

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ КАЧЕСТВ ОГРАЖДЕНИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ

Методические указания к расчётно-графической
и контрольной работам для студентов специальностей
270102 «Промышленное и гражданское строительство»



Тамбов
Издательство ТГТУ
2009

УДК 699.86+699.844
ББК Н683я73-5
Л39

Рекомендовано Редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т

Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Архитектура и строительство зданий» ТГТУ
А.И. Антонов

С о с т а в и т е л и:

В.И. Леденёв,
И.В. Матвеева,
А.М. Макаров

Л39 Физико-технические основы повышения защитных качеств ограждений при капитальном ремонте: методические указания / сост. : В.И. Леденёв, И.В. Матвеева, А.М. Макаров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 40 с. – 100 экз.

Содержат задания к расчётно-графической и контрольной работам для студентов дневного и заочного отделения специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство», методику расчёта и проектирования дополнительной тепло- и звукоизоляции ограждений, примеры решения типовых задач.

Могут использоваться также студентами специальности 270105 «Городское строительство и хозяйство» при курсовом и дипломном проектировании.

УДК 699.86+699.844

ББК Н683я73-5

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет» (ТГТУ), 2009

Учебное издание

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ
ЗАЩИТНЫХ КАЧЕСТВ ОГРАЖДЕНИЙ
ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ**

Методические указания

С о с т а в и т е л и:

ЛЕДЕНЁВ Владимир Иванович,
МАТВЕЕВА Ирина Владимировна,
МАКАРОВ Александр Михайлович

Редактор М.С. Анурьева
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. Зотова

Подписано в печать 01.12.2009
Формат 60 × 84/16. 2, 32 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 564

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Техническая эксплуатация и ремонт зданий» изучается студентами дневной и заочной форм обучения по специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство». В качестве отчётного материала студенты заочного отделения выполняют контрольную работу, а дневного отделения – расчётно-графическую работу, в которых решаются задачи по повышению качеств ограждающих конструкций здания при его капитальном ремонте или реконструкции. Подобные задачи проектирования могут решаться и при новом строительстве. В настоящих указаниях приведены варианты заданий к контрольной и расчётно-графической работам и даны необходимые рекомендации по их выполнению.

ЗАДАНИЕ К КОНТРОЛЬНОЙ И РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТАМ

Во всех вариантах задания предусматриваются расчёты и проектирование, дополнительной теплозащиты наружных стен, звукоизоляции перегородок и междуэтажного перекрытия по условиям изоляции воздушного и ударного шума в здании, подлежащем капитальному ремонту или реконструкции.

Форма бланка задания приведена в прил. 1. Исходные данные, вносимые в бланк задания, принимаются студентами по табл. П1 – П4 прил. 1 в соответствии с указанным преподавателем двухзначным шифром задания. По табл. П1 принимается вариант, совпадающий с разностью цифр шифра, по табл. П2 – вариант, совпадающий с суммой цифр шифра. Если полученная сумма более 9, вариант устанавливается по последней цифре суммы. По табл. П3 принимается вариант, совпадающий с последней цифрой шифра, а по табл. П4 – вариант, совпадающий с первой цифрой шифра.

Например, при номере шифра 86 принимаются варианты: по табл. П1 – П2, по табл. П2 – П4, по табл. П3 – П6, по табл. П4 – П8.

1. РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ СТЕН

Причиной, требующей повышения теплоизоляции существующих наружных стен, является несоответствие их теплозащитных качеств современным нормативным требованиям [1]. Стены должны обеспечивать теплоизоляцию исходя из условия, когда фактическое сопротивление теплопередаче ограждения R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ будет больше или равно требуемому сопротивлению теплопередаче R_{req} , устанавливаемому СНиП 23-02–2003 [1] в соответствии с назначением помещения и климатическими условиями района строительства.

Работы по устройству дополнительной теплоизоляции выполняются при капитальном ремонте здания по специально разработанному проекту.

В настоящей работе необходимо произвести расчёт и проектирование дополнительной теплоизоляции стены существующего здания. Решение задачи производится в определённой последовательности. Вначале определяются место расположения теплозащитного материала по отношению к наружному воздуху. Затем выбирается материал дополнительной теплоизоляции и выполняется теплотехнический расчёт. После этого разрабатываются конструктивное решение теплозащиты и технология его устройства.

Выбор места расположения теплозащитного материала производится на основе анализа имеющихся достоинств и недостатков различных вариантов размещения теплоизоляции [2, 3].

При ремонте и реконструкции могут быть использованы два варианта расположения теплозащиты – на внутренней или наружной поверхности стен.

Вариант расположения материала на внутренней поверхности стены обладает следующими достоинствами:

- теплозащитный материал, как правило, не имеющий достаточной способности к сопротивлению воздействиям среды, находится в благоприятных условиях и, следовательно, не требуется его дополнительная защита;

- производство работ по устройству теплозащиты может производиться в любое время года и при этом не требуется устройства дорогостоящих подмостей и лесов.

К недостаткам теплозащиты со стороны помещения относятся:

- уменьшение площади помещения за счёт увеличения толщины стены;
- сложность устройства теплоизоляции в местах расположения приборов отопления, а также в пределах толщины пола (часто приходится вскрывать конструкцию пола и демонтировать приборы отопления);
- необходимость устройства, с целью исключения выпадения конденсата, дополнительной теплозащиты в местах опираний на стены плит перекрытия и в местах примыканий к наружным стенам внутренних стен и перегородок;
- необходимость защиты теплоизоляционного материала и стены от увлажнения путём устройства пароизоляции после отделочного слоя перед теплоизоляционным материалом;
- расположение хорошо аккумулирующего тепло материала стены (например, кирпичной кладки) в зоне низких температур, что в значительной мере снижает тепловую инерцию ограждения.

Вариант расположения материала на наружной поверхности стены обладает существенными теплотехническими достоинствами. К ним относятся:

- отсутствие «мостиков холода» после устройства теплоизоляции;
- исключение необходимости устройства пароизоляционного слоя;
- расположение хорошо аккумулирующего тепло материала (например, кирпичной кладки) в зоне положительных температур, что повышает тепловую инерцию ограждения и способствует улучшению теплозащитных качеств при нестационарной теплопередаче;
- обеспечение защиты основного материала стены (например, кирпичной кладки) от попеременного замораживания и оттаивания и других атмосферных воздействий.

При устройстве теплоизоляции с наружной стороны не уменьшаются площади помещений, нет необходимости вскрытия полов и демонтажа отопления, улучшается архитектурно-художественный облик здания.

Существенными недостатками этого варианта являются необходимость устройства по теплоизоляции надёжного защитного слоя, потребность при выполнении работ устройства дорогостоящих подмоостей и лесов, а также возможность выполнения работ, как правило, только при положительных температурах и низкой влажности наружного воздуха.

Выбор конкретного варианта производится с учётом изложенных факторов, а также исходя из объёмов работ по теплозащите. В случае повышения теплозащиты стен отдельных помещений теплоизоляция устраивается, как правило, с внутренней стороны. При устройстве теплоизоляции на всей площади стен предпочтительней располагать её с наружной стороны.

Выбор материала для дополнительной теплозащиты производится из имеющегося набора строительных теплоизоляционных материалов.

Исходя из величины требуемого термического сопротивления дополнительной теплозащиты, которое превышает фактическое сопротивление теплопередаче кирпичных стен в 2–3 раза, в качестве дополнительной теплоизоляции стен, как показывает имеющийся в настоящее время опыт, следует применять минераловатные и стекловолоконные материалы (минераловатные маты, минераловатные плиты мягкие, полужёсткие, жёсткие и повышенной жёсткости на различных связующих, плиты из стекловолокна и др.), а также полимерные материалы (пенополистиролы, пенопласты, пенополиуретан, перлитопластбетоны и др.). Могут также применяться плитные утеплители из пеностекла, газобетона и других подобных материалов, имеющих коэффициенты теплопроводности в пределах 0,04...0,07 Вт/(м·°С).

Выбор конкретного материала зависит от целого ряда факторов. К основным из них относятся: место расположения материала (с внутренней или наружной стороны стены); требуемая по расчёту толщина слоя; возможности местной строительной индустрии; стоимость материала; трудоёмкость устройства; долговечность материала, противопожарные, экологические, гигиенические и другие требования.

Расчёт толщины дополнительной теплоизоляции следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП 23-02–2003 [1] и рекомендациями СП 23-101–2004 [4]. При выполнении расчётов необходимо обращать внимание на конструктивное решение устраиваемой теплоизоляции. Например, при устройстве наружной теплоизоляции с вентилируемым фасадом для крепления утеплителя и защитных слоёв используется достаточно большое количество металлических крепёжных элементов, проходящих через толщу утеплителя и в результате этого снижающих теплоизоляцию ограждения. Как показывают исследования [3], наличие металлических креплений на наружных вентилируемых фасадах приводит к необходимости учитывать при расчётах толщины утеплителя коэффициент теплотехнической однородности λ , изменяющийся для разных конструктивных решений в пределах от 0,62 до 0,96.

Пример расчёта дополнительной теплоизоляции приведён в п. 4.

Конструктивное решение дополнительной теплоизоляции зависит от места расположения теплоизоляции; вида теплоизоляционного материала и его характеристик; толщины слоя теплоизоляции; способа нанесения материала на стену; характера поставки материала на стройплощадку; объёма выполняемых работ и др.

Например, плитные утеплители из пеностекла, обладая небольшой теплопроводностью $0,04...0,07$ Вт/(м·°С), имеют также малые коэффициенты паропроницаемости $\mu = 0,02...0,03$ мг/(м·ч·Па). Учитывая эти свойства, а также достаточно высокую прочность, целесообразно утеплитель из пеностекла применять при устройстве теплоизоляции с внутренней стороны стены. В отличие от пеностекла минераловатные плиты, имеющие повышенную паропроницаемость $\mu = 0,3...0,6$ мг/(м·ч·Па) и относительно низкую прочность, целесообразно размещать с наружной стороны стены. Конструктивное решение теплозащиты во многом определяется принятой конструкцией наружного защитного слоя теплоизоляции. В настоящее время в практике используются в основном два подхода. При первом, защитный слой устраивается непосредственно по теплоизоляционному материалу, при втором защитный слой устраивается на отnose по отношению к теплоизоляции.

При первом подходе в качестве защитного слоя могут использоваться сухие отделочные материалы (например, гипсокартонные плиты), а также «мокрые» штукатурки (рис. 1).

Сухие отделочные материалы используются при размещении теплоизоляции с внутренней стороны помещения. При этом отделочные материалы могут приклеиваться к поверхности теплоизоляции или крепиться к направляющим механическими способами. Примером таких конструкций служат комплексные плиты фирмы «Тиги Кнауф», состоящие из пенопластовых плит с приклеенными к ним гипсокартонными листами (рис. 2). Гипсокартонные листы имеют покрытие из материалов, обладающих пароизоляционными свойствами. Комплексные плиты теплоизоляции клеятся к стенам на специальных клеях.

