



федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук»  
(НИИСФ РААСН)

# СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Стандарт организации по применению ПЕНОПЛЭКС®  
в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей

*СТО 54349294-001-2015*

Санкт-Петербург  
2015





**СОГЛАСОВАНО:**

Директор  
НИИСФ РААСН

  
И.Л. Шубин

"03" \_\_\_\_\_ 2015 г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Генеральный директор  
ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»

  
Т.А. Протосеня

"20" \_\_\_\_\_ 2015 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Проректор  
ФГБОУ ВПО «МГСУ»

  
М.Е. Лейбман

"19" \_\_\_\_\_ 2015 г.

## СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

### ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОПЛЭКС® В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ПЕРВЫХ И ЦОКОЛЬНЫХ ЭТАЖЕЙ

СТО 54349294-001-2015



**РАЗРАБОТАНО:**

Старший научный сотрудник  
НИИСФ РААСН

  
П.П. Пастушков

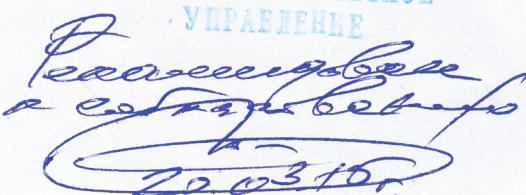
"3" \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАЗРАБОТАНО:**

Руководитель технического отдела  
ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»

  
А.В. Жеребцов

"3" \_\_\_\_\_ 2015 г.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ  
УПРАВЛЕНИЕ  
  
20.03.15г.

Санкт-Петербург

2015



#### РАЗРАБОТАН:

- ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН).
- ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб» (руководитель технического отдела Жеребцов А.В.).

#### СОГЛАСОВАН:

- ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», Национальный исследовательский университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ» НИУ).
- ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН).

#### ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Стандарт соответствует требованиям федерального закона от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»

Замечания и предложения следует направлять в ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»  
Адрес: 191014, Санкт-Петербург, Саперный пер. дом 1, лит. А. Телефон: +7 (812) 329-54-47,  
факс: +7 (812) 329-54-21, e-mail: [penoplex@penoplex.ru](mailto:penoplex@penoplex.ru), web: [www.penoplex.ru](http://www.penoplex.ru)

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве нормативного документа без разрешения ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб».

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	6
Рецензия	7
О технологии производства ПЕНОПЛЭКС®	9
Описание теплоизоляции ПЕНОПЛЭКС®	9
Раздел 1. Научно-технический отчет по теме «Влажностный режим ограждающих конструкций первых и цокольных этажей зданий с применением экструдированного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС®	11
Раздел 2. Научно-технический отчет по теме «Расчет удельных потерь теплоты групп узлов наружных ограждающих конструкций, входящих в альбом технических решений ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»	33
Раздел 3. Применение теплоизоляционных плит ПЕНОПЛЭКС® в ограждающих и несущих конструкциях с учетом обеспечения требуемых показателей огнестойкости и пожарной опасности. На основании заключений ФГБУ ВНИИПО МЧС России	59
Раздел 4. Отчет по теме «Исследование адгезии штукатурных и клеевых составов с плитами ПЕНОПЛЭКС® ФАСАД. На основании заключений "Московского Государственного Строительного Университета" (ФГБОУ ВПО "МГСУ")	89

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Цели и задачи разработки, а также использования стандартов организаций в РФ установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила разработки и оформления — ГОСТ Р 1.0-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения» и ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Настоящий стандарт нацелен на научно-техническую оценку наиболее эффективных и надежных систем теплоизоляции фасадов как с теплофизической позиции, так и с точки зрения требований огнестойкости и долговечности.

Современные строительные нормы и правила устанавливают требования к тепловой защите зданий в целях экономии энергии при обеспечении санитарно-гигиенических и оптимальных параметров микроклимата помещений и долговечности ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Сегодняшние нормы затрагивают часть общей задачи энергосбережения в зданиях. Одновременно с созданием эффективной тепловой защиты, в соответствии с другими нормативными документами, принимаются меры по повышению эффективности инженерного оборудования зданий, снижению потерь энергии при ее выработке и транспортировке, а также по сокращению расхода тепловой и электрической энергии путем автоматического управления и регулирования оборудования и инженерных систем в целом.

