 – Конструкция покрытия здания с низким потреблением энергии (FIN) с деревянным каркасом



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Стропильные доски k900
(сечение - в соответствии с проектным решением)
7 Плита жесткая из пенополиуретана 200 мм (820x2400 мм) k900,
наружный слой между стропилами
(зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами
заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм,
внутренний сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400
(для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,07 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

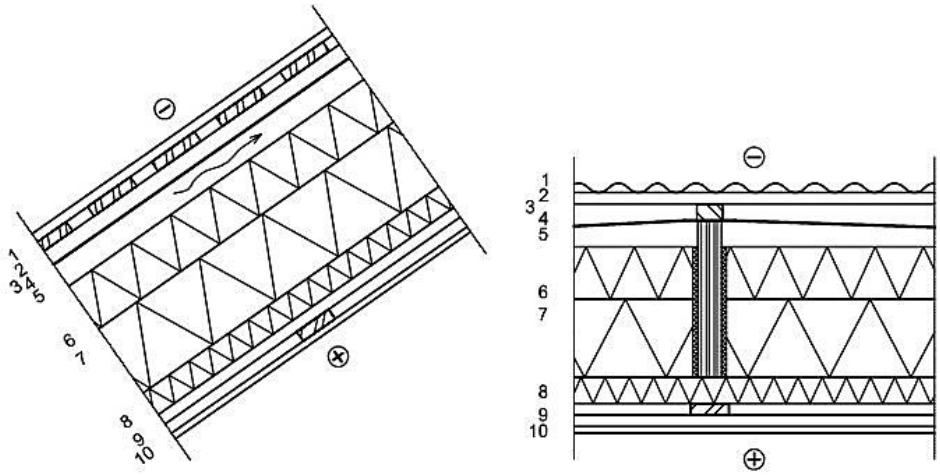
Рисунок Б.9 – Конструкция покрытия энергопассивного здания (FIN) с деревянным каркасом



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Стропильные доски k900
(сечение - в соответствии с проектным решением)
7 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 + 100 мм k900,
наружный слой между стропилами
(зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами
заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Плита жесткая из пенополиуретана 30 мм,
внутренний сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400
(для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

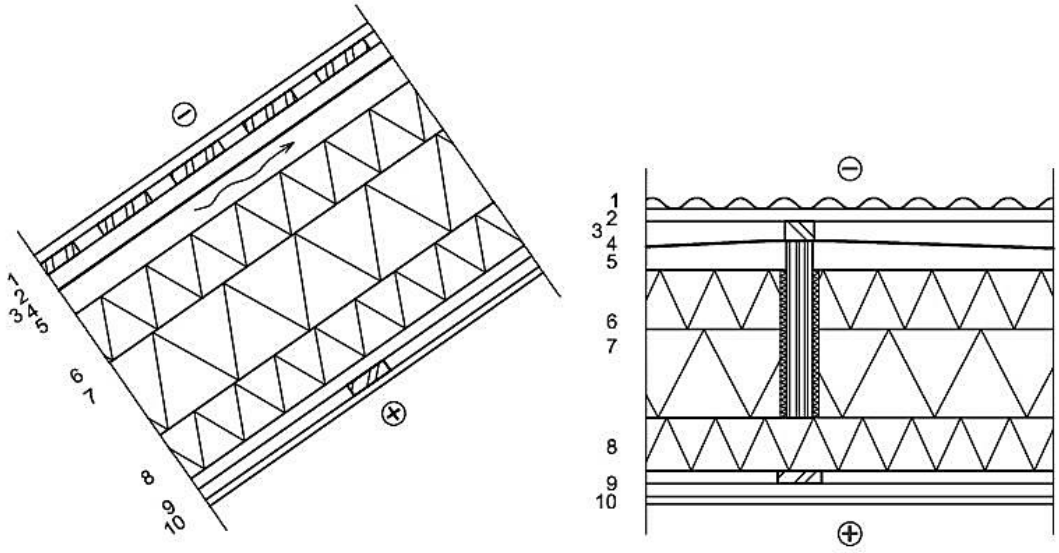
Рисунок Б.10 – Конструкция покрытия стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с деревянным каркасом (LVL-брус)



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Стропильные доски k900
(сечение - в соответствии с проектным решением)
7 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 + 100 мм k900,
наружный слой между стропилами
(зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами
заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Плита жесткая из пенополиуретана 50 мм,
внутренний сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400
(для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,08 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

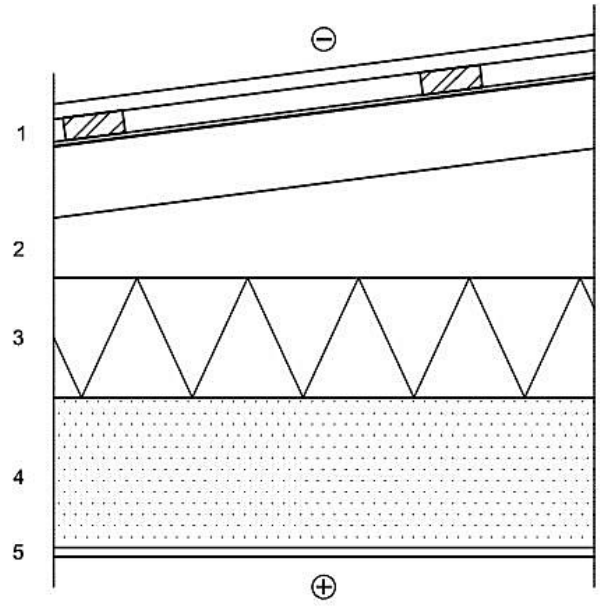
Рисунок Б.11 – Конструкция покрытия здания с низким потреблением энергии (FIN) с деревянным каркасом (LVL-брус)



1 Кровельное покрытие
2 Обрешетка или сплошной настил (по проекту)
3 Деревянная рейка
4 Антиконденсатная пленка
5 Вентиляционный зазор ≥ 50 мм
6 Стропильные доски k900
(сечение - в соответствии с проектным решением)
7 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 + 100 мм k900,
наружный слой между стропилами
(зазоры величиной 10-15 мм между стропилами и плитами
заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
8 Плита жесткая из пенополиуретана 90 мм,
внутренний сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
9 Внутренняя обрешетка 25x75 мм k400
(для крепления внутреннего отделочного слоя)
10 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,07 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

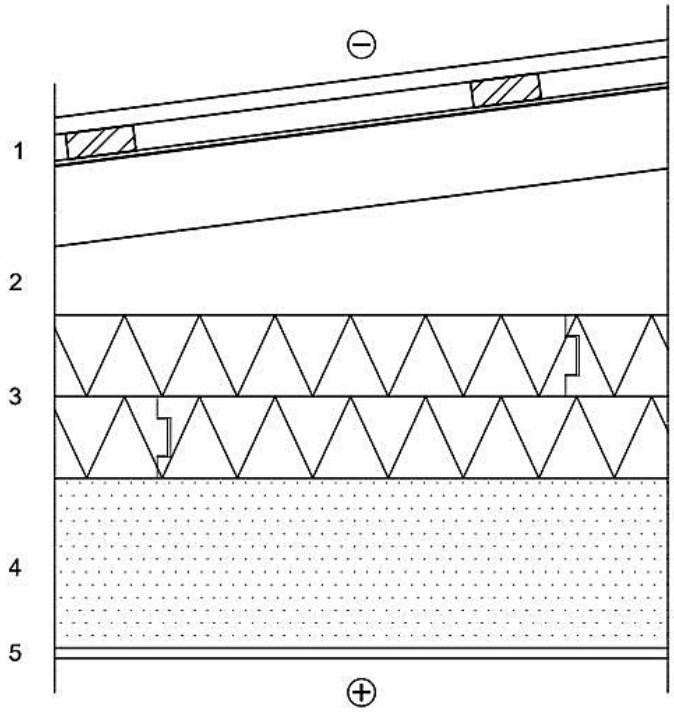
Рисунок Б.12 – Конструкция покрытия энергопассивного здания (FIN) с деревянным каркасом (LVL-брус)



1 Конструкция кровельного покрытия (по проекту)
2 Проветриваемое чердачное помещение ≥ 50 мм
3 Плита жесткая из пенополиуретана 200 мм,
сплошной слой (стыки плит следует заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
толщина слоя теплоизоляции 200 мм может быть обеспечена также
двумя слоями теплоизоляции из пенополиуретана толщиной по 100 мм
4 Перекрытие из газобетонных сборных плит или сборно-монолитное
перекрытие из газобетонных блоков ≥ 250 мм
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для пли из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.13 – Конструкция чердачного перекрытия стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с несущим основанием из газобетонных изделий