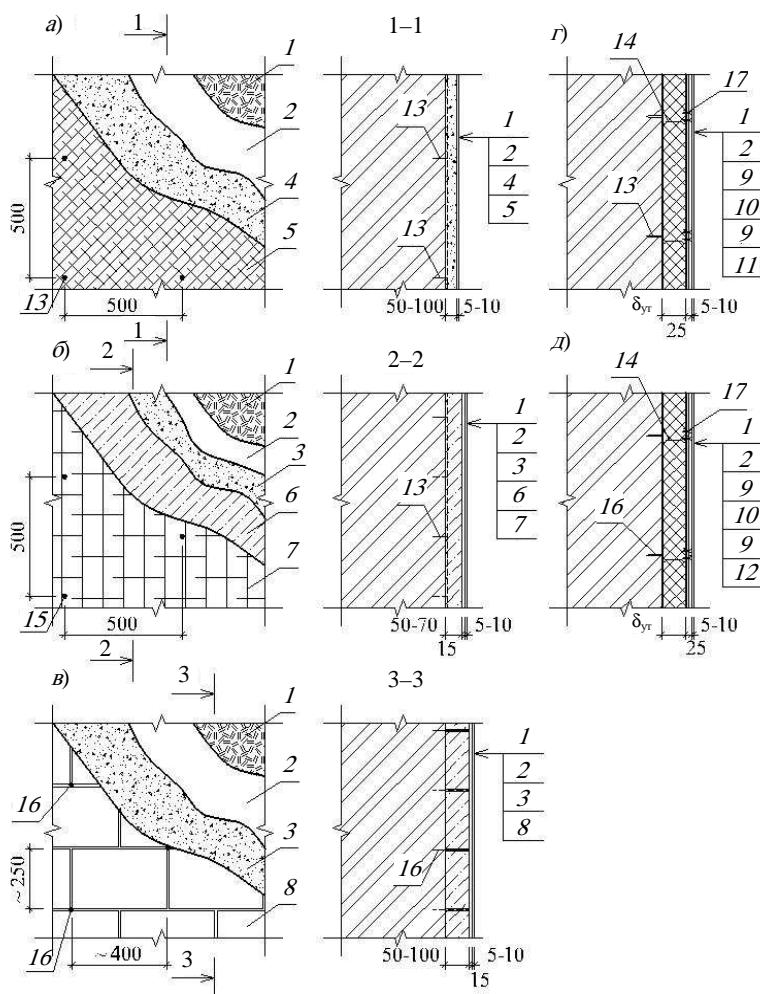


Рис. 1. Схемы утепления стен:

- а* – «тёплой» штукатуркой; *б* – лёгким бетоном; *в* – легкобетонными плитами;
г – полимерными материалами; *д* – минераловатными плитами;
1 – отделочный слой; *2* – финишная шпаклёвка; *3* – цементно-песчаный раствор;
4 – утепляющий раствор на основе неорганических и природных материалов;
5 – сетка стальная плетёная (ГОСТ 5336–80); *6* – лёгкий (ячеистый) бетон;
7 – стальная сетка из проволоки; *8* – легкобетонные плиты;
9 – листы обшивки (ГКЛ, магнезитовые плиты); *10* – пароизоляция (плёнка);
11 – пеноизол («жидкий пенопласт»); *12* – минераловатные плиты;
13 – дюбель с гвоздём; *14* – оцинкованный профиль; *15* – анкерный штырь
(костыль); *16* – стеклопластиковый дюбель; *17* – саморез

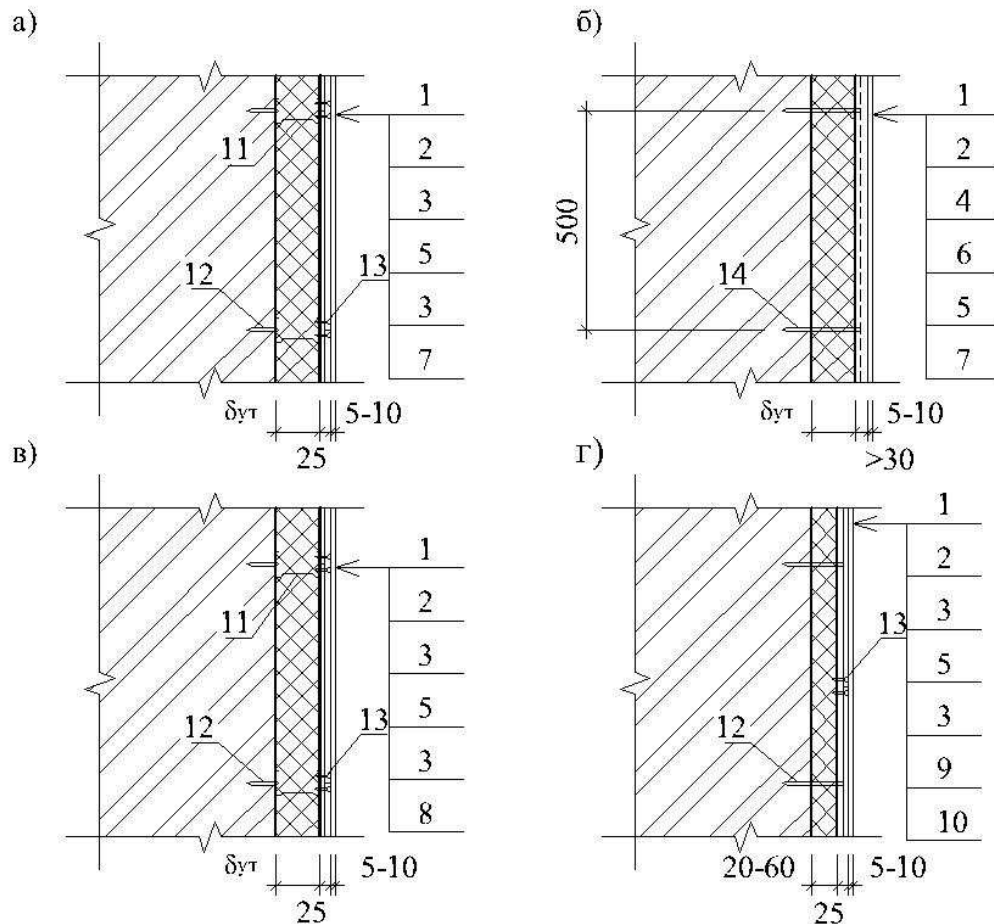


Рис. 2. Схемы утепления стен:

- а, б* – минераловатными плитами; *в* – полимерными материалами;
г – гипсовой комбинированной панелью с пенополистирольным слоем;
1 – отделочный слой; *2* – финишная шпаклёвка; *3* – листы обшивки
(ГКЛ, магнезитовые плиты); *4* – цементно-песчаный раствор; *5* – пароизоляция;
6 – стальная сетка из проволоки; *7* – минераловатные плиты; *8* – пеноизол
(«жидкий пенопласт»); *9* – пенополистирол; *10* – клей; *11* – оцинкованный профиль; *12* – дюбель с гвоз-
дём; *13* – саморез; *14* – анкерный штырь

Аналогичное решение может использоваться и при устройстве теплоизоляции из пеностекла. Плиты из пеностекла закрепляются к стене на клею или растворе и затем к ним приклеиваются листы гипсокартона. Из-за того, что пеностекло имеет малую паропроницаемость, в отделке может использоваться гипсокартон без повышенных требований к пароизоляции.

При механическом креплении сухого отделочного слоя между отделочными листами и теплоизоляцией устраивается пароизоляционный слой, например, из полимерной плёнки. Такое решение использу-

ется, как правило, при утеплении стен изнутри минераловатными плитами, размещаемыми между направляющими, закрепляемыми на стенах. Минераловатные плиты крепятся к стенам на клею или полимерными дюбелями. Листы облицовки с подложенной пароизоляцией крепятся к направляющим самонарезающими винтами и затем после обработки швов оклеиваются обоями.

«Мокрые» отделочные материалы применяются как при внутреннем, так и при наружном расположении теплоизоляции. В этих случаях на теплоизоляцию наносится штукатурный защитный слой. Штукатурка устраивается, как правило, по штукатурной сетке, закрепляемой на теплоизоляции путём механического крепления или приклеивания на специальных клеях.

При размещении теплоизоляции из минераловатных плит или подобных им материалов с внутренней стороны стены утеплитель располагается между направляющими и крепится к стене на клею или дюбелями. По направляющим натягивается полимерная плёнка, затем закрепляется штукатурная сетка и наносится штукатурный защитный слой. Как показывает практика, такое устройство теплоизоляции является достаточно сложным и ненадёжным в эксплуатации. Более приемлемо устройство «мокрой» отделки по утеплителю из пеностекла, газосиликатобетона и других подобных материалов, обладающих низкой паропрооницаемостью из-за закрытого строения пор. В этих случаях внутренний отделочный штукатурный слой может непосредственно наноситься на поверхность теплоизоляции. При выборе отделочного слоя необходимо учитывать его адгезию по отношению к теплоизоляции, а также соотношение линейных коэффициентов расширения материалов отделки и теплоизоляции. При большой разнице коэффициентов в отделочном слое возможно возникновение трещин или его отслоение от теплоизоляции.

Реже применяются способы утепления стен с внутренней стороны, путём напыления полимерных материалов (пенопластов или пенополиуретана) (рис. 2). Ограничение связано с созданием при производстве работ дискомфортных условий проживания или с необходимостью отселения жильцов.

Иногда утепление с внутренней стороны устраивают путём установки на откосе от стен облицовки с пароизоляционным слоем на её поверхности и затем последующей закачки в полость между стеной и облицовкой вспенённого утеплителя или раствора газобетонной смеси. Утеплитель в этих случаях приготавливают на месте. Подобный способ можно применять и при устройстве утепления на наружных поверхностях стен.

Важной задачей при расположении утеплителя внутри помещения является *устройство утепления в местах расположения «мостиков холода»*.

В основном «мостики холода» появляются в местах опирания плит перекрытия на наружные стены. Температура поверхности плит перекрытия на участке вблизи стены из-за недостаточного термического сопротивления часто бывает ниже температуры точки росы и в этой связи наблюдается выпадение конденсата. Для исключения этого, кроме основного слоя утепления, по плитам необходимо устанавливать дополнительное утепление со стороны пола и потолка.

Ширина утепляемого участка должна определиться из расчёта температурного поля конструкции в месте «мостика холода». Задача решается несколько раз при различной ширине утепления. Принимается вариант, при котором на границе утепления и по его поверхности температуры будет не ниже температуры точки росы.