Проводимая в России в течение многих десятков лет политика «дешевых» энергоносителей привела к тому, что значительная доля построенных на данный момент зданий характеризуется крайне низким уровнем теплозащиты, а следовательно — недопустимо высокими затратами тепла на поддержание необходимых параметров микроклимата.

С учётом тенденции роста цен на энергоносители, повышение энергетической эффективности зданий и сооружений становится самой актуальной задачей отечественной строительной индустрии. Одним из главных требований федерального закона «Об энергосбережении» (в области нормирования характеристик зданий и сооружений) стало уменьшение теплопотерь и сокращение расхода топливно-энергетических ресурсов. На основе этого закона была разработана программа энергосбережения, включающая совершенствование нормативно-методической базы проектирования и перевод стройиндустрии на использование материалов и технологий, отвечающих современным требованиям.

### РЕЦЕНЗИЯ

на стандарт организации по применению ПЕНОПЛЭКС® в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей

Разработанный силами специалистов НИИСФ РААСН и ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб» стандарт организации по применению экструдированного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС® в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей будет полезен широкому кругу пользователей: проектировщикам, строителям, сотрудникам органов экспертизы и другим.

Настоящий стандарт состоит из 5 разделов, посвященных: расчетам удельных теплотерь групп узлов ограждающих конструкций, исследованиям влажностного режима, обеспечению пожарной безопасности, адгезии штукатурных и клеевых составов с плитами «ПЕНОПЛЭКС ФАСАД», монтажу систем теплоизоляции. Все рассмотренные вопросы имеют большую важность при проектировании и строительстве ограждающих конструкций первых и цокольных этажей.

Хотелось бы особо отметить результаты, представленные в первом разделе: «Расчет удельных потерь теплоты групп узлов наружных ограждающих конструкций, входящих в альбом технических решений ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб». Приведенные в данном разделе таблицы с расчетными характеристиками различных узлов конструкций с применением экструдированного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС® позволяют частично или полностью исключить расчеты температурных полей в процессе проектирования или экспертной оценки конструкций. Эти данные особенно актуальны в связи с началом обязательного применения СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» с 1 июля 2015 г., согласно Постановлению Правительства РФ от 26.12.2014 №1521, потому что являются готовым справочным материалом для проектировщиков и сотрудников органов экспертизы.



Так же хочется отметить результаты расчетов влажностного режима ограждающих конструкций, приведенные во втором разделе СТО. Подобные расчеты особенно актуальны именно для конструкций первых и цокольных этажей, т.к. они относятся к наиболее «уязвимым» в здании с точки зрения теплозащиты и защиты от переувлажнения. В данном разделе приведены значения эксплуатационной влажности конструктивных и теплоизоляционных материалов в составе типовых ограждающих конструкций для различных климатических условий строительства, и, что особенно важно, рассчитано влияние влажности на теплозащитные характеристики материалов.

В целом разработанный стандарт организации по применению ПЕНОПЛЭКС® в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей является законченным документом, выполненным на высоком научно-техническом уровне. Он обязательно найдет свой круг пользователей и при грамотном подходе сможет повысить качество проектирования и строительства в области своего применения.

Зав. кафедрой отопления и вентиляции МГСУ,  
доктор технических наук, профессор,  
член-корреспондент РААСН

*Гагарин* В.Г. Гагарин

Подпись В.Г.Гагарина заверяю



## О ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Теплоизоляция ПЕНОПЛЭКС® — это экструзионный (экструдированный) вспененный полистирол, изготавливаемый методом экструзии из полистирола общего назначения.

Процесс экструдирования полистирола разработан более 50 лет назад в США. Данный метод позволяет получить материал с равномерной структурой, состоящий из мелких, полностью закрытых ячеек с размерами 0,1–0,2 мм.

Экструзионный пенополистирол ТМ «ПЕНОПЛЭКС» получают путем смешивания гранул полистирола общего назначения при повышенной температуре и давлении с введением вспенивающего агента и последующим выдавливанием из экструдера.