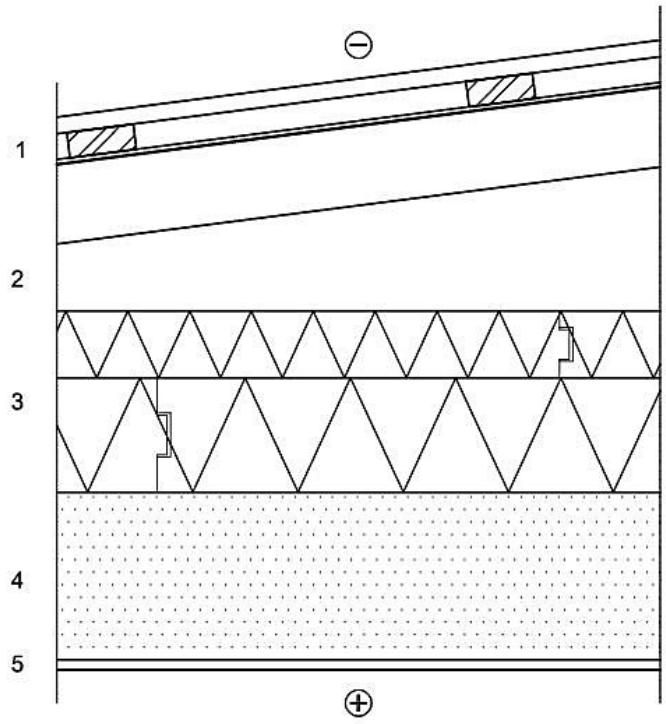


1 Конструкция кровельного покрытия (по проекту)
2 Проветриваемое чердачное помещение ≥ 50 мм
3 Плиты жесткеи из пенополиуретана 120 + 120 мм или 150 + 90 мм, сплошной слой (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Перекрытие из газобетонных сборных плит или сборно-монолитное перекрытие из газобетонных блоков ≥ 250 мм
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,08 W/m²K

(λ_U 0,023 W/mK для пли из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.14 – Конструкция чердачного перекрытия здания с низким потреблением энергии (FIN) с несущим основанием из газобетонных изделий

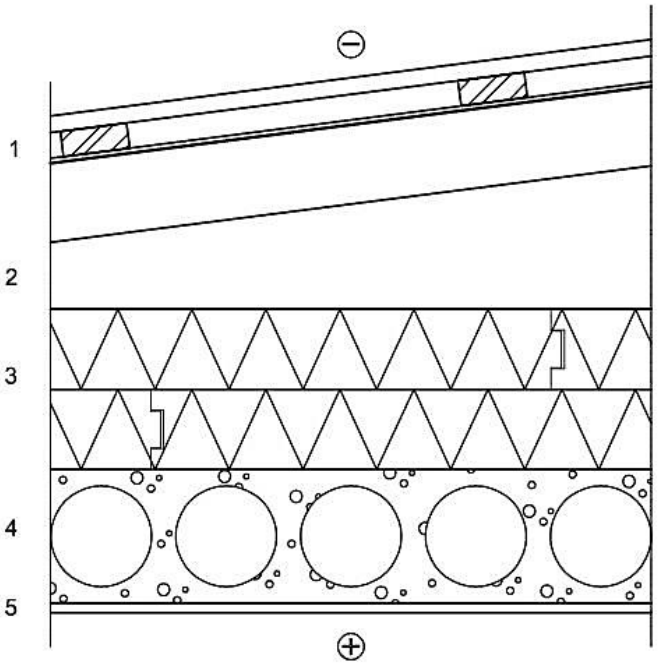


1 Конструкция кровельного покрытия (по проекту)
2 Проветриваемое чердачное помещение ≥ 50 мм
3 Плиты жесткеи из пенополиуретана 170 + 100 мм или 150 + 120 мм, сплошной слой (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Перекрытие из газобетонных сборных плит или сборно-монолитное перекрытие из газобетонных блоков ≥ 250 мм
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,07 W/m²K

(λ_U 0,023 W/mK для пли из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.15 – Конструкция чердачного перекрытия энергопассивного здания (FIN) с несущим основанием из газобетонных изделий

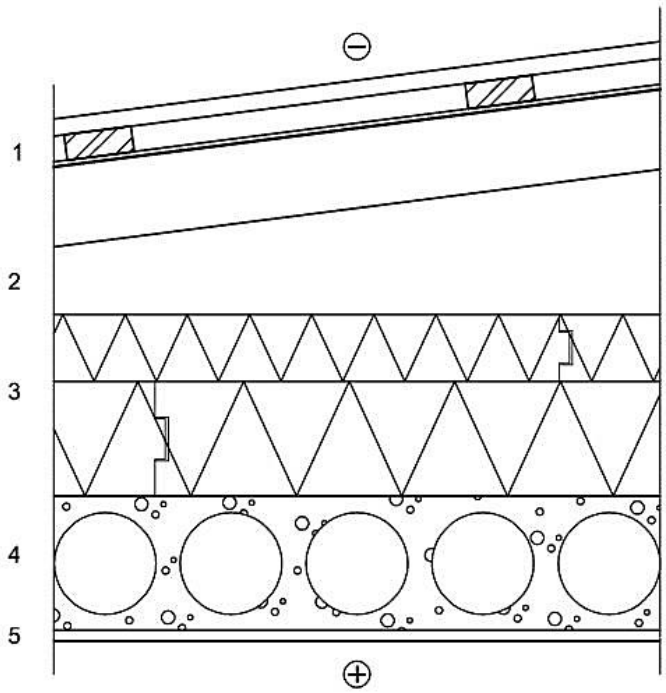


1 Конструкция кровельного покрытия (по проекту)
2 Проветриваемое чердачное помещение ≥ 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 120 + 120 мм или 150 + 90 мм, сплошной слой (стыки плит следует заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной)
4 Перекрытие из сборных железобетонных пустотных плит
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,09 W/m²K

(λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.16 – Конструкция чердачного перекрытия стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с несущим основанием из сборных пустотных железобетонных плит

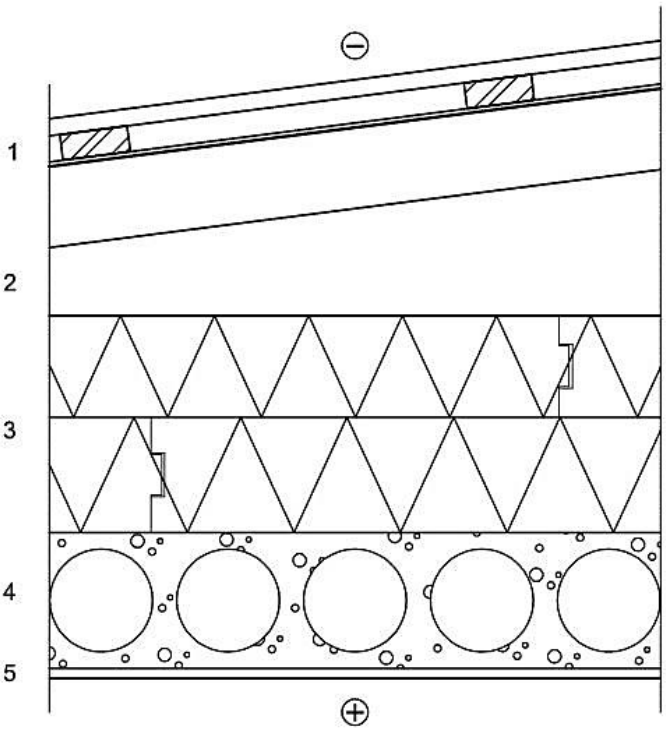


1 Конструкция кровельного покрытия (по проекту)
2 Проветриваемое чердачное помещение ≥ 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 170 + 100 мм или 150 + 120 мм, сплошной слой (стыки плит следует заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной)
4 Перекрытие из сборных железобетонных пустотных плит
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,08 W/m²K

(λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.17 – Конструкция чердачного перекрытия здания с низким потреблением энергии (FIN) с несущим основанием из сборных пустотных железобетонных плит

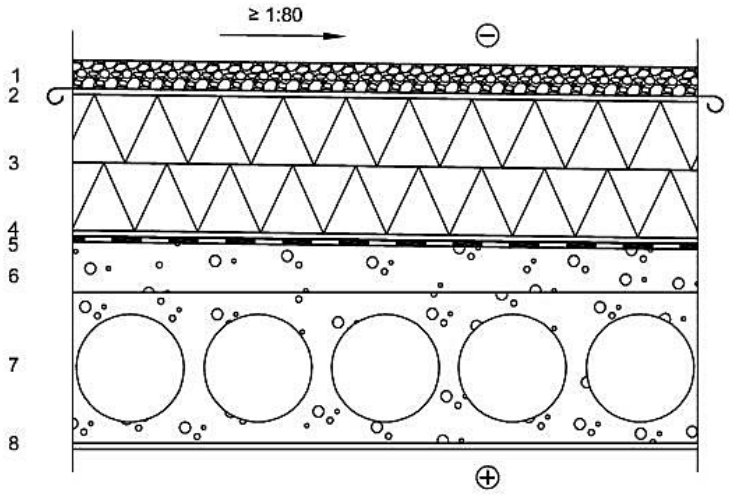


1 Конструкция кровельного покрытия (по проекту)
2 Проветриваемое чердачное помещение ≥ 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 170 + 150 мм или 200 + 120 мм, сплошной слой (стыки плит следует заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной)
4 Перекрытие из сборных железобетонных пустотных плит
5 Внутреннее ограждение (внутренний отделочный слой)