Конструктивно дополнительное утепление решается следующим образом (рис. 3). Со стороны пола по поверхности плиты перекрытия укладываются дополнительные слои утепления толщиной не менее толщины теплоизоляционного слоя стены. Ширина материала устанавливается по теплотехническому расчёту, если же она принимается без расчёта, то должна быть не менее двух толщин теплоизоляционного слоя стены. Для дополнительного утепления может быть использован материал, применённый для теплозащиты стены, или более плотный материал.

Со стороны потолка по плите дополнительное утепление удобнее устраивать путём нанесения минеральной ваты с последующим оштукатуриванием по тканевой сетке. Возможно также устройство утепления путём приклеивания профилей из жестких пенопластов.

При размещении теплоизоляции с наружной стороны стены материал утеплителя крепится к стене пластмассовыми или металлическими дюбелями (см. прил. 2). На поверхность теплоизоляции по штукатурной сетке наносится штукатурка, состоящая, как правило, из нескольких слоёв. Штукатурная сетка крепится к теплоизоляции механическим способом (металлические сетки) или утапливается в нижний слой штукатурки (стеклотканевые сетки).

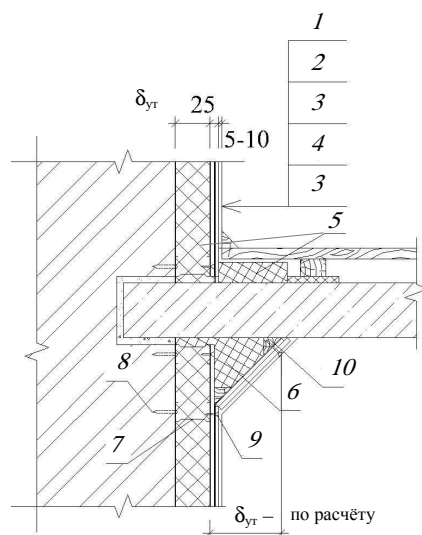


Рис. 3. Утепление в месте «мостика холода»:

- 1 – отделочный слой; 2 – финишная шпаклёвка; 3 – листы обшивки (ГКЛ, магнезитовые плиты); 4 – пароизоляция; 5 – минераловатные плиты; 6 – пеноизол (полиуретановая пена высокой плотности, минеральная вата); 7 – оцинкованный профиль; 8 – дюбель с гвоздём; 9 – саморез; 10 – деревянный брусок

Штукатурка, размещаемая на наружной поверхности, должна отвечать определённым требованиям. Она, в частности, должна иметь достаточное количество микропор, обеспечивающих удаление из материала утеплителя во время летней сушки накопившейся за зимний период влаги. В то же время штукатурка должна быть прочной, обеспечивающей восприятие эксплуатационных механических воздействий [12].

В настоящее время в практике утепления используется несколько комплексных систем теплоизоляции с использованием для защитных слоёв «мокрых» штукатурок (например, Baucolor, Henkel Bautechnik, Isover, Paroc, Dryvit, Синтеко, «Сэнарджи® – МвС», и др.). В некоторых системах утепления для защиты от механических повреждений и вандализма часто первый этаж утепляется с устройством вентилируемого фасада.

Устройство защитных слоёв на отnose (вентилируемые фасады) используются при расположении дополнительной теплоизоляции на наружной поверхности стен (см. прил. 2). При такой конструкции между теплоизоляцией и защитным слоем образуется воздушный зазор, вентилируемый наружным воздухом.

В настоящее время в практике утепления существует большой выбор различных систем вентилируемых фасадов как западных, так и отечественных производителей (например, Caparol, Alpolic, Luxsalon, Rannila, Алюком, Русалюмстрой, Гранитогрес, Spidi и др.). При этом практически каждая из них имеет свои конструктивные особенности, позволяющие решать ту или иную задачу, например: выравнивать неровности основания (несущих стен); уменьшить негативное влияние «мостиков холода»; обеспечить возможность крепления мелкогабаритной облицовки (без существенного удорожания подконструкции); обеспечить надёжное крепление теплоизоляционных плит.

Основными элементами конструкций утеплённой стены с вентилируемой прослойкой являются: конструкция стены, слой теплоизоляции, подконструкция и облицовочный слой.

Основное назначение подконструкции заключается в том, чтобы надёжно закрепить плиты облицовки и теплоизоляции к стене таким образом, чтобы между теплоизоляцией и облицовкой остался вентиляционный зазор.

Металлическая подконструкция (фахверк) состоит из кронштейнов, которые крепятся непосредственно на стену, и несущих профилей (направляющих), устанавливаемых на кронштейны. На несущие профили, образующую каркасную систему, с помощью специальных элементов крепежа монтируются плиты (листы) облицовки. Утеплитель фиксируется на наружной поверхности стены с помощью дюбелей, специальных профилей и т.п.

Облицовочные материалы в конструкции вентилируемого фасада выполняют защитно-декоративную функцию. Они защищают утеплитель, под облицовочную конструкцию и стену здания от повреждений, атмосферных воздействий и в то же время формируют эстетический облик здания. Кроме внешнего вида они отличаются друг от друга по материалу, размеру, типу крепления (видимое, невидимое) и т.д. Материалы, применяемые для изготовления облицовок, могут быть самые разнообразные, например: металлы, композитные материалы, бетоны, фиброцементы (цементно-волоконные материалы), керамический гранит, а также стёкла со специальным покрытием, ламинаты высокого давления и т.д.

Исходя из выше изложенного, в работе необходимо выполнить проектирование дополнительной теплоизоляции, т.е. дать её расчёт, разработать конструктивное решение теплозащиты и описать технологию устройства. Пример проектирования приведён в п. 4.

2. РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА ОДНОСЛОЙНОЙ МЕЖКВАРТИРНОЙ ПЕРЕГОРОДКОЙ

Внутренние стены и перегородки должны обеспечивать защиту помещений от проникающего из соседних помещений воздушного шума. При этом конструкция стены или перегородки должна обеспечивать изоляцию воздушного шума путём соответствия между фактическим индексом изоляции R_w^{ϕ} , дБ и нормативным индексом изоляции $R_w^н$, дБ, устанавливаемым для конкретного помещения СНиП 23-03–2003 [5]. Необходимо обеспечить условие $R_w^{\phi} \geq R_w^н$.

Причинами, требующими повышения изоляции воздушного шума внутренними стенами и перегородками, являются несоответствия их звукоизоляционных качеств требованиям норм. Это может быть связано с ужесточением норм звукоизоляции по сравнению с нормами, действующими во время строительства, а также с изменением назначения помещения или с изменением функции ограждения. Например, при реконструкции здания в результате перепланировки часть межкомнатных перегородок становится межквартирными перегородками и в этой связи требуется повышение их звукоизоляционных качеств.

Повышение изоляции воздушного шума существующей стеной или перегородкой может быть достигнуто несколькими способами:

- увеличением массы конструкции путём нанесения на неё дополнительного слоя материала;
- устройством второй перегородки с массой, равной массе первой перегородки;
- устройством на перегородке гибких плит на отnose.

При первом варианте повышения звукоизоляции на конструкцию наносится дополнительный слой из бетона или тяжёлого раствора. Толщина слоя определяется расчётом, исходя из равенства $R_w^{\phi} = R_w^н$, где R_w^{ϕ} – фактический индекс изоляции воздушного шума конструкции, утяжелённый раствором или бетоном; $R_w^н$ – нормативный индекс изоляции воздушного шума.

Расчёт можно выполнять, пользуясь СНиП 23-03–2003 [5] и сводом правил СП 23-103–2003 [6].

При небольшой расчётной толщине дополнительный слой наносится оштукатуриванием по сетке, при большой толщине производится бетонирование конструкции торкретированием или другими способами.

При выборе данного варианта следует иметь в виду, что повышение звукоизоляции в этом случае почти всегда подчиняется «закону массы», согласно которому увеличение массы конструкции в два раза приводит к увеличению звукоизоляции на 6 дБ, что не всегда достаточно и эффективно.

Более приемлемым в большинстве случаев является способ повышения звукоизоляции переустройством одинарной перегородки в двойную путём установки второй дополнительной перегородки с массой, равной массе первой перегородки. Дополнительная перегородка должна быть установлена с воздушным зазором от первой перегородки. При этом величина зазора должна быть не менее 40 мм.

Звукоизолирующая способность отдельной перегородки зависит от массы перегородки и частоты звука. Оказывает на неё влияние также и косвенная передача звука через места сопряжения перегородок с перекрытием. Теория расчёта звукоизоляции отдельными перегородками достаточно сложна, поэтому в

практике при расчётах часто используют приближённые расчётные методы. В работе расчёт можно выполнять, пользуясь методикой, изложенной в СНиП II-12-77 [7] и рассмотренной в пособии [8].

В зависимости от соотношения масс перегородки и плит перекрытия и от конструкции пола увеличение звукоизоляции составит 8 – 10 дБ, если этого будет недостаточно, необходимо предварительно увеличить массу исходной перегородки (например, путём оштукатуривания её тяжёлым раствором) и установить вторую перегородку с массой, равной массе утяжелённой перегородки.

В ряде случаев необходимая звукоизоляция обеспечивается закреплением на стене гибких плит на отnose. В качестве плит на отnose используют сухую штукатурку (гипсокартонные листы), древесностружечные плиты и т.п. Плиты прибиваются к каркасу (деревянные рейки, оцинкованные гнутые профили и т.п.), закреплённому к стене через упругие прокладки.

На звукоизоляцию такой конструкции оказывают влияние косвенные пути передачи звуковой энергии по прилегающим конструкциям, в частности, по перекрытиям. Величина косвенной передачи звуковой энергии зависит от соотношения масс конструкций стены (перегородки) и перекрытия.

При выполнении контрольного задания расчёт звукоизоляции перегородки с плитами на отnose можно выполнить, пользуясь методикой, изложенной в СНиП II-12-77 [7] и рассмотренной в пособии [8]. В случае, если этот вариант не сможет обеспечить требуемую звукоизоляцию, необходимо будет предварительно утяжелить конструкцию перегородки, (например, дополнительным оштукатуриванием) и после этого установить гибкие плиты.

В работе необходимо выполнить расчёт и проектирование дополнительной звукоизоляции перегородки для всех указанных выше способов повышения звукоизоляции и произвести выбор наиболее эффективного способа. Пример выполнения работы дан в п. 4 указаний.

3. РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО И УДАРНОГО ШУМА ПЕРЕКРЫТИЕМ

При реконструкции и в процессе эксплуатации здания нередко приходится менять конструкции полов. Проектирование новой конструкции пола производится по условиям обеспечения междуэтажным перекрытием требований звукоизоляции.

В отличие от вертикальных конструкций междуэтажные перекрытия должны обеспечивать изоляцию не только воздушного, но и ударного шума. При этом индекс изоляции воздушного шума перекрытием R_w^{ϕ} , должен быть не менее нормативного индекса изоляции воздушного шума R_w^H , т.е. $R_w^{\phi} \geq R_w^H$, а индекс приведённого уровня ударного шума под перекрытием L_{nw}^{ϕ} не должен превышать нормативный индекс приведённого ударного шума L_{nw}^H , т.е. $L_{nw}^{\phi} \leq L_{nw}^H$.