Помимо изготовления экструзионного пенополистирола, компания «ПЕНОПЛЭКС СПб» занимается и производством сырья — полистирол общего назначения под ТМ «СТАЙРОВИТ» (GPPS). Таким образом, компания полностью контролирует производственный цикл, что позволяет избежать резкого падения качества материала, связанного со сменой поставщика (производителя) сырья.

Обращаем Ваше внимание, что все предлагаемые компанией «ПЕНОПЛЭКС СПб» продукты и технические решения имеют соответствующую разрешительную документацию либо проходили необходимые и обязательные испытания в аккредитованном органе или государственном учреждении.

Наряду с крупнейшими зарубежными производителями экструзионного пенополистирола в 2010 году компания «ПЕНОПЛЭКС СПб» перевела производственный цикл на бесфреоновую технологию производства плит. Это позволяет получить не только экологически чистый продукт, но и существенно снизить выбросы вредных веществ, способствующих разрушению озонового слоя.

## ОПИСАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ПЕНОПЛЭКС®

ПЕНОПЛЭКС® — оптимален для использования при утеплении внешних и внутренних ограждающих конструкций (например: цоколь, стены, фасадные системы, перегородки). Минимальное водопоглощение (менее 0,4% за 24 часа), низкая теплопроводность (эффективнее минеральной ваты в 1,4 раза, а пенополистирола (пенопласта) в 1,3 раза), легкость материала и пониженная группа горючести обеспечивают надежную защиту Вашего фасада в течение всего срока службы. Данный тип ПЕНОПЛЭКС® выпускается со специальными антипиреновыми добавками, которые позволяют исключить вероятность самостоятельного горения и сделать материал самозатухающим.

Таблица 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕНОПЛЭКС®

Физико-механические свойства		Технические нормы	Ед. изм.	ПЕНОПЛЭКС®
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, не менее		ГОСТ EN 826-2011	МПа (т/м²)	0,20 (20)
Предел прочности при статическом изгибе		ГОСТ 17177-94	МПа	0,25
Водопоглощение за 24 часа, не более		ГОСТ 15588-86	% по объему	0,4
Категория стойкости к огню		ФЗ-123	группа	Г3 (с антипиренами)
Коэффициент теплопроводности лаб.		ГОСТ 30256-94	Вт/м·°К	0,033
Стандартные размеры	толщина	ТУ 5767-006-54349294-2014	мм	20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150
	ширина			600
	длина			1200
Температурный диапазон эксплуатации		ТУ 5767-006-54349294-2014	°С	-100...+75

ПЕНОПЛЭКС® производится по ТУ 5767-006-54349294-2014.

Плиты ПЕНОПЛЭКС® изготавливают номинальных размеров 1200х600х(20 ... 200) мм.

## ОБОЗНАЧЕНИЕ И НАИМЕНОВАНИЕ

В условное обозначение плит ПЕНОПЛЭКС® должны входить:

- наименование торговой марки изделия;
- размеры в мм (толщина x ширина x длина);
- обозначение варианта обработки торца;
- обозначение вида обработки поверхности;
- обозначение настоящих технических условий.

Например, ПЕНОПЛЭКС® 100x600x1200 Т-20 ТУ 5767-006-54349294-2014.

## ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ

Плиты ПЕНОПЛЭКС® обладают достаточно высокой химической стойкостью к большинству используемых в строительстве материалов. Некоторые органические вещества могут привести к размягчению, усадке и даже растворению плит.

Высокая химическая стойкость к следующим веществам:

- **Кислоты (органические и неорганические)**
- **Растворы солей**
- **Едкие щелочи**
- **Хлорная известь**
- **Спирт и спиртовые красители**
- **Вода и краски на водной основе**
- **Аммиак, углекислый газ, кислород, ацетилен, пропан, бутан**
- **Фторированные углеводороды (фреоны)**
- **Цементы (строительные растворы и бетоны)**
- **Животное и растительное масло, парафин**

Низкая химическая стойкость к следующим веществам:

- **Ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол)**
- **Альдегиды (формальдегид, формалин)**
- **Кетоны (ацетон, метилэтилкетон)**
- **Простые и сложные эфиры (диэтиловый эфир, растворители на основе этилацетата, метилацетата)**
- **Бензин, керосин, дизельное топливо**
- **Каменноугольная смола**
- **Полиэфирные смолы (отвердители эпоксидных смол)**
- **Масляные краски**

Эксплуатировать теплоизоляционные плиты ПЕНОПЛЭКС® рекомендуется в диапазоне температур от -100 до +75 °С. В этом температурном режиме все физические и теплотехнические характеристики материала остаются неизменными.