U-value - 0,07 W/m²K

(λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.18 – Конструкция чердачного перекрытия энергопассивного здания (FIN) с несущим основанием из сборных пустотных железобетонных плит



Структура покрытия (сверху вниз):

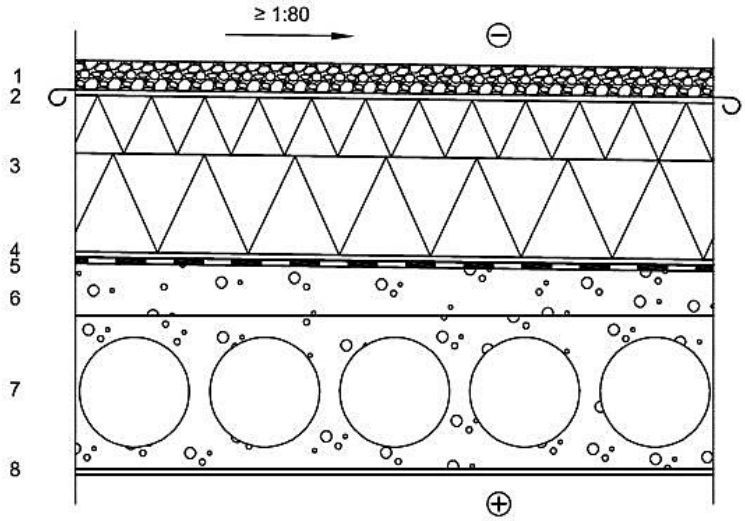
1. Защитное мощение (мин. 70 кг/м²) или любая другая структура эксплуатируемой кровли
2. Геотекстильное дренажное полотно (при необходимости битумное покрытие)
3. Плиты жесткие из пенополиуретана 120+ 120 мм или 150 + 90 мм (λ_U 0,023 W/mK)
4. Дренажный ковер
5. Гидроизоляция (согласно инструкции завода-изготовителя)
6. Бетонная разуклонка (по крайней мере 1:80)
7. Несущая конструкция покрытия из сборных железобетонных пустотных плит
8. Внутренний отделочный слой или обработка поверхности (согласно рекомендациям завода-изготовителя)

Примечания:

- Защитное мощение (мин. 70 кг/м²) служит для пригруза плит теплоизоляции и их защиты от ветрового подпора
- При сборе нагрузок должна быть учтена возможность переувлажнения защитного слоя
- Для беспрептственного стока воды из дренажных каналов должны быть предусмотрены специальные водосточные выходы
- В проектном решении должны быть предусмотрены лотки для стока воды с эксплуатируемой крыши
- Деформационные швы требуют отдельной конструктивной проработки .

U-value - 0,09 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.19 – Конструкция совмещенного покрытия с эксплуатируемой кровлей стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с несущим основанием из сборных пустотных железобетонных плит



Структура покрытия (сверху вниз):

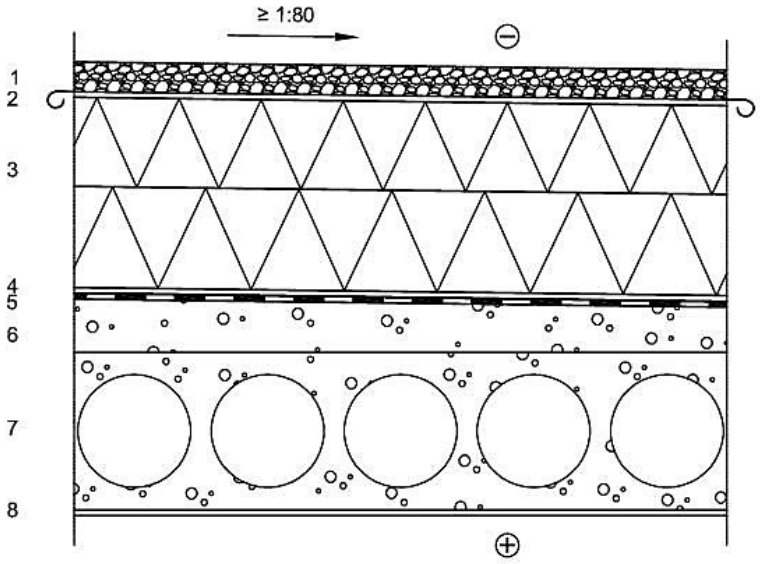
1. Защитное мощение (мин. 70 кг/м²) или любая другая структура эксплуатируемой кровли
2. Геотекстильное дренажное полотно (при необходимости битумное покрытие)
3. Плиты жесткие из пенополиуретана 170+ 100 мм или 150 + 120 мм (λ_U 0,023 W/mK)
4. Дренажный ковер
5. Гидроизоляция (согласно инструкции завода-изготовителя)
6. Бетонная разуклонка (по крайней мере 1:80)
7. Несущая конструкция покрытия из сборных железобетонных пустотных плит
8. Внутренний отделочный слой или обработка поверхности (согласно рекомендациям завода-изготовителя)

Примечания:

- Защитное мощение (мин. 70 кг/м²) служит для пригруза плит теплоизоляции и их защиты от ветрового подпора
- При сборе нагрузок должна быть учтена возможность переувлажнения защитного слоя
- Для беспрептственного стока воды из дренажных каналов должны быть предусмотрены специальные водосточные выходы
- В проектном решении должны быть предусмотрены лотки для стока воды с эксплуатируемой крыши
- Деформационные швы требуют отдельной конструктивной проработки.

U-value - 0,08 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.20 – Конструкция совмещенного покрытия с эксплуатируемой кровлей здания с низким потреблением энергии (FIN) с несущим основанием из сборных пустотных железобетонных плит



Структура покрытия (сверху вниз):

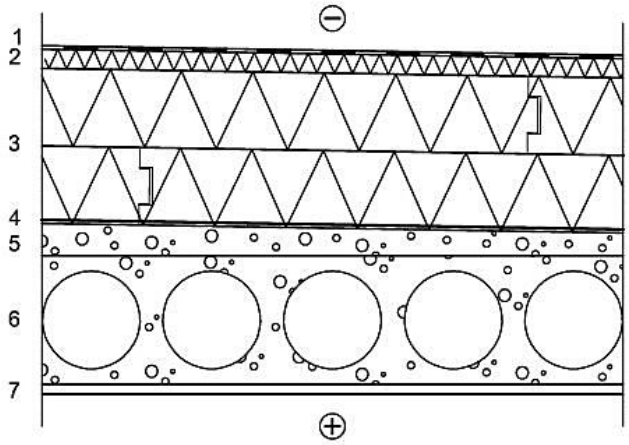
1. Защитное мощение (мин. 70 кг/м²) или любая другая структура эксплуатируемой кровли
2. Геотекстильное дренажное полотно (при необходимости битумное покрытие)
3. Плиты жесткие из пенополиуретана 170+ 150 мм или 200 + 120 мм (λ_U 0,023 W/mK)
4. Дренажный ковер
5. Гидроизоляция (согласно инструкции завода-изготовителя)
6. Бетонная разуклонка (по крайней мере 1:80)
7. Несущая конструкция покрытия из сборных железобетонных пустотных плит
8. Внутренний отделочный слой или обработка поверхности (согласно рекомендациям завода-изготовителя)

Примечания:

- Защитное мощение (мин. 70 кг/м²) служит для пригруза плит теплоизоляции и их защиты от ветрового подпора
- При сборе нагрузок должна быть учтена возможность переувлажнения защитного слоя
- Для беспрепятственного стока воды из дренажных каналов должны быть предусмотрены специальные водосточные выходы
- В проектном решении должны быть предусмотрены лотки для стока воды с эксплуатируемой крыши
- Деформационные швы требуют отдельной конструктивной проработки.