Обеспечение изоляции воздушного шума достигается соответствующей массой плиты перекрытия и устройством пола на упругом основании. При этом, если масса плиты такова, что за счёт её полностью обеспечивается требуемая изоляция воздушного шума, полы на упругом основании можно не устраивать, а выполнять их из рулонных материалов.

Изоляция ударного шума достигается устройством полов на упругом основании или, если изоляция воздушного шума полностью обеспечивается плитой перекрытия, укладкой по плитам перекрытия рулонных полов.

Полы на упругом основании могут выполняться в виде деревянных полов по лагам, уложенным на упругие звукоизоляционные прокладки или в виде покрытия пола, уложенного на монолитной или сборной стяжке по сплошному упругому звукоизоляционному полу.

В обоих случаях при проектировании необходимо производить подбор упругого слоя. Материал и толщина упругого слоя подбираются из условия обеспечения такой частоты резонанса колебательной системы перекрытия (масса плиты – упругий слой – масса плиты перекрытия), при которой будет обеспечиваться требуемая изоляция как воздушного, так и ударного шума.

В работе необходимо произвести расчёт и проектирование конструкции пола на упругом основании, обеспечивающем требуемые заданием индексы R_w^H и L_{nw}^H . Проектирование можно выполнить, пользуясь СНиП 23-03-2003 [5] и СП 23-103-2003 [6]. Пример проектирования дан в п. 4 указаний.

4. ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ И ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЯ

Задание. Выполнить расчёты и проектирование дополнительной теплоизоляции наружной стены, дополнительной звукоизоляции перегородки, а также междуэтажного перекрытия по условиям защиты от воздушного и ударного шума.

Исходные данные: место строительства здания – Тамбов; материал наружных стен – кладка из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе с $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$; толщина стен – 0,51 м; материал дополнительной теплоизоляции – минераловатные плиты ТЕХНОФАС (ТУ 5762-043-17925162–2006) с $\gamma_0 = 145 \text{ кг/м}^3$; место расположения теплоизоляции – с наружной стороны; отделка по теплоизоляции защитно-декоративным слоем из тонкослойной штукатурки; нормативный индекс изоляции воздушного шума перекрытием $R_w^H = 56 \text{ дБ}$; нормативный индекс приведённого ударного шума под перекрытием $L_{nw}^H = 55 \text{ дБ}$; нормативный индекс изоляции воздушного шума перегородкой $R_w^H = 52 \text{ дБ}$; материал перегородки – гипсобетон с $\gamma_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$; толщина перегородки – 0,12 м; толщина железобетонных плит перекрытия сплошного сечения – 0,16 м; временная нагрузка на перекрытие – 200 Па; проектируемая конструкция пола – паркетный пол по монолитной стяжке на сплошном упругом слое.

4.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ СТЕН

Достоинства и недостатки принятого способа утепления

Кратко излагаются достоинства и недостатки заданного способа утепления (см. п. 1 указаний).

Краткая характеристика материала теплозащиты

Согласно задания на проектирование в качестве теплоизоляции используются минераловатные плиты ТЕХНОФАС на синтетическом связующем по ТУ 5762-043-17925162–2006 со средней плотностью $\gamma_0 = 145 \text{ кг/м}^3$. Минераловатные плиты ТЕХНОФАС предназначены для использования в качестве теплоизоляционного слоя в системах утепления с оштукатуриванием поверхности по армирующей сетке наружных стен при новом строительстве и реконструкции зданий и сооружений различного назначения. Плиты выпускаются размерами: длина 1000 и 1200 мм; ширина 500 и 600 мм; толщина 40 – 150 мм с шагом 10 мм. Температура применения от $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+200 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура плавления волокон $1000 \text{ }^\circ\text{C}$. Кроме указанных характеристик материала следует также указать его физико-механические характеристики, экологичность, гигиеничность, показатель огнестойкости и т.д. (см. п. 1 указаний).

Расчёт толщины дополнительной теплоизоляции

Исходные данные к расчёту:

1. Место расположения здания – г. Тамбов.
2. Материал стены – кладка из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе с $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$. Толщина стен – 0,51 м. Стена изнутри оштукатурена цементно-песчаным раствором с $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$. Толщина слоя штукатурки – 0,03 м.
3. Материал дополнительной изоляции – минераловатные плиты ТЕХНОФАС (ТУ 5762-043-17925162–2006) с $\gamma_0 = 145 \text{ кг/м}^3$.
4. Отделочный слой по теплоизоляции – штукатурный раствор с $\gamma_0 = 1700 \text{ кг/м}^3$. Толщина штукатурного слоя 0,01 м.
5. Расчётная температура и относительная влажность внутреннего воздуха $t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\phi_{int} = 55 \text{ \%}$ [11; 4, табл. 1].
6. Климатические данные г. Тамбова: климатический район строительства – ПВ [9, рис. 1]; зона влажности – сухая [1, прил. В]; расчётная температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 – $t_{ext} = -28 \text{ }^\circ\text{C}$, продолжительность и средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8 \text{ }^\circ\text{C}$ – $z_{ht} = 201 \text{ сут.}$ и $t_{ht} = -3,7 \text{ }^\circ\text{C}$ [9, табл. 1].

7. Другие необходимые коэффициенты и показатели в расчётных формулах: $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$ [1, табл. 7]; $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$ [4, табл. 8]; $\Delta t_n = 4,0 \text{ °C}$ [1, табл. 5]; $n = 1$ [1, табл. 6].

Порядок расчёта: расчёт производится из условия энергосбережения и ограничения температуры на внутренней поверхности ограждающей конструкции, т.е. должны выполняться условия $R_{des} \geq R_{req}$ и $\Delta t_0 \leq \Delta t_n$.

1. По [1, табл. 1 и табл. 2] устанавливаем, что влажностный режим помещения – нормальный, а условия эксплуатации – А.

2. По [4, прил. Д] определяем теплотехнические характеристики материалов ограждения: для кладки из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе $\lambda_{кл} = 0,76 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$; для штукатурки из цементно-песчаного раствора $\lambda_{шт.в} = 0,76 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$; для сложного раствора (защитно-декоративная штукатурка) $\lambda_{шт.н} = 0,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$; для минераловатных плит ТЕХНОФАС $\lambda_{ут} = 0,042 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$.

3. По [1, табл. 4] вычисляем требуемое сопротивление теплопередачи

$$R_{req} = aD_d + b,$$

где D_d – градусо-сутки отопительного периода, $\text{°C} \cdot \text{сут.}$; a , b – коэффициенты, значения которых следует принимать по [1, табл. 4].

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-3,7)) \cdot 201 = 4763,7 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$$

$$R_{req} = 0,00035 \cdot 4763,7 + 1,4 = 3,07 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

4. Составляем общее выражение для сопротивления теплопередачи стены с теплоизоляцией R_0 [4, п. 9.1.2, формула (8)] и, приравняв его к найденному значению R_{req} , определяем необходимую толщину теплоизоляции, т.е.

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_{шт.в}}{\lambda_{шт.в}} + \frac{\delta_{кл}}{\lambda_{кл}} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_{шт.н}}{\lambda_{шт.н}} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = R_{req};$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{0,51}{0,76} + \frac{\delta_{ут}}{0,042} + \frac{0,01}{0,70} + \frac{1}{23} = 3,07.$$

Отсюда $\delta_{ут} = 0,092 \text{ м}$. Принимает толщину утеплителя $\delta_{ут} = 0,10 \text{ м}$.

5. Проверяем температурный перепад Δt_0 , °C , между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции. Для этого по [1, п. 5.8, формула (4)] вычисляем температурный перепад

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_0 \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 + 28)}{3,26 \cdot 8,7} = 1,69 \text{ °C} < \Delta t_n = 4 \text{ °C}.$$

Условие выполняется.

Таким образом, на основании расчёта установлено, что для обеспечения условия $R_0 \geq R_{req}$ необходимо устроить теплоизоляцию из минераловатной плиты ТЕХНОФАС с $\gamma_0 = 145 \text{ кг/м}^3$ толщиной не менее 100 мм.

Конструктивное решение и технология устройства теплозащиты

Согласно заданию на проектирование теплоизоляционный материал должен быть расположен с наружной стороны стены. Принципиальное конструктивное решение дано в графической части (см. прил. 2).

Дополнительная теплоизоляционная конструкция представляет собой многослойную систему, состоящая в основном из:

– слоя клеевого раствора, которым плиты утеплителя приклеены к поверхности наружной стены. Толщина слоя клеевого раствора может быть от 5 мм до 10 мм, в отдельных местах 15 мм;

– плитного утеплителя, закреплённого на наружной поверхности стены при помощи клеевого раствора и крепёжных элементов (дюбелей «тарельчатого» типа). Минераловатные плиты закрепляются дюбелями из расчёта 8 шт. на 1 м^2 ;

– двух слоёв гидрозащитного штукатурного раствора, между которыми уложена армирующая стеклосетка; толщина первого слоя гидрозащитного штукатурного раствора – 2 мм; толщина второго слоя – от 1 до 3 мм;

– слоя грунтовочного состава, наносимого за один раз на поверхность отвердевшего гидрозащитного штукатурного раствора;

– слоя декоративно-защитного раствора, толщина которого зависит от размера зёрен крупного заполнителя и может составлять от 1,5 мм до 5 мм.

Устройство теплозащиты в соответствии с [12] должно выполняться в следующей технологической последовательности:

1. Производятся подготовительные работы, включающие очистку масляных пятен и других загрязнений, промывку водой с помощью агрегатов высокого давления и просушку поверхности стен, устранение неровностей и перепадов более 1 см, затирку трещин и других повреждений.

2. Закрепляются перфорированные цокольные профили по периметру цоколя. Профили крепятся к цоколю стальными распорными дюбелями на 300 – 400 мм ниже перекрытия подвала.

3. Огрунтовываются поверхности стены грунтовочным составом.

4. Приготавливаются из сухой смеси и воды клеевая растворная смесь.

5. Наносится клеевая растворная смесь на поверхность плит утеплителя и производится их приклеивание к стене.

6. Устраивается дополнительное крепление плит утеплителя к стене стеклопластиковыми дюбелями «тарельчатого» типа.

7. Производится заполнение уплотняющим материалом мест примыкания плит утеплителя к оконным и дверным коробкам, а также мест соединения плит утеплителя с карнизной плитой.

8. Приготавливается из сухой смеси и воды клеевая растворная гидрозащитная смесь и наносится на поверхность утеплителя.

9. Укрепляются наружные углы оконных и дверных проёмов армирующими элементами из стекло-тканевой сетки.

10. Укрепляются торцы стен первого этажа, а также периметры оконных проёмов здания перфорированными уголками и приклеиваются стеклосетки по всему фасаду здания.