## РАЗДЕЛ 1

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук»  
(НИИСФ РААСН)

### Раздел 1

Стандарта организации по применению ПЕНОПЛЭКС®  
в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей

#### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

По теме «Влажностный режим ограждающих конструкций  
первых и цокольных этажей зданий с применением  
экструдированного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС®»

Ответственный исполнитель:  
Кандидат технических наук  
Старший научный сотрудник



П.П. Пастушков

Москва  
2015

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	13
2. Исходные данные для расчетов	14
3. Оценка распределения влажности внутри ограждающих конструкций	22
4. Оценка эксплуатационной влажности материалов	28
5. Влияние эксплуатационной влажности на теплопроводность теплоизоляционных материалов	30
6. Заключение	31

## 1. Введение

В процессе эксплуатации зданий влажностное состояние материалов ограждающих конструкций изменяется в зависимости от конструктивных особенностей, свойств материалов, температурно-влажностных условий в помещениях, климатических условий района строительства. Влажностный режим определяет эксплуатационные свойства ограждающих конструкций здания. Он непосредственно влияет на теплозащитные свойства, коррозию металлических деталей, прочностные свойства, напряженно-деформированное состояние, долговечность и эстетику конструкций.

Расчеты влажностного режима позволяют решать различные задачи строительной теплофизики. Например, стационарная методика оценки влажностного режима из [1] позволяет проверить конструкцию по условиям недопустимости накопления влаги в ней за годовой период эксплуатации и ограничения влаги за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха. Расчеты по нестационарным методикам позволяют давать не только качественные оценки влажностного состояния ограждающих конструкций, но и конкретные количественные результаты по влагосодержанию в слоях строительных материалов. Основным результатом расчетов влажностного режима ограждающих конструкций по нестационарным методикам является распределение влажности по толщине конструкции в любой момент времени после начала эксплуатации. Из этого результата можно получить ответы на частные задачи:

- возможность выпадения конденсата между слоями материалов или на внутренней поверхности стены;
- срок удаления строительной влаги из конструкции;
- подбор оптимального варианта отделки стены для сокращения данного срока либо же с целью защиты от увлажнения косыми дождями;
- значение эксплуатационной влажности строительных материалов.

Один из главных вопросов, который возможно решить только после расчетов влажностного режима, является влияние эксплуатационной влажности на теплопроводность, а, следовательно, на энергоэффективность теплоизоляционных материалов. Данный вопрос наиболее актуален для ограждающих конструкций первых и цокольных этажей, т.к. во-первых, нижние этажи по ряду причин всегда являются наиболее «холодными» в здании, а во-вторых, стены этих этажей подвержены большему увлажнению.

Различают различные механизмы увлажнения теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях зданий. Кроме основных механизмов увлажнения: сезонного движения влаги в виде пара внутри конструкции, сорбирования влаги из наружного воздуха, увлажнения косыми дождями, конструкции первых и цокольных этажей подвергаются и другим влажностным воздействиям: капиллярное всасывание воды из грунта, технологическая мойка, длительное погружение в воду вследствие подтопления здания или затопления подвала и т.д. При этом расчет влажностного режима по нестационарной методике позволяет учесть не только изменяемые климатические условия, но и все механизмы увлажнения конструкции, которые были перечислены выше.

Нестационарные методы расчета влажностного режима известны с 30-х годов XX века [2], а в 1984 году в НИИ строительной физики было выпущено руководство по применению таких расчетов [3]. В последние два года силами НИИСФ РААСН проведена актуализация данного метода и выпущен новый стандарт [4].

В настоящем разделе представлены расчеты влажностного режима 5-ти основных вариантов ограждающих конструкций первых и цокольных этажей зданий с применением экструдированного пенополистирола для климатических условий 6-ти крупных городов строительства РФ.