U-value - 0,07 W/m²K (λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием)

Рисунок Б.21 – Конструкция совмещенного покрытия с эксплуатируемой кровлей энергопассивного здания (FIN) с несущим основанием из сборных пустотных железобетонных плит

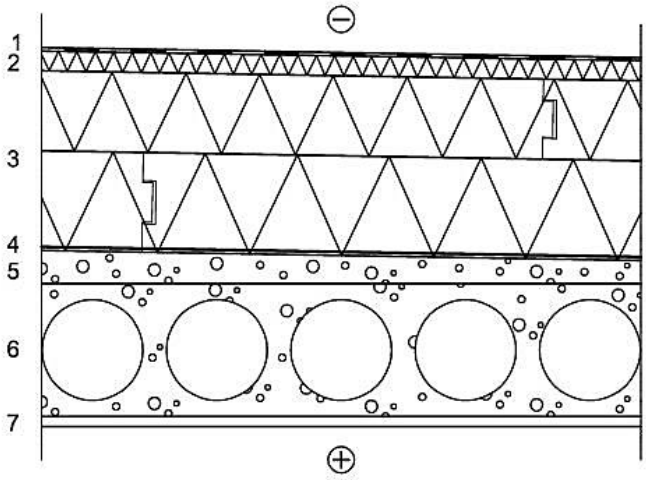


1 Кровельное покрытие (по проекту)
2 Каменная минеральная вата 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 120 + 120 мм или 150 + 90 мм с перевязкой швов между плитами верхнего и нижнего слоев теплоизоляции из пенополиуретана
4 Пароизоляция (при необходимости)
5 Бетонная разуклонка
6 Несущая конструкция покрытия из сборных железобетонных пустотных плит
7 Внутренний отделочный слой или обработка поверхности (согласно рекомендациям завода-изготовителя)

U-value - 0,09 W/m²K

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для изделий из каменной минеральной ваты

Рисунок Б.22 – Конструкция совмещенного покрытия стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с несущим основанием из сборных пустотных железобетонных плит

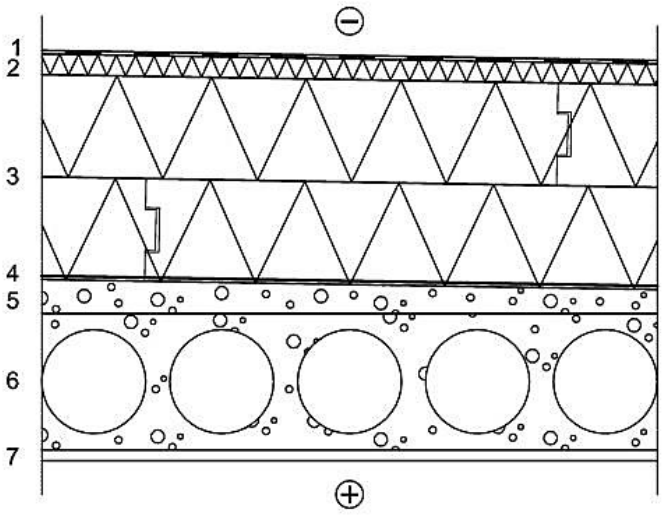


1 Кровельное покрытие (по проекту)
2 Каменная минеральная вата 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 + 120 мм или 170 + 100 мм с перевязкой швов между плитами верхнего и нижнего слоев теплоизоляции из пенополиуретана
4 Пароизоляция (при необходимости)
5 Бетонная разуклонка
6 Несущая конструкция покрытия из сборных железобетонных пустотных плит
7 Внутренний отделочный слой или обработка поверхности (согласно рекомендациям завода-изготовителя)

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для изделий из каменной минеральной ваты

U-value - 0,08 W/m²K

Рисунок Б.23 – Конструкция совмещенного покрытия здания с низким потреблением энергии (FIN) с несущим основанием из сборных пустотных железобетонных плит

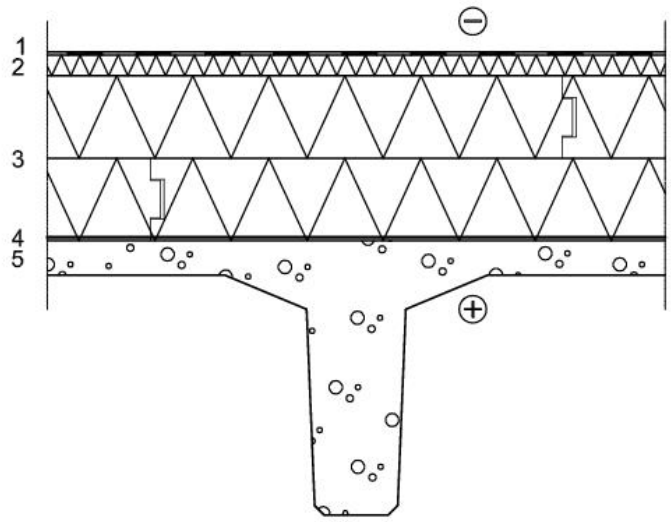


1 Кровельное покрытие (по проекту)
2 Каменная минеральная вата 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 + 150 мм с перевязкой швов между плитами верхнего и нижнего слоев теплоизоляции из пенополиуретана
4 Пароизоляция (при необходимости)
5 Бетонная разуклонка
6 Несущая конструкция покрытия из сборных железобетонных пустотных плит
7 Внутренний отделочный слой или обработка поверхности (согласно рекомендациям завода-изготовителя)

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для изделий из каменной минеральной ваты

U-value - 0,07 W/m²K

Рисунок Б.24 – Конструкция совмещенного покрытия энергопассивного здания (FIN) с несущим основанием из сборных пустотных железобетонных плит

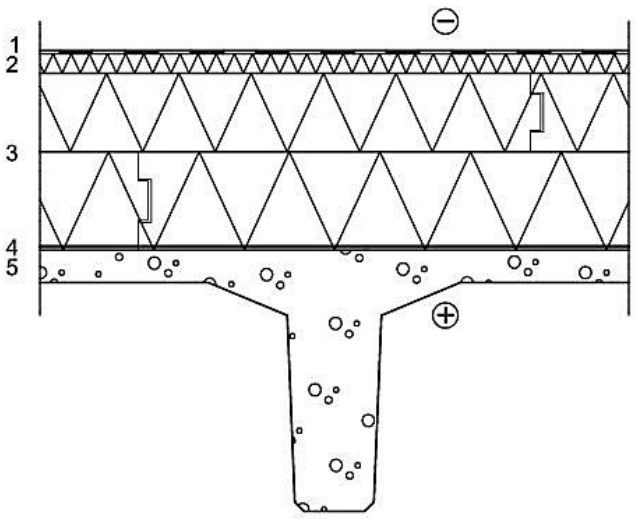


1 Кровельное покрытие (по проекту)
2 Каменная минеральная вата 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 120 + 120 мм или 150 + 90 мм с перевязкой швов между плитами верхнего и нижнего слоев полиуретановой теплоизоляции
4 Пароизоляция или листовой металл (при необходимости)
5 Несущая конструкция покрытия из сборных ребристых железобетонных плит, ТТ-плит из железобетона (в соответствии с требованиями проекта)

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для изделий из минеральной ваты

U-value - 0,09 W/m²K

Рисунок Б.25 – Конструкция совмещенного покрытия стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.) с несущим основанием из сборных ребристых железобетонных плит

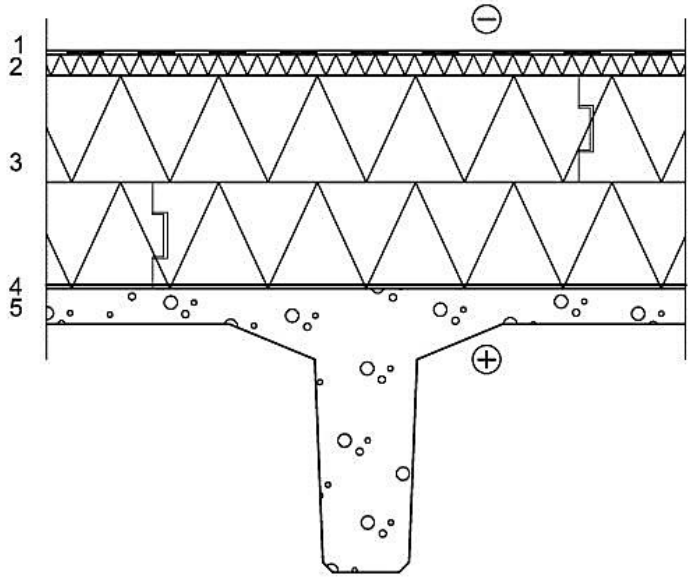


1 Кровельное покрытие (по проекту)
2 Каменная минеральная вата 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 + 120 мм или 170 + 100 мм с перевязкой швов между плитами верхнего и нижнего слоев полиуретановой теплоизоляции
4 Пароизоляция или листовой металл (при необходимости)
5 Несущая конструкция покрытия из сборных ребристых железобетонных плит, ТТ-плит из железобетона (в соответствии с требованиями проекта)

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для изделий из минеральной ваты

U-value - 0,08 W/m²K

Рисунок Б.26 – Конструкция совмещенного покрытия здания с низким потреблением энергии (FIN) с несущим основанием из сборных ребристых железобетонных плит

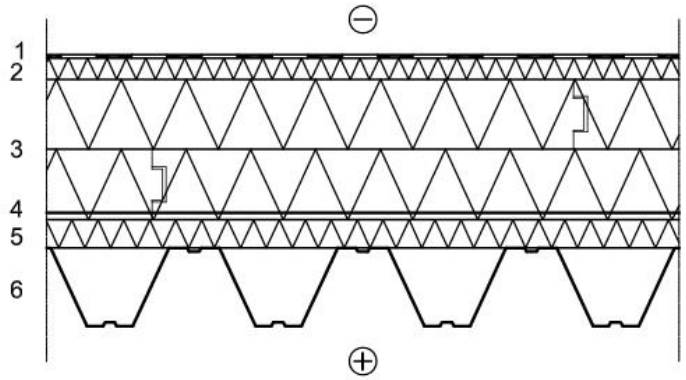


1 Кровельное покрытие (по проекту)
2 Каменная минеральная вата 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 + 150 мм с перевязкой швов между плитами верхнего и нижнего слоев полиуретановой теплоизоляции
4 Пароизоляция или листовой металл (при необходимости)
5 Несущая конструкция покрытия из сборных ребристых железобетонных плит, ТТ-плит из железобетона (в соответствии с требованиями проекта)