11. Огрунтовываются поверхности гидрозащитного раствора грунтовочным составом.

12. Приготавливаются из сухой смеси и воды декоративные штукатурные составы.

13. Оштукатуриваются поверхности фасада декоративной штукатуркой.

14. Укрепляются на оконных проёмах металлические отливы.

15. Производится окраска фасада здания красками или гидрофобными составами.

Принципы устройства подобной теплоизоляции показаны на рис. П2 – П.4 в прил. 2.

Следует иметь в виду, что в прил. 2 на рис. П2 – П6 приведены принципиальные схемы устройства теплоизоляции стен. При выполнении работы в графической части необходимо указать конкретное конструктивное решение с соответствующими размерам и применяемыми материалами. Состав чертежей графической части работы дан на рис. П1 прил. 2.

4.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА ПЕРЕГОРОДКОЙ ЗДАНИЯ

Исходные данные: нормативный индекс изоляции воздушного шума перегородкой $R_w^H = 52$ дБ; материал перегородки – гипсобетон с $\gamma_0 = 1000$ кг/м³; толщина перегородки – 0,12 м; толщина железобетонных плит перекрытия сплошного сечения – 0,16 м; проектируемая конструкция пола – на сплошном упругом слое.

Необходимо рассмотреть три варианта повышения изоляции шума:

– путём увеличения массы перегородки;

– устройством второй перегородки с воздушным зазором;

– устройством гибких плит на отnose.

По результатам проектирования определить наиболее приемлемый вариант дополнительной изоляции.

Расчёт производится по [8] в соответствии со СНиП 23-03–2003 [5] и СП 23-103–2003 [6].

Порядок расчёта:

1. Определяем индекс изоляции воздушного шума перегородкой до устройства дополнительной изоляции. Используем для этого формулу (8) из [6]

$$R_w = 37 \lg m + 55 \lg K - 43, \text{ дБ},$$

где $m = \gamma \delta$ – поверхностная плотность перегородки, кг/м^2 (для ребристых конструкций принимается без учёта рёбер); K – коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жёсткости ограждения из бетонов на лёгких заполнителях по отношению к конструкциям из тяжёлого бетона с той же поверхностной плотностью [6, табл. 10].

При плотности $\gamma_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ коэффициент $K = 1,5$. Тогда

$$R_w = 37 \lg(1000 \cdot 0,12) + 55 \lg 1,5 - 43 = 43,6 \text{ дБ}.$$

Учитывая, что $R_w = 43,6 \text{ дБ} < R_w^{\text{н}} = 52 \text{ дБ}$, необходимо повысить звукоизоляцию перегородки.

2. Рассмотрим вариант повышения звукоизоляции за счёт увеличения массы конструкции.

Требуемая дополнительная поверхностная плотность конструкции Δm определяется из условия $R_w = R_w^{\text{н}}$. Тогда

$$R_w = 37 \lg m' + 55 \lg 1,5 - 43 = R_w^{\text{н}} = 52 \text{ дБ},$$

где m' – поверхностная плотность, при которой перегородка обеспечивает условия $R_w = R_w^{\text{н}}$.

Отсюда $\lg m' = (52 - 55 \lg 1,5 + 43)/37 = 2,31$ и $m' = 202 \text{ кг/м}^2$.

Тогда $\Delta m = m' - m = 202 - 120 = 82 \text{ кг/м}^2$.

Для дополнительного слоя можно принять тяжёлый раствор или бетон с плотностью 2000 кг/м^3 , тогда дополнительная толщина конструкции равна

$$\Delta \delta = 82/2000 = 0,041 \text{ м}.$$

3. Рассмотрим вариант повышения изоляции за счёт установки второй перегородки с плотностью, равной плотности первой перегородки.

Индекс изоляции воздушного шума $R_{w,\text{дв}}$, дБ, двойными перегородками следует определять по формуле (7) из [8] в зависимости от индекса изоляции воздушного шума одной плитой перегородки R_{w0} , определённого в соответствии с формулой (8) из [6] (см. пункт 2) и от величины ΔR_2 , учитывающей повышения изоляции воздушного шума за счёт установки второй плиты

$$R_{w,\text{дв}} = R_{w0} + \Delta R_2.$$

Для определения ΔR_2 вычисляем отношение \bar{m}

$$\bar{m} = \frac{m_1}{m_2},$$

где m_1 и m_2 , соответственно, поверхностные плотности несущей плиты перекрытия и примыкающей к ней перегородки.

$$\bar{m} = \frac{2500 \cdot 0,16}{1000 \cdot 0,12} = 3,33.$$

Величину ΔR_2 находим по [10 или 8, табл. П.6] в зависимости от \bar{m} и условия наличия или отсутствия пола на упругом основании. Имеем $\Delta R_2 = 10 \text{ дБ}$.

Тогда $R_{w,\text{дв}} = 43,6 + 10 = 53,6 \text{ дБ} > R_w^{\text{н}} = 52 \text{ дБ}$. Устройство второй перегородки обеспечивает требуемую звукоизоляцию.

4. Рассмотрим вариант повышения изоляции устройством гибких плит на относе.

Зная $\bar{m} = 3,33$ (см. пункт 3), вычисляем величину β по [8]

$$\beta = \bar{m} \sqrt{\left(\frac{c_1 \cdot h_1}{c_2 \cdot h_2}\right)^3} = 3,33 \sqrt{\left(\frac{3700 \cdot 0,16}{4000 \cdot 0,12}\right)^3} = 4,6,$$

где c_1, h_1 и c_2, h_2 – соответственно, скорости продольных волн в материале перекрытия и перегородки [8, 10] и их толщины.

По [10 или 8, рис. 10] по значениям \bar{m} и β при наличии пола на упругом основании находим поправку на увеличение звукоизоляции за счёт плит на отnose имеем $\Delta R_1 = 9,5$ дБ.

Тогда $R_{w,пл} = R_{w0} + \Delta R_1 = 43,6 + 9,5 = 53,1$ дБ $> R_w^н = 52$ дБ. Устройство гибких плит на отnose обеспечивает требуемую звукоизоляцию.

Конструктивные решения, повышающие изоляцию воздушного шума

Увеличение массы перегородки может быть выполнено в данном случае нанесением на перегородку бетона с одной стороны толщиной 45 мм (рис. 4, а). Бетон должен быть нанесён по сетке при возможности торкретированием. После нанесения бетона должна быть выполнена затирка поверхности. Возможно также устройство утяжеления перегородки путём прикладки к ней стенки из бетонных плит (рис. 4, б). Прикладку необходимо связывать с перегородкой стержнями, забиваемыми в гипсобетон, в местах швов кладки. Размеры плит определяются из удобства укладки по весу (не более 25 кг). В данном случае размеры плит должны быть не более 250×400 мм.

Устройство второй перегородки с воздушным зазором не менее 4 см можно выполнить кладкой из гипсобетонных мелкогазобетонных плит на цементно-песчаном растворе или из пазогребневых плит (рис. 4, в). С целью повышения жёсткости перегородки её армируют в рядах проволокой диаметром 3 – 5 мм. Проволоку крепят к анкерам, заделанным в стену. К плитам перекрытия перегородку крепят специальными анкерами. Важным моментом при установке второй перегородки является избежание связи её с существующей перегородкой. В противном случае образуются «звуковые мостики», снижающие звукоизолирующую способность двойной перегородки до звукоизолирующей способности одинарной перегородки с поверхностной плотностью, равной сумме плотностей двух перегородок. Для предотвращения проникновения шума через щели и неплотности швы и места опирания и примыканий тщательно заделывают раствором.

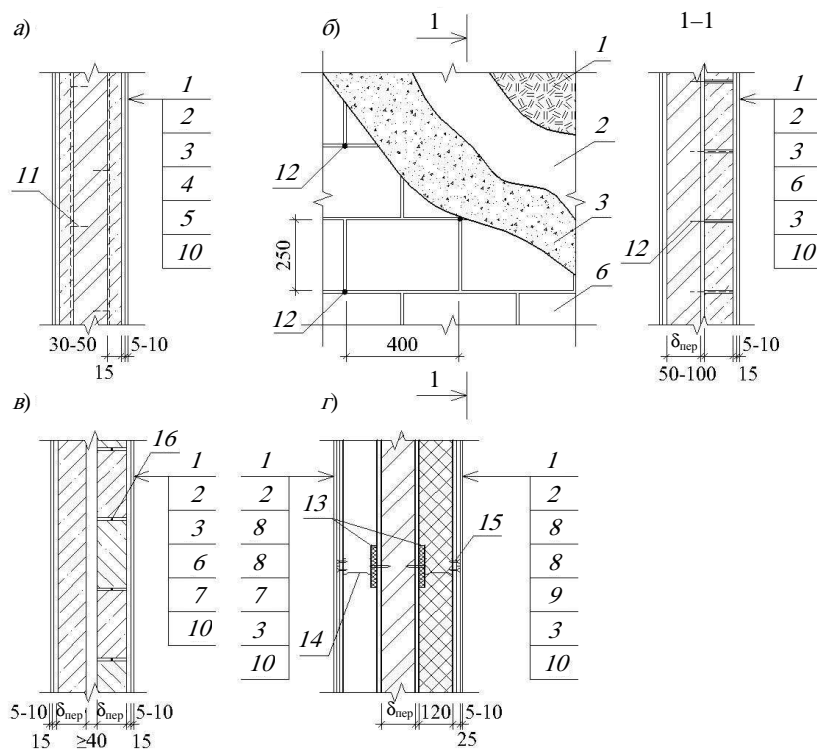


Рис. 4. Схемы повышения звукоизоляции:

- a, б* – увеличением массы; *в* – устройством второй перегородки; *г* – гибкими плитами на отnose; *1* – отделочный слой; *2* – финишная шпаклёвка; *3* – цементно-песчаный раствор; *4* – бетон (торкретбетон); *5* – сетка стальная плетёная (ГОСТ 5336–80); *6* – мелкогазобетонные плиты (пазогребневые); *7* – воздушный промежуток; *8* – листы обшивки (ГКЛ, магнезитовые плиты); *9* – минераловатные плиты; *10* – существующая перегородка; *11* – дюбель с гвоздём; *12* – анкерный штырь (стеклопластиковый дюбель); *13* – прокладка из упругого материала; *14* – оцинкованный профиль; *15* – саморез; *16* – арматура из проволоки

Конструкцию перегородки с гибкими плитами на отnose можно устроить креплением к перегородке листов сухой штукатурки (гипсокартонные листы, древесностружечные плиты, магнезитовые плиты и т.п.) через гнутые оцинкованные профили (или деревянных рейках) с упругими прокладками. Между плитами и перегородкой может оставаться воздушный зазор. Зазор также может заполняться минераловатными плитами (см. рис. 4, *г*). В последнем случае звукоизоляция несколько повышается.