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для изделий из минеральной ваты

U-value - 0,07 W/m²K

Рисунок Б.27 – Конструкция совмещенного покрытия энергопассивного здания (FIN) с несущим основанием из сборных ребристых железобетонных плит

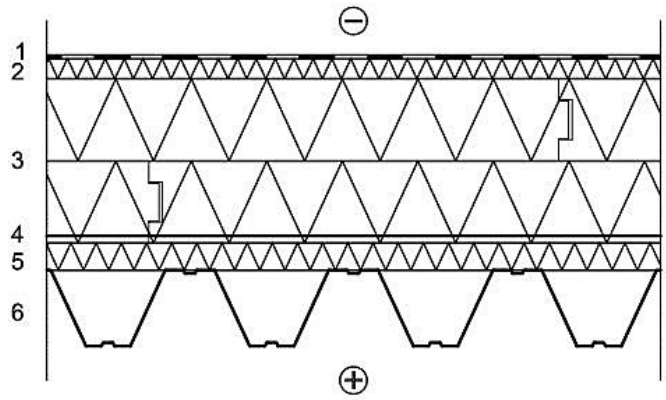


1 Кровельное покрытие (по проекту)
2 Каменная минеральная вата 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 100 + 100 мм с перевязкой швов между плитами верхнего и ижнего слоев теплоизоляции
4 Пароизоляция
5 Жесткие плиты из каменной ваты 40 мм (для обеспечения требуемой огнестойкости покрытия)
6 Стальной профнастил

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для изделий минераловатных из каменной ваты

U-value - 0,09 W/m²K

Рисунок Б.28 – Конструкция совмещенного покрытия из стального кровельного профнастила для стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.)

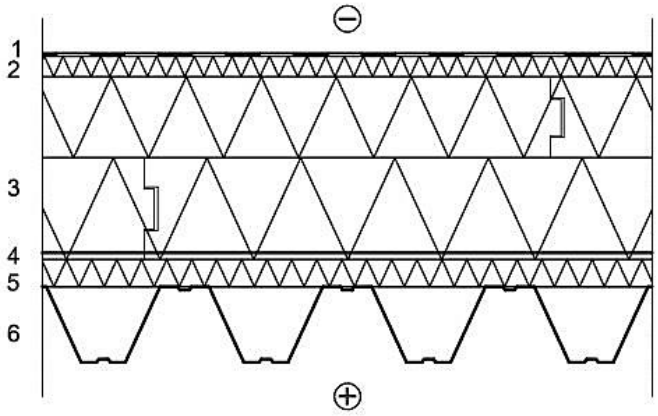


1 Кровельное покрытие (по проекту)
2 Каменная минеральная вата 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 120 + 120 мм или 150 + 90 мм с перевязкой швов между плитами верхнего и ижнего слоев теплоизоляции
4 Пароизоляция
5 Жесткие плиты из каменной ваты 40 мм (для обеспечения требуемой огнестойкости покрытия)
6 Стальной профнастил

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для изделий минераловатных из каменной ваты

U-value - 0,08 W/m²K

Рисунок Б.29 – Конструкция совмещенного покрытия из стального кровельного профнастила для здания с низким потреблением энергии (FIN)



1 Кровельное покрытие (по проекту)
2 Каменная минеральная вата 50 мм
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 + 120 мм или 170 + 100 мм с перевязкой швов между плитами верхнего и ижнего слоев теплоизоляции
4 Пароизоляция
5 Жесткие плиты из каменной ваты 40 мм (для обеспечения требуемой огнестойкости покрытия)
6 Стальной профнастил

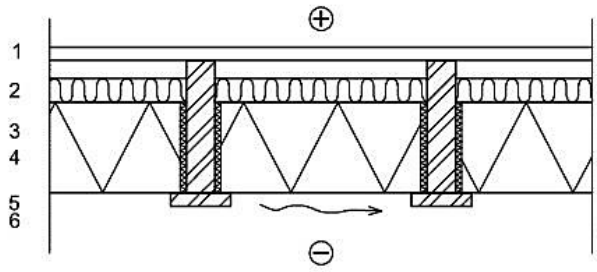
λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для изделий минераловатных из каменной ваты

U-value - 0,07 W/m²K

Рисунок Б.30 – Конструкция совмещенного покрытия из стального кровельного профнастила для энергопассивного здания (FIN)

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Конструктивные решения нижних перекрытий и полов по грунту для зданий с низким потреблением энергии на отопление

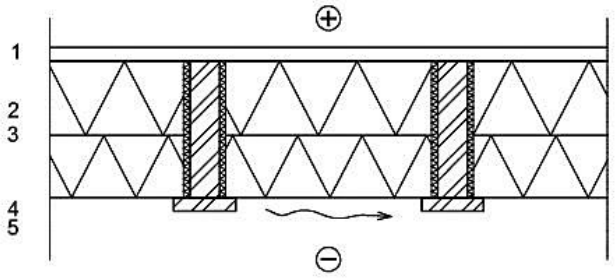


1 Напольное покрытие
2 Звукоизоляция (от ударного шума) 40 мм
(например, мягкая минеральная вата)
3 Половые лаги k400 (сечение - в соответствии с проектным решением)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм между лагами
(зазоры величиной 10-15 мм между лагами и плитами заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Поддерживающие планки
(обеспечивают простоту и технологичность установки плит между лагами)
6 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минераловатных изделий

U-value - 0,17 W/m²K

Рисунок В.1 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.)

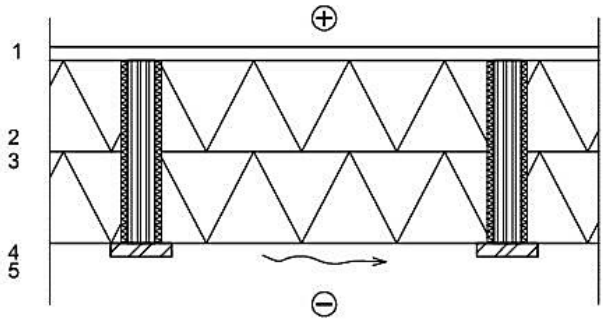


1 Напольное покрытие
2 Звукоизоляция (от ударного шума) 40 мм
(например, мягкая минеральная вата)
3 Половые лаги k400 (сечение - в соответствии с проектным решением)
4 Плиты жесткие из пенополиуретана 120 + 100 мм между лагами
(зазоры величиной 10-15 мм между лагами и плитами заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Поддерживающие планки
(обеспечивают простоту и технологичность установки плит между лагами)
6 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минераловатных изделий

U-value - 0,15 W/m²K

Рисунок В.2 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для здания с низким потреблением энергии (FIN)

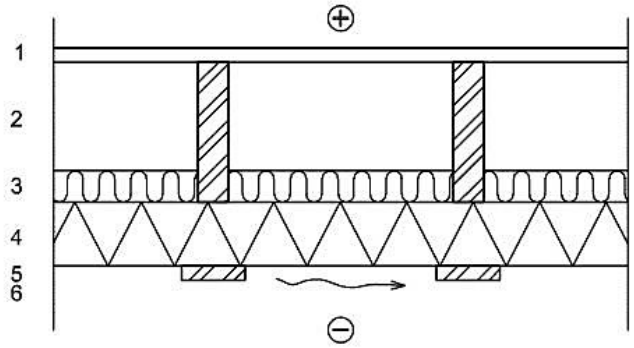


1 Напольное покрытие
2 Звукоизоляция (от ударного шума) 40 мм
(например, мягкая минеральная вата)
3 Половые лаги k400 (сечение - в соответствии с проектным решением)
4 Плиты жесткие из пенополиуретана 150 + 150 мм k600 между лагами (LVL)
(зазоры величиной 10-15 мм между лагами и плитами заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Поддерживающие планки
(обеспечивают простоту и технологичность установки плит между лагами)
6 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минераловатных изделий

U-value - 0,10 W/m²K

Рисунок В.3 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для энергопассивного здания (FIN)

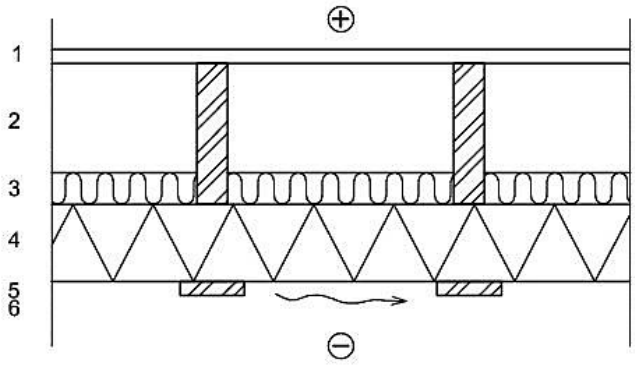


1 Напольное покрытие
2 Половые лаги k400 (сечение - в соответствии с проектным решением)
3 Звукоизоляция (от ударного шума) 50 мм
(например, мягкая минеральная вата)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 100 мм сплошным слоем
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Поддерживающие планки 25x100 мм
(для крепления плит к лагам)
6 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минераловатных изделий

U-value - 0,16 W/m²K

Рисунок В.4 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.)

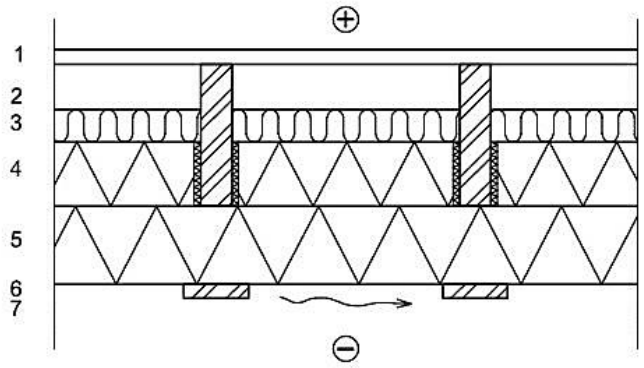


1 Напольное покрытие
2 Половые лаги k400 (сечение - в соответствии с проектным решением)
3 Звукоизоляция (от ударного шума) 50 мм
(например, мягкая минеральная вата)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 120 мм сплошным слоем
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Поддерживающие планки 25x100 мм
(для крепления плит к лагам)
6 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минераловатных изделий

U-value - 0,14 W/m²K

Рисунок В.5 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для здания с низким потреблением энергии (FIN)

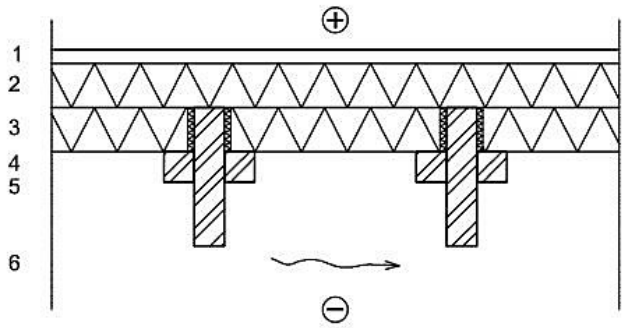


1 Напольное покрытие
2 Половые лаги k600 (сечение - в соответствии с проектным решением)
3 Звукоизоляция (от ударного шума) 50 мм
(например, мягкая минеральная вата)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 100 мм k600 сплошным слоем
(зазоры величиной 10-15 мм между лагами и плитами заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
5 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм сплошным слоем
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
6 Поддерживающие планки 25x100 мм
(для крепления плит к лагам)
7 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием

U-value - 0,09 W/m²K

Рисунок В.6 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для энергопассивного здания (FIN)

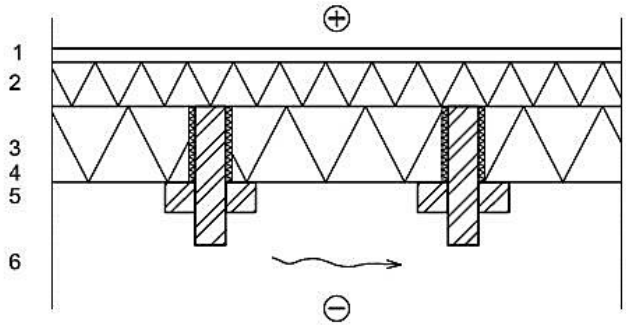


1 Напольное покрытие
2 Плита жесткая из пенополиуретана 70 мм сплошной слой
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 70 мм между лагами
(зазоры величиной 10-15 мм между лагами и плитами заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Половые лаги k400
(сечение - в соответствии с проектным решением)
5 Распорные планки
6 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием

U-value - 0,17 W/m²K

Рисунок В.7 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.)

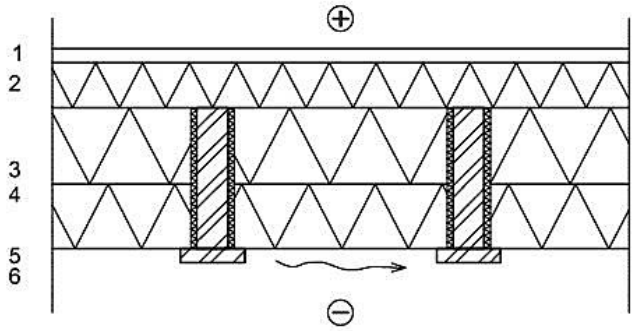


1 Напольное покрытие
2 Плита жесткая из пенополиуретана 70 мм сплошной слой
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 120 мм между лагами
(зазоры величиной 10-15 мм между лагами и плитами заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Половые лаги k400
(сечение - в соответствии с проектным решением)
5 Распорные планки
6 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием

U-value - 0,14 W/m²K

Рисунок В.8 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для здания с низким потреблением энергии (FIN)

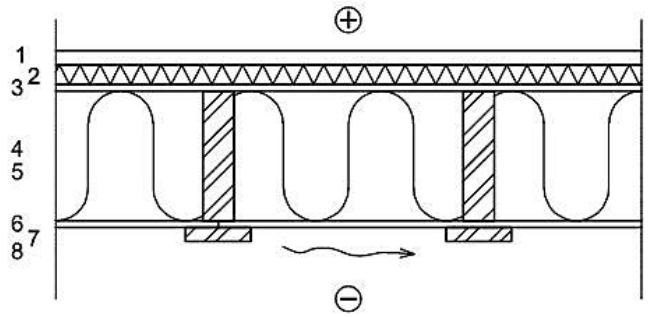


1 Напольное покрытие
2 Плита жесткая из пенополиуретана 70 мм сплошной слой
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 120 +100 мм между лагами
(зазоры величиной 10-15 мм между лагами и плитами заполнить
однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Половые лаги k400
(сечение - в соответствии с проектным решением)
5 Распорные планки
6 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием

U-value - 0,10 W/m²K

Рисунок В.9 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для энергопассивного здания (FIN)

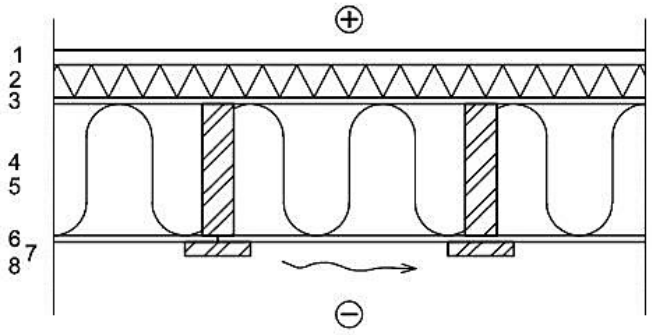


1 Напольное покрытие
2 Плита жесткая из пенополиуретана 30 мм сплошным слоем
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
3 Щитовой или деревянный настил
(в соответствии с требованиями проекта)
4 Половые лаги k400
(сечение - в соответствии с проектным решением)
5 Минеральная вата 200 мм
6 Ветрозащитный барьер
7 Поддерживающие планки 25x100 мм
8 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минераловатных изделий

U-value 0,16 W/m²K

Рисунок В.10 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.)

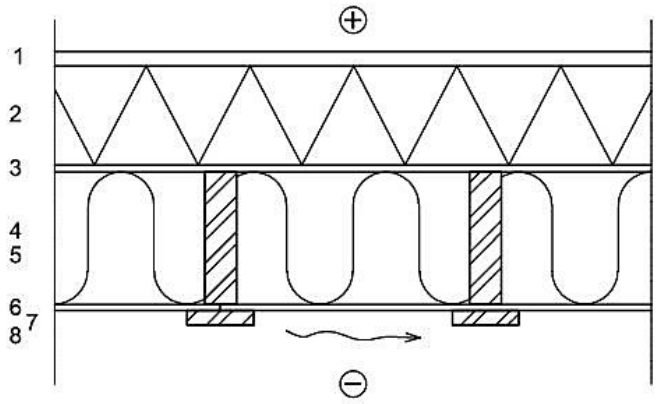


1 Напольное покрытие
2 Плита жесткая из пенополиуретана 50 мм сплошным слоем
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
3 Щитовой или деревянный настил
(в соответствии с требованиями проекта)
4 Половые лаги k400
(сечение - в соответствии с проектным решением)
5 Минеральная вата 200 мм
6 Ветрозащитный барьер
7 Поддерживающие планки 25x100 мм
8 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минераловатных изделий

U-value 0,14 W/m²K

Рисунок В.11 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для здания с низким потреблением энергии (FIN)