После установки плит швы тщательно шпатлюются с армированием стеклотканевой лентой и оклеиваются обоями (рис. 4, *г*).

Как видно из результатов проектирования, в принципе возможно использование всех трёх вариантов. Недостатком первого варианта является большая материалоемкость и значительное увеличение нагрузки на здание. Недостатком третьего варианта является многодельность конструкции и ограниченные эксплуатационные возможности (например, нельзя повесить на перегородку тяжёлые предметы и т.д.). К разработке применяется второй вариант, как обладающий меньшей многодельностью при приемлемом увеличении нагрузки. Если устанавливаются более жёсткие требования по ограничению увеличения нагрузки, к разработке следует принять третий вариант.

Следует иметь ввиду, что на рис. 4 приведены принципиальные схемы. В графической части работы (см. прил. 2) необходимо давать конструктивные решения с соответствующими материалами и размерами.

4.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЛА НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Исходные данные для проектирования: нормативный индекс изоляции воздушного шума перекрытием $R_w^H = 56$ дБ; нормативный индекс приведённого ударного шума под перекрытием $L_{nw}^H = 55$ дБ; толщина железобетонных плит перекрытия сплошного сечения – 0,16 м; временная нагрузка на перекрытие – 2000 Па; проектируемая конструкция пола – паркетный пол по монолитной стяжке на сплошном упругом слое.

Необходимо произвести проектирование конструкции пола, обеспечивающей требуемые заданием индексы R_w^H и L_{nw}^H .

Расчёт произведён по [8] в соответствии со СНиП 23-03–2003 [5] и СП 23-103–2003 [6].

Порядок расчёта: вначале производим проектирование пола по условиям обеспечения перекрытием изоляции воздушного шума.

1. Определяем индекс изоляции воздушного шума плитой перекрытия. Используем для этого формулу (8) из [6] (см. пункт 2). Для железобетона $K = 1$. Тогда

$$R_{w0} = 37 \lg m + 55 \lg K - 43 = 37 \lg (2500 \cdot 0,16) + 55 \lg 1 - 43 = 53,3 \text{ дБ} < R_w^H = 56 \text{ дБ}.$$

Следовательно, плита без конструкции пола не обеспечит требуемой изоляции воздушного шума.

2. Подбираем конструкцию пола. Принимаем пол из штучного паркета, уложенного по водостойкой фанере толщиной 15 мм и монолитной стяжке с поверхностной плотностью 80 кг/м^2 , и звукоизоляционного слоя из минераловатных плит. Толщина стяжки из бетона плотностью 2000 кг/м^3 составляет 4 см. Звукоизоляционные плиты должны иметь динамический модуль упругости в пределах $3 \cdot 10^5 \dots 10 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и толщина плит в обжатом состоянии не должна быть более 25 мм. Принимаем по [6, табл. 16] минераловатные плиты на синтетическом связующем полужёсткие с плотностью 100 кг/м^3 .

Нагрузка на звукоизоляционный слой:

$$2000 \text{ (временная)} + 20000 \cdot 0,04 \text{ (стяжка)} + 7000 \cdot 0,025 \text{ (паркет)} + \\ + 6000 \cdot 0,015 \text{ (фанера)} = 3065 \text{ Па.}$$

Минераловатная плита при нагрузке на звукоизоляционный слой до 3065 Па (временная нагрузка на перекрытие и нагрузка от монолитной стяжки) имеет динамический модуль упругости $E_d = 4,36 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и относительное сжатие $\epsilon_d = 0,52$. Величины E_d и ϵ_d получены по линейной интерполяции в зависимости от фактической нагрузки (см. [6, табл. 16]).

3. Определяем по [6, формула 11] частоту резонанса конструкции перекрытия с принятой конструкцией пола.

$$f_p = 0,16 \sqrt{\frac{E_d (m_1 + m_2)}{d m_1 m_2}},$$

где m_1 – поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м^2 ; m_2 – поверхностная плотность конструкции пола выше звукоизоляционного слоя (без звукоизоляционного слоя), кг/м^2 ; d – толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии, м, определяемая по формуле

$$d = d_0 (1 - \epsilon),$$

где d_0 – толщина звукоизоляционного слоя в необжатом состоянии, м.

Принимаем минераловатные плиты с плотностью 100 кг/м^3 толщиной 4 см в необжатом состоянии, тогда в обжатом состоянии $d = 0,04 \cdot (1 - 0,52) = 0,019 \text{ м}$.

Определяем поверхностные плотности пола плиты перекрытия:

$$m_1 = 2400 \cdot 0,16 = 384 \text{ кг/м}^2; \quad m_2 = 2000 \cdot 0,04 \text{ (стяжка)} + 700 \cdot 0,025 \text{ (паркет)} + \\ + 600 \cdot 0,015 \text{ (фанера)} = 80 + 17,5 + 9 = 106,5 \text{ кг/м}^2;$$

$$\text{тогда } f_p = 0,16 \sqrt{\frac{4,36 \cdot 10^5 (384 + 106,5)}{0,019 \cdot 384 \cdot 106,5}} = 83,9 \text{ Гц} \approx 80 \text{ Гц}.$$

4. Определяем фактический индекс изоляции воздушного шума перекрытием с принятой конструкцией пола. По значениям $R_{и0}$ и f_p по [6, табл. 15] имеем $R_w = 57,3 \text{ дБ} > R_w^н = 56 \text{ дБ}$, требуемая изоляция воздушного шума данной конструкцией перекрытия обеспечивается.

Производим проверку принятой конструкции перекрытия по условиям изоляции ударного шума.

1. Определяем по [6, табл. 18] по поверхностной плотности плиты перекрытия её индекс приведённого уровня ударного шума. Для плотности 400 кг/м^2 имеем $L_{нw0} = 77 \text{ дБ}$.

2. Определяем частоту резонанса пола при действии ударного шума [6, формула 13].

$$f_0 = 0,16 \sqrt{\frac{E_d}{d m_2}} = 0,16 \sqrt{\frac{4,36 \cdot 10^5}{0,019 \cdot 106,5}} = 74,3 \text{ Гц} \approx 80 \text{ Гц}.$$

3. По значениям f_0 и $L_{нw0}$ по [6, табл. 17] определяем индекс приведённого уровня ударного шума под перекрытием. Имеем $L_{нw} = 51 \text{ дБ}$. Значение найдено по линейной интерполяции.

Так как $L_{нw} = 52,5 \text{ дБ} < L_{нw} = 55 \text{ дБ}$, перекрытие обеспечивает и изоляцию ударного шума.

Конструктивное решение запроектированного перекрытия

Перекрытие должно иметь конструкцию пола, уложенную по звукоизоляционному слою из минераловатных плит на синтетическом связующем (см. рис. 5, а).

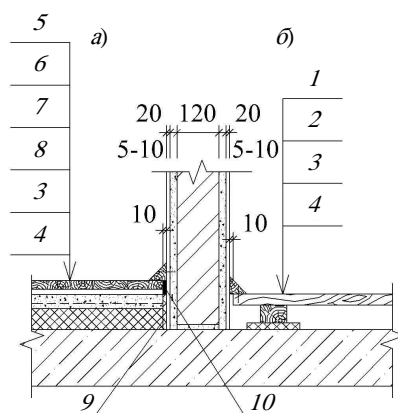


Рис. 5. Конструктивные решения узла примыкания пола на звукоизоляционном слое к перегородке (стене):

- а – «плавающий» пол; б – деревянный пол по лагам;
1 – шпунтованные доски; 2 – деревянные лаги с шагом 50 см; 3 – прокладка из звукоизоляционного материала; 4 – междуэтажное перекрытие;
5 – штучный паркет по мастике; 6 – водостойкая фанера;
7 – бетонная стяжка ($\delta \geq 4$ см) армированная сеткой; 8 – гидроизоляция;
9 – звукоизоляционная прокладка (пенотерм и т.п.); 10 – герметик

Плиты полужёсткие с плотностью 100 кг/м^3 . Толщина плит в необжатом состоянии должна быть 40 мм. По плитам укладывается монолитная стяжка из бетона на мелком заполнителе с плотностью 2000 кг/м^3 армированная сеткой из проволоки $\varnothing 4$ мм с ячейкой 100×100 мм. Перед устройством стяжки по минераловатным плитам должен быть уложен слой полимерной плёнки или пергамина, защищающий их от увлажнения влагой, поступающей из бетонной стяжки. По стяжке укладываются листы водостойкой фанеры на клеящей мастике с размерами сторон 60×60 см. При этом укладка фанеры производится по диагонали к направлению будущего покрытия, оставляя зазор 2–3 мм между листами и около 10 мм между краями листов и перегородками. Толщина многослойной фанеры определяется исходя из условия теплоусвоения [1, 4], но не менее 10 мм. Штучный паркет приклеивается к водостойкой фанере клеящими мастиками.

При устройстве необходимо избегать появления «звуковых мостиков» между плитой стяжки и другими конструкциями здания. Для этого должны быть устроены соответствующие разрывы (см. рис. 5, а).

Следует иметь в виду, что на рис. 5 приведены принципиальные схемы. В графической части работы (см. прил. 2) необходимо давать конструктивные решения с соответствующими материалами и размерами. При этом толщина звукоизоляционных прокладок указывается в необжатом состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 23-02–2003. Тепловая защита зданий. – М. : ФГУП ЦПП, 2004.
2. Леденёв, В.И. Физико-технические основы эксплуатации кирпичных стен : учебное пособие / В.И. Леденёв, И.В. Матвеева, П.В. Монастырёв. – М. : АСВ, 2008.
3. Гусев, Б.В. Теплотехнические особенности проектирования утеплённых наружных стен с вентилируемым фасадом : учебное пособие / Б.В. Гусев, В.А. Езерский, П.В. Монастырёв, Н.В. Кузнецова. – М. : АСВ, 2006.
4. СП 23-101–2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М. : ФГУП ЦПП, 2004.
5. СНиП 23-03–2003. Защита от шума. – М. : ФГУП ЦПП, 2004.
6. СП 23-103–2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. – М. : ФГУП ЦПП, 2004.
7. СНиП II-12–77. Защита от шума. – М. : Стройиздат, 1978.
8. Дёмина, А.В. Строительная и архитектурная акустика / А.В. Дёмина, О.Б. Дёмин, В.И. Леденёв. – М. : МИХМ, 1983.
9. СНиП 23-01–99*. Строительная климатология. – М. : ГУП ЦПП, 2003.
10. Ковригин, С.Д. Архитектурно-строительная акустика : учебное пособие для вузов / С.Д. Ковригин, С.И. Крышов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1986.
11. ГОСТ 30494–96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
12. СП 12-101–98. Технические правила производства наружной теплоизоляции с тонкой штукатуркой по утеплителю. – М. : ГУП ЦПП, 1998.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО Тамбовский государственный технический университет

Кафедра «ГС и АД»