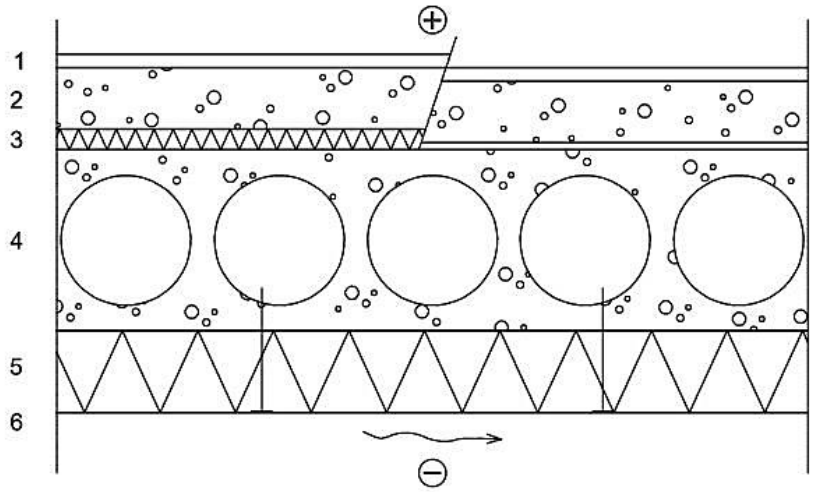


1 Напольное покрытие
2 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм сплошным слоем
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
3 Щитовой или деревянный настил
(в соответствии с требованиями проекта)
4 Половые лаги k400
(сечение - в соответствии с проектным решением)
5 Минеральная вата 200 мм
6 Ветрозащитный барьер
7 Поддерживающие планки 25x100 мм
8 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием
λ_U 0,037 W/mK для минераловатных изделий

U-value 0,09 W/m²K

Рисунок В.12 – Конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для энергопассивного здания (FIN)



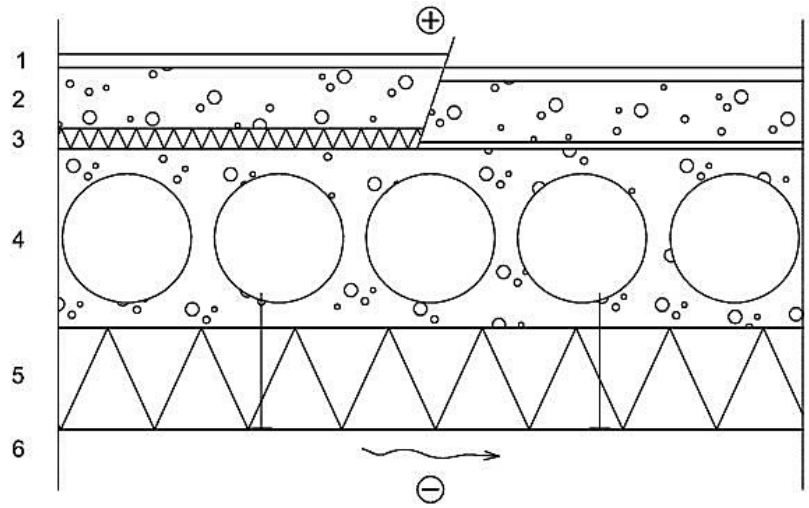
1 Напольное покрытие
2 Бетонная стяжка пола (в соответствии с проектным решением)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 30 мм или вспененный пластик (ПЭ или ПП) 10 мм
4 Несущая конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) из сборных железобетонных пустотных плит
5 Плита жесткая из пенополиуретана 120 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
6 Проветриваемое подполье

Плиты из пенополиуретана устанавливать в соответствии инструкцией по монтажу .
Плиты крепить к несущей конструкции перекрытия механическими анкерами в количестве не менее 4 шт/м^2.

λ_U 0,023 W/mK для пли из пенополиуретана с покрытием

U-value: SPU AL 30: 0,15 W/m²K
Вспененный пластик: 0,17 W/m²K

Рисунок В.13 – Конструкция железобетонного перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.)



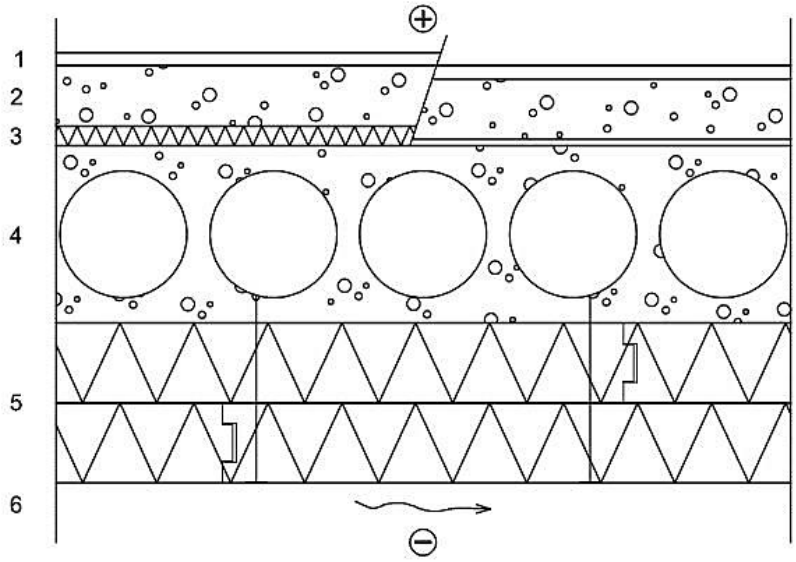
1 Напольное покрытие
2 Бетонная стяжка пола (в соответствии с проектным решением)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 30 мм или вспененный пластик (ПЭ или ПП) 10 мм
4 Несущая конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) из сборных железобетонных пустотных плит
5 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
6 Проветриваемое подполье

Плиты из пенополиуретана устанавливать в соответствии инструкцией по монтажу .
Плиты крепить к несущей конструкции перекрытия механическими анкерами в количестве не менее 4 шт/м^2.

λ_U 0,023 W/mK для пли из пенополиуретана с покрытием

U-value: SPU AL 30: 0,12 W/m²K
Вспененный пластик: 0,14 W/m²K

Рисунок В.14 – Конструкция железобетонного перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для здания с низким потреблением энергии (FIN)



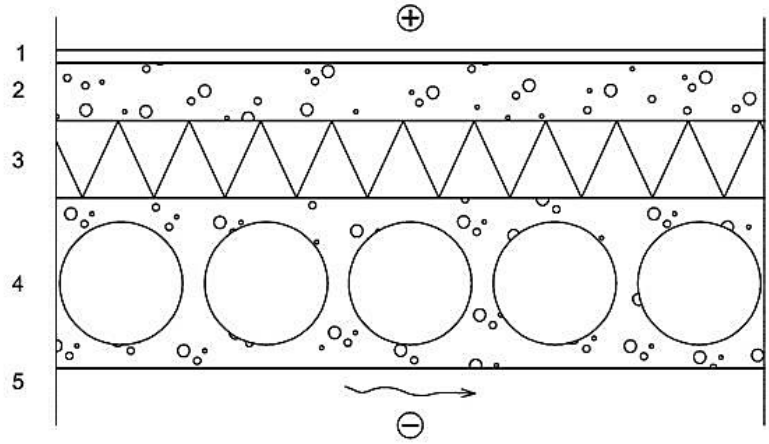
1 Напольное покрытие
2 Бетонная стяжка пола (в соответствии с проектным решением)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 30 мм или вспененный пластик (ПЭ или ПП) 10 мм
4 Несущая конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) из сборных железобетонных пустотных плит
5 Плита жесткая из пенополиуретана 120 + 120 мм (стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
6 Проветриваемое подполье

Плиты из пенополиуретана устанавливать в соответствии инструкцией по монтажу .
Плиты крепить к несущей конструкции перекрытия механическими анкерами в количестве не менее 4 шт/м^2.

λ_U 0,023 W/mK для пли из пенополиуретана с покрытием

U-value: SPU AL 30: 0,08 W/m²K
Вспененный пластик: 0,09 W/m²K

Рисунок В.15 – Конструкция железобетонного перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для энергопассивного здания (FIN)

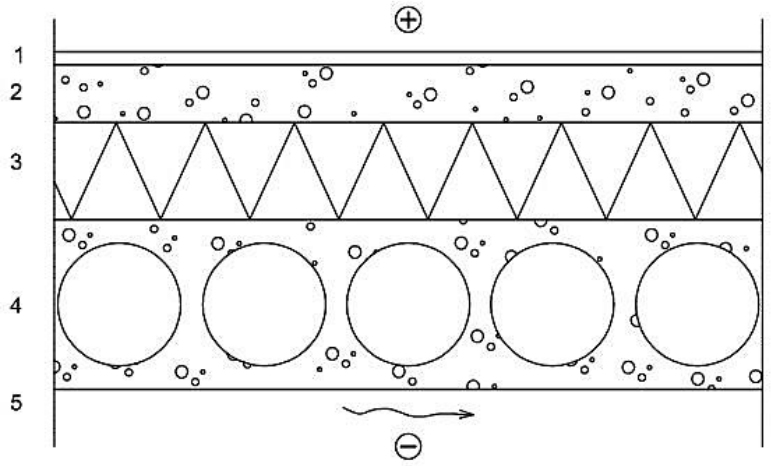


1 Напольное покрытие
2 Бетонная стяжка пола (в соответствии с проектным решением)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 120 мм
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Несущая конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем
(подвалом) из сборных железобетонных пустотных плит
5 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием

U-value 0,17 W/m²K

Рисунок В.16 – Конструкция железобетонного перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.)

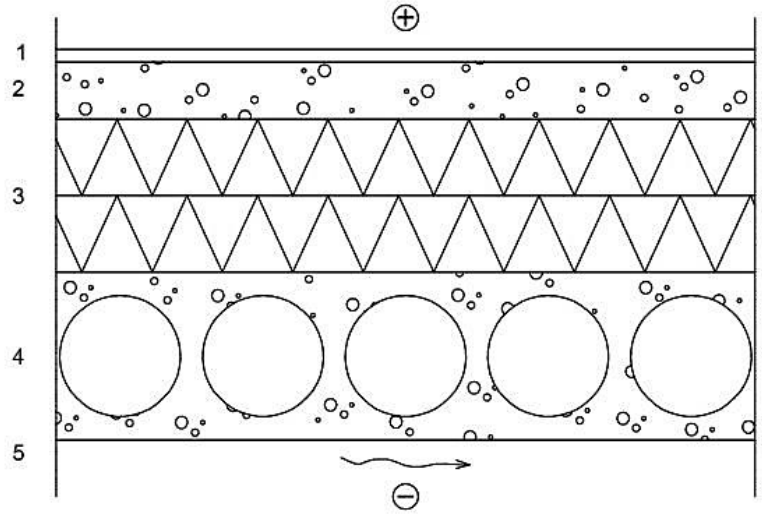


1 Напольное покрытие
2 Бетонная стяжка пола (в соответствии с проектным решением)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 150 мм
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Несущая конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем
(подвалом) из сборных железобетонных пустотных плит
5 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием

U-value 0,14 W/m²K

Рисунок В.17 – Конструкция железобетонного перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для здания с низким потреблением энергии (FIN)

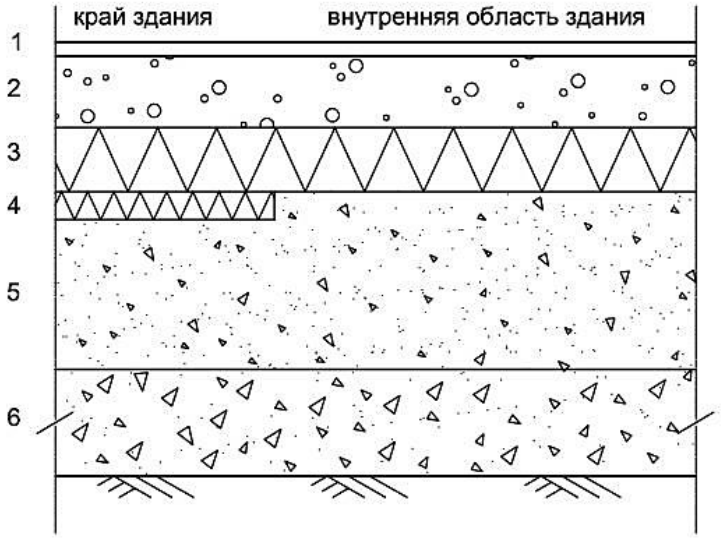


1 Напольное покрытие
2 Бетонная стяжка пола (в соответствии с проектным решением)
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 120 + 120 мм
(стыки плит следует заполнить однокомпонентной монтажной ПУ пеной)
4 Несущая конструкция перекрытия над неотапливаемым подпольем
(подвалом) из сборных железобетонных пустотных плит
5 Проветриваемое подполье

λ_U 0,023 W/mK для плит из пенополиуретана с покрытием

U-value 0,09 W/m²K

Рисунок В.18 – Конструкция железобетонного перекрытия над неотапливаемым подпольем (подвалом) для энергопассивного здания (FIN)



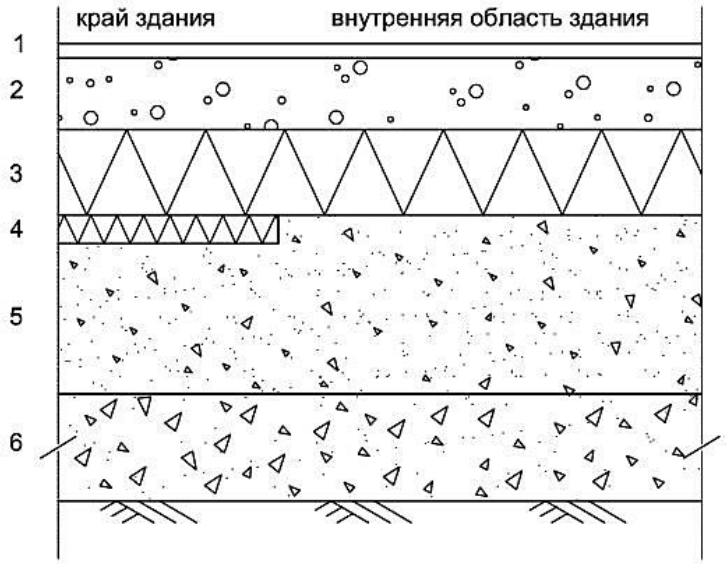
1 Напольное покрытие
2 Стяжка пола (в соответствии с проектным решением)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 90 мм
(сплошной слой по всей площади полов)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 40 мм
(только в крайней зоне пола полосой шириной не менее 1 м)
5 Фундаментная плита ≥ 200 мм
(в соответствии с проектным решением)
6 Гравийная засыпка (в соответствии с проектным решением)

Примечание:
Стыки плит в утолщенной части теплоизоляции рекомендуется заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной.

λ_U 0,023 W/mK для пли из пенополиуретана с покрытием

U-value 0,16 W/m²K

Рисунок В.19 – Конструкция полов по грунту для стандартного здания (требования стандарта Building Code of Finland 2010 г.)



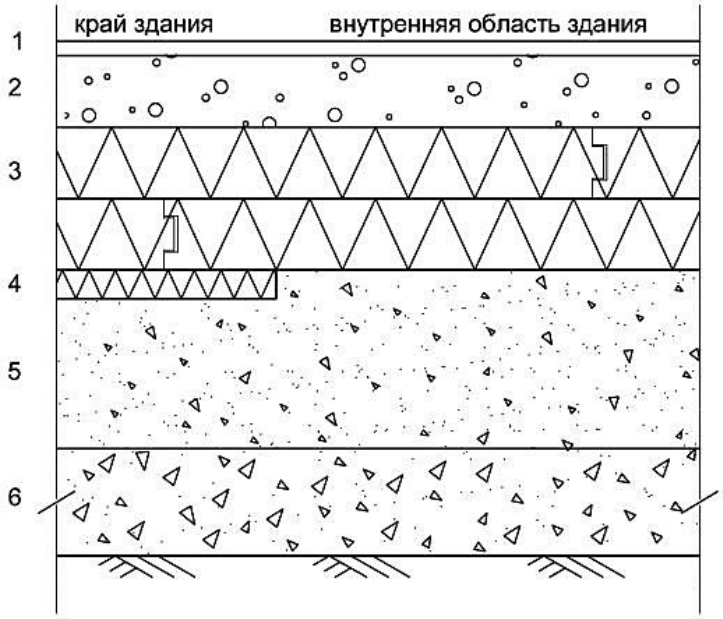
1 Напольное покрытие
2 Стяжка пола (в соответствии с проектным решением)
3 Плита жесткая из пенополиуретана 120 мм
(сплошной слой по всей площади полов)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 40 мм
(только в крайней зоне пола полосой шириной не менее 1 м)
5 Фундаментная плита ≥ 200 мм
(в соответствии с проектным решением)
6 Гравийная засыпка (в соответствии с проектным решением)

Примечание:
Стыки плит в утолщенной части теплоизоляции рекомендуется заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной.

λ_U 0,023 W/mK для пли из пенополиуретана с покрытием

U-value 0,13 W/m²K

Рисунок В.20 – Конструкция полов по грунту для здания с низким потреблением энергии (FIN)



1 Напольное покрытие
2 Стяжка пола (в соответствии с проектным решением)
3 Плиты жесткие из пенополиуретана 100 + 100 мм
(сплошной слой по всей площади полов)
4 Плита жесткая из пенополиуретана 40 мм
(только в крайней зоне пола полосой шириной не менее 1 м)
5 Фундаментная плита ≥ 200 мм
(в соответствии с проектным решением)
6 Гравийная засыпка (в соответствии с проектным решением)

Примечание:
Стыки плит в утолщенной части теплоизоляции рекомендуется заполнить однокомпонентной ПУ монтажной пеной.

λ_U 0,023 W/mK для пли из пенополиуретана с покрытием

U-value 0,09 W/m²K

Рисунок В.21 – Конструкция полов по грунту для энергопассивного здания (FIN)