ЗАДАНИЕ

к контрольной работе
по дисциплине «Техническая эксплуатация и ремонт зданий»
на тему «Физико-технические основы проектирования здания»
студенту гр. _____
шифр задания _____

Выполнить для жилого здания расчёты и проектирование дополнительной теплоизоляции стен и дополнительной звукоизоляции перегородок, и запроектировать конструкции пола междуэтажного перекрытия по условиям защиты от воздушного и ударного шума при следующих исходных данных:

Место строительства здания
(табл. П1) _____

Материал и толщина наружных стен
(табл. П1) _____

Материал дополнительной теплоизоляции
(табл. П2) _____

Место расположения теплоизоляции
(табл. П2) _____

Вид (конструкция) облицовочного материала
(табл. П2) _____

Нормативный индекс изоляции воздушного
шума
перекрытием (табл.
П3) _____

Нормативный индекс приведённого удар-
ного шума
под перекрытием (табл.
П3) _____

Нормативный индекс изоляции воздушно-
го шума
перегородкой (табл.
П3) _____

Материал и объёмная масса перегородки
(табл. П3) _____

Толщина перегородки
(табл. П3) _____

Толщина и вид железобетонных плит перекры-
тия
(табл.
П4) _____

Временная нагрузка на перекрытие
(табл. П4)

Проектируемая конструкция пола
(табл. П4)

Таблица П1

№ варианта	Район строительства	Материал и толщина наружных стен
0	Благовещенск (Амурская область)	Кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,51 \text{ м}$
1	Архангельск (Архангельская область)	Кладка из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,51 \text{ м}$
2	Белгород (Белгородская область)	Кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-шлаковом растворе $\gamma_0 = 1700 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,51 \text{ м}$
3	Улан-Удэ (Республика Бурятия)	Кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-перлитовом растворе $\gamma_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,51 \text{ м}$
4	Владимир (Владимирская область)	Кладка из трепельного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_0 = 1200 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,51 \text{ м}$
5	Вологда (Вологодская область)	Кладка из шлакового кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,51 \text{ м}$
6	Воронеж (Воронежская область)	Кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,38 \text{ м}$
7	Зима (Иркутская область)	Кладка из трепельного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_0 = 1200 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,38 \text{ м}$
8	Мариинск (Кемеровская область)	Кладка из шлакового кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,38 \text{ м}$
9	Арзамас (Нижегородская область)	Кладка из трепельного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,38 \text{ м}$

Таблица П2

№ варианта	Место расположения теплоизоляции	Материал дополнительной теплоизоляции	Вид (конструкция) облицовочного материала
0	С наружной стороны стены	Пенополистирол ПСБ-С-35	«Мокрая» тонкослойная штукатурка
1	С внутренней стороны стены	Пеностекло $\gamma_0 = 200$ кг/м ³	«Мокрая» штукатурка
2	С внутренней стороны стены	Плиты из стеклянного штапельного волокна «URSA» $\gamma_0 = 85$ кг/м ³ (www.ursa.ru)	«Сухая» штукатурка
3	С внутренней стороны стены	Пенополистирол ПСБ-С-35	«Сухая» штукатурка
4	С наружной стороны стены	Плиты из минеральной ваты ISOVER POLI-TERM 80 (www.isover.ru)	Вентилируемый фасад облицованный композитным материалом ALPOLIC
5	С наружной стороны стены	Плиты полужёсткие на синтетическом связующем $\gamma_0 = 125$ кг/м ³	Вентилируемый фасад облицованный композитным материалом ALPOLIC
6	С наружной стороны стены	Плиты из минеральной ваты ISOVER FASO-TERM PF (www.isover.ru)	«Мокрая» тонкослойная штукатурка
7	С наружной стороны стены	Плиты ТЕХНОФАС полужёсткие на синтетическом связующем $\gamma_0 = 145$ кг/м ³ (www.tn.ru)	«Мокрая» тонкослойная штукатурка
8	С внутренней стороны стены	Плиты полужёсткие на синтетическом связующем $\gamma_0 = 75$ кг/м ³	«Сухая» штукатурка
9	С наружной стороны стены	Плиты полужёсткие на синтетическом связующем $\gamma_0 = 125$ кг/м ³	Вентилируемый фасад облицованный керамогранитом

Таблица ПЗ

№ варианта	Нормативные для перекрытия индексы		Нормативный индекс изоляции воздушного шума $R_{нв}$, дБ	Материал перегородки и объёмная плотность γ , кг/м ³	Толщина перегородки δ , м
	изоляция воздушного шума $R_{нв}$, дБ	приведённого уровня ударного шума $L_{нв}$, дБ			
0	53	55	50	Керамзитобетон, 1200	0,10
1	54	57	51	Гипсобетон, 1200	0,08
2	54	58	51	Железобетон, 2400	0,08
3	55	57	52	Перлитобетон, 1200	0,09
4	54	60	52	Пенобетон, 1000	0,10
5	49	59	52	Шлакопемзобетон, 1700	0,08
6	51	60	53	Газобетон, 1200	0,08
7	54	55	52	Перлитобетон, 1400	0,12
8	53	57	53	Пенобетон, 600	0,10
9	55	55	52	Гипсобетон, 1000	0,09

Таблица П4

№ задания	Временная нагрузка на перекрытие, Па	Толщина плит перекрытия, м	Проектируемая конструкция пола
0	4000	0,16	паркетный пол по монолитной стяжке на сплошном упругом слое
1	2000	0,14	деревянные пол по

			лагам на упругой прокладке
2	2500	0,22 (многопустотная плита)	паркетный пол по монолитной стяжке на сплошном упругом слое
3	3000	0,16	паркетный пол по монолитной стяжке на сплошном упругом слое
4	2200	0,16	деревянный пол по лагам на упругой прокладке
5	3250	0,22 (многопустотная плита)	деревянный пол по лагам на упругой прокладке
6	1750	0,12	деревянный пол по лагам на упругой прокладке
7	2200	0,14	паркетный пол по монолитной стяжке на сплошном упругом слое
8	3100	0,16	паркетный пол по монолитной стяжке на сплошном упругом слое
9	2000	0,22 (многопустотная плита)	деревянный пол по лагам на упругой прокладке

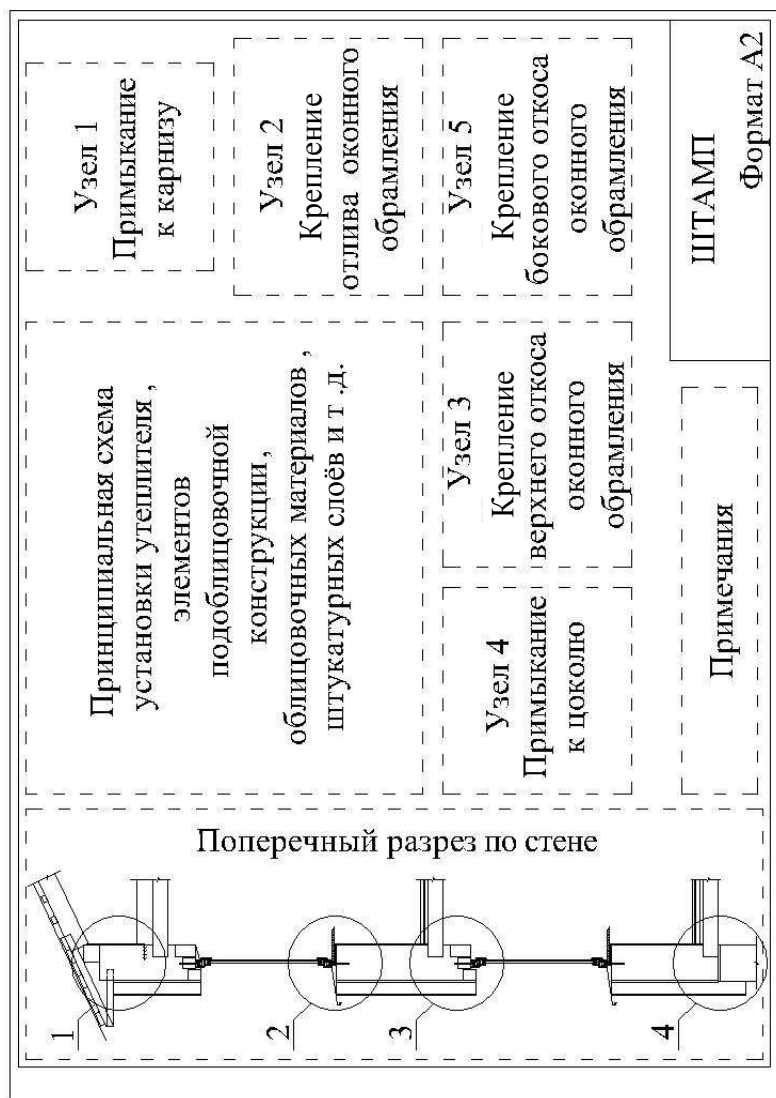


Рис. III. Компоновка графической части работы

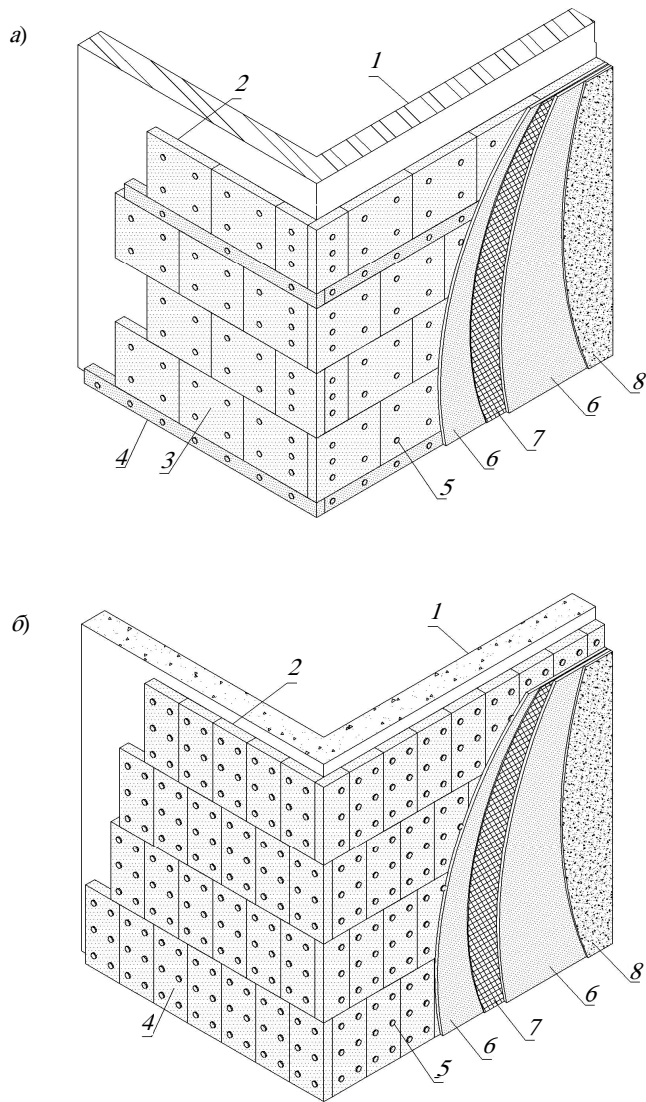


Рис. П2. Общая схема устройства наружного утепления с оштукатуриванием поверхности (Система Сэнарджи®):

а – система Сэнарджи® – ПпС-3; *б* – Система Сэнарджи® – МВС;

1 – строительное основание; *2* – полимерцементный раствор;

3 – пенополистирольная плита (ПСБС-25); *4* – минераловатные плиты;

5 – пластиковый дюбель «Тарельчатого» типа; *6* – полимерцементный раствор;

7 – стеклотканевая сетка марки «Основная»; *8* – декоративно-защитная штукатурка

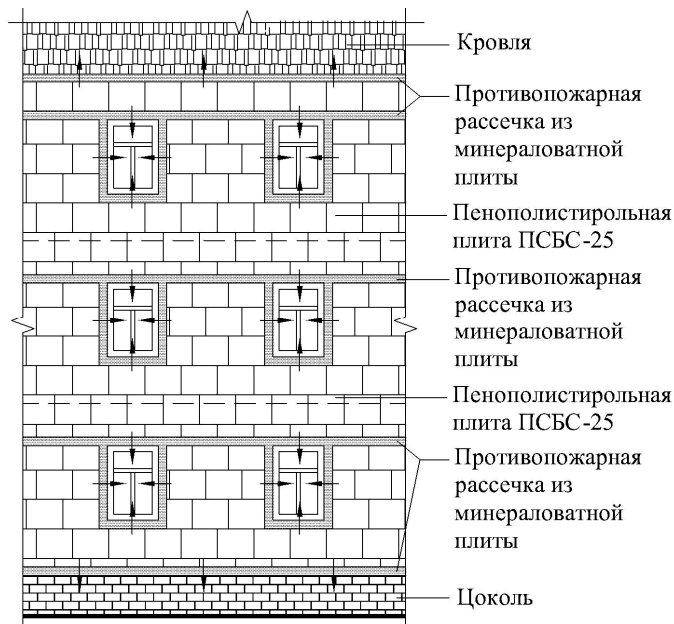


Рис. ПЗ. Принципиальная схема расположения плит утеплителя, противопожарных рассечек и места выведения стеклотканевых сеток для системы Сэнарджи® – ППС-3

Примечание:

1. Основной типоразмер пенополистирольных плит ПСБС-25 – 1000×1150 мм.
2. Крепление утеплителя к стене осуществляется наклейкой с использованием клеящих составов и механически тарельчатыми дюбелями из расчёта 4 шт. на 1 плиту.
3. Стрелками указаны направления выведения стеклотканевой сетки марки «Основная».
4. Основной типоразмер минераловатных плит в системе Сэнарджи® – МвС – 600×1000 мм и 600×1200 мм.

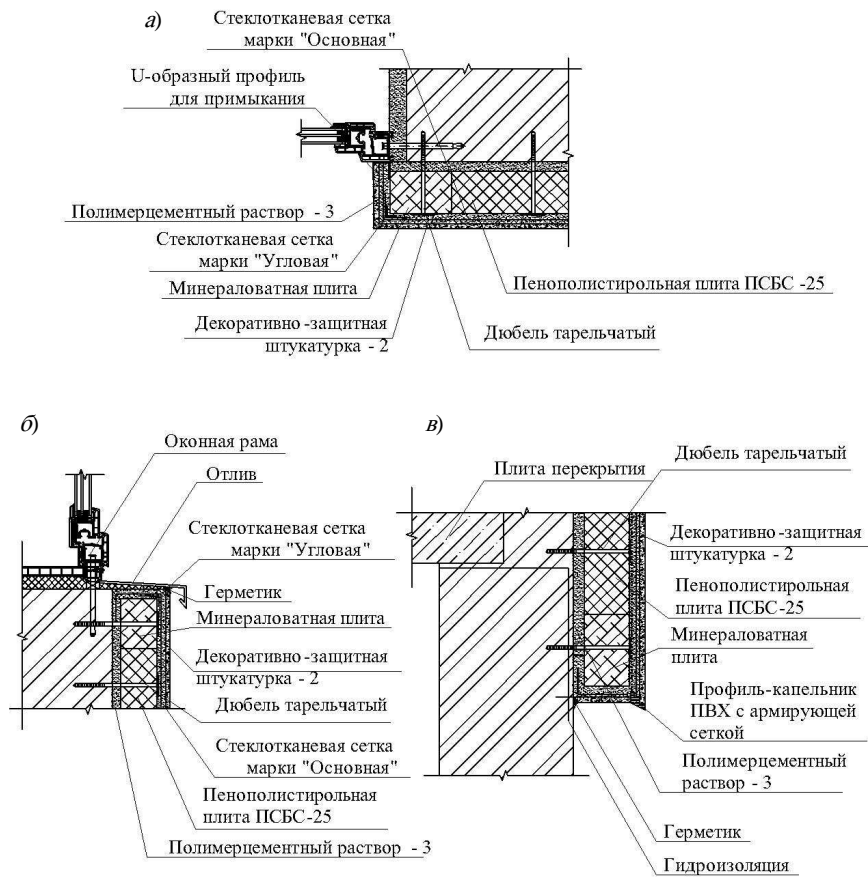


Рис. П4. Конструктивные узлы утепления с наружной стороны фасадной системой Сэнарджи® – ПпС-3:

а – крепление бокового откоса оконного обрамления (крепление верхнего откоса оконного обрамления);

б – крепление отлива оконного обрамления;

в – примыкание к цоколю

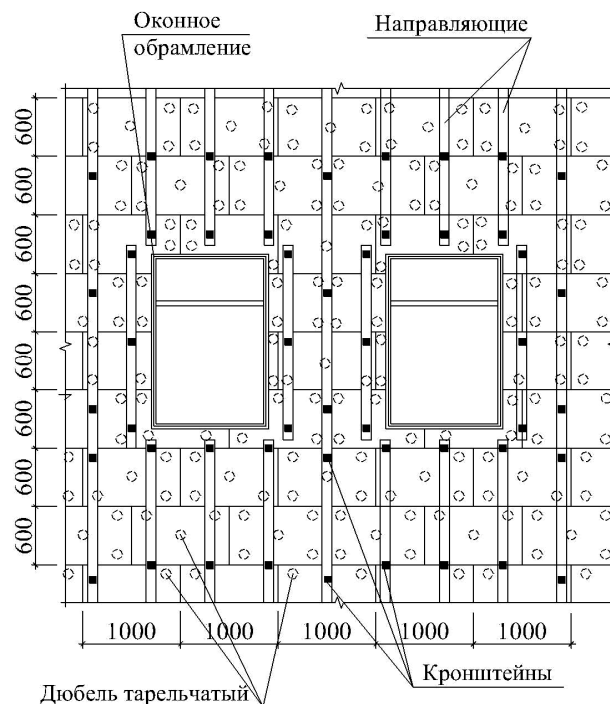


Рис. П5. Принципиальная схема установки плит утеплителя и элементов подоблицовочной конструкции навесной фасадной системы «Newton Systems» для облицовки плитами керамогранита с видимым креплением

Примечание:

1. Основной типоразмер минераловатных плит для вентилируемых фасадов – 600×1000 мм и 600×1200 мм.

2. Крепление утеплителя к стене осуществляется наклейкой с использованием клеящих составов и механически тарельчатыми дюбелями из расчёта 5 шт. на 1 плиту.

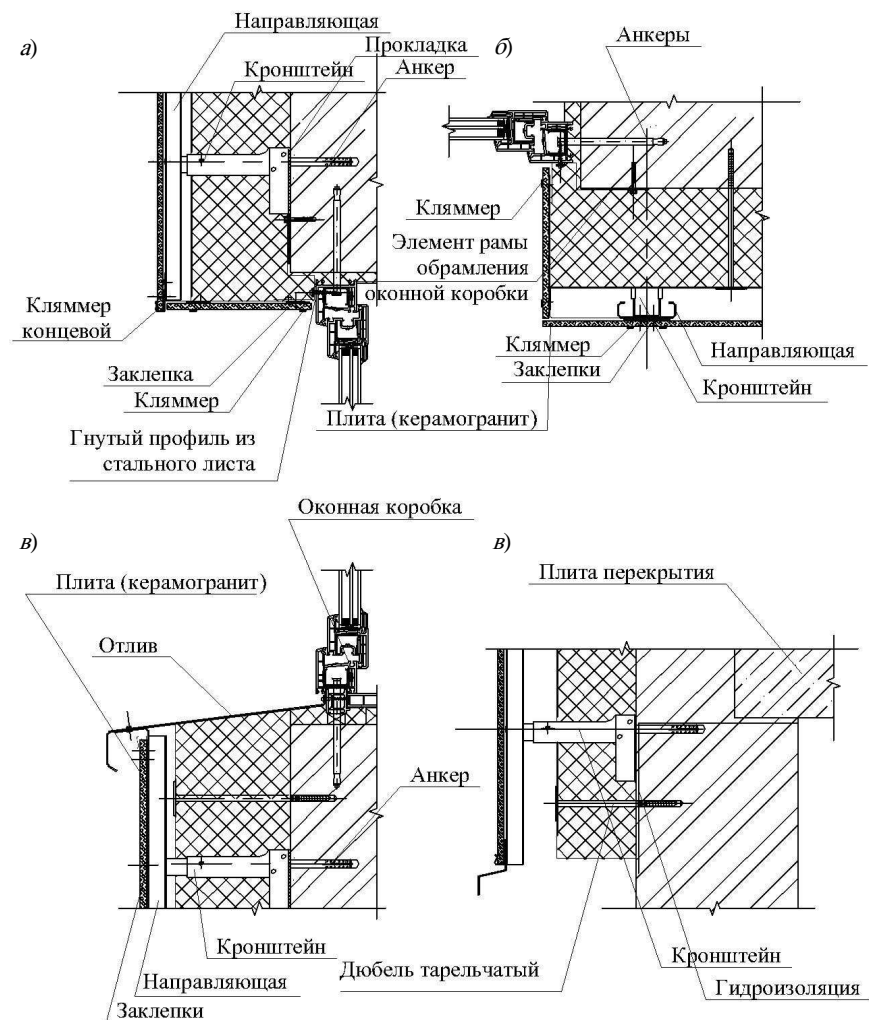


Рис. П6. Конструктивное решение узлов при утеплении с наружной стороны навесной фасадной системой «Newton Systems»:

а – крепление верхнего откоса оконного обрамления;

б – крепление бокового откоса оконного обрамления;

в – крепление отлива оконного обрамления;

г – примыкание к цоколю