## 2. Исходные данные для расчетов

Для проведения расчетов по математической модели, изложенной в [4], необходимы следующие исходные данные:

1) Характеристики граничных условий:

- температура наружного воздуха, переменная в течение года, принимаемая по [5];
- температура внутреннего воздуха, принимаемая в соответствии с условиями проектирования;
- относительная влажность наружного воздуха, переменная в течение года, принимаемая либо по [5];
- относительная влажность внутреннего воздуха, принимаемая в соответствии с условиями проектирования;
- коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности, принимаемые по [1].

Числовые значения этих величин необходимо иметь на начало каждого месяца, изменение их в течение месяца принять линейным.

2) Характеристики материалов конструкции.

В таблице 1 приведен необходимый для расчетов по предложенной математической модели ряд свойств материалов и методы их измерения

Табл. 1. Необходимые характеристики материалов

Наименование характеристики материала	Обозначение	Значения в таблицах	Методопределения
Плотность	$\rho$	СНиП 23-02-2003	ГОСТ 12730.1-78
Удельная теплоемкость	$c$	СНиП 23-02-2003	ГОСТ 23250-78
Теплопроводность	$\lambda$	СНиП 23-02-2003	ГОСТ 7076-99
Изотермасорбции	$\varphi(w)$		ГОСТ 24816-81
Коэффициент паропроницаемости	$\mu$	СНиП 23-02-2003	ГОСТ 25898-2012
Коэффициент капиллярного всасывания	$K$		Приложение А <sup>1</sup>
Коэффициент влажпроводности	$\beta$		Приложение Б, В

<sup>1</sup> Здесь и ниже указаны приложения [4]

3) Характеристики конструкции:

- толщина и порядок расположения однородных слоев в конструкции;
- места расположения пароизоляционных слоев и величина их сопротивления паропроницаемости;
- начальная (технологическая) влажность материалов конструкции.

## 2.1. Климатические данные

В настоящем разделе при расчетах принималось, что температура и влажность в помещении остаются постоянными в течение года и, согласно [6], равны: +20 °С и 55% соответственно.

Проведены расчеты для условий строительства в 6 крупных городах (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Новосибирск, Владивосток, Краснодар), находящихся в различных климатических зонах РФ. В табл. 2 и 3 представлены климатические данные из [5], рассчитанные на начало месяца, для рассмотренных городов строительства.

Таблица 2. Температура на начало месяца

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Москва	-8,75	-9,7	-6,75	0,05	8,15	13,95	17,05	17,2	13,5	7,5	1,2	-4,6
Санкт-Петербург	-6,4	-7,8	-5,85	-0,4	6,45	12,4	16,4	16,9	13,45	7,9	2,3	-2,65
Владивосток	-11,15	-11,45	-6,1	1,2	7,35	11,85	16,15	19,75	18,9	13,25	4,7	-4,75
Краснодар	-0,25	-1,1	1,85	7,8	14,15	18,85	22	23	20,15	14,5	8,5	3,35
Екатеринбург	-14,3	-14,55	-10,25	-2,1	6,35	12,55	16,15	16,05	12,05	5,2	-2,8	-9,95
Новосибирск	-17,65	-18,05	-13,7	-4,3	5,9	13,5	17,85	17,4	12,95	6	-3,65	-12,85

Таблица 3. Относительная влажность воздуха на начало месяца

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Москва	84,5	82,5	79,5	72	62	58,5	61	65,5	70,5	75,5	80	83,5
Санкт-Петербург	87	85	81	75,5	69,5	67	69,5	74	79	82,5	85,5	87,5
Владивосток	63,5	64	65,5	68	73	82,5	90	90	83	73	65	62,5
Краснодар	84,5	83,5	79,5	72,5	67,5	66,5	65	63,5	65,5	72	79	83
Екатеринбург	80,5	78	73,5	67,5	61	59	64	70	73,5	76	78	80
Новосибирск	81	79	78	74	64,5	62,5	69	74	76	76,5	79,5	82

## 2.2. Данные для конструкций и материалов

В настоящем разделе рассмотрены 5 основных вариантов ограждающих конструкций первых и цокольных этажей зданий. Каждому варианту условно присвоен номер (конструкция №1, №2 и т.д.).

Конструкции 1–3 стен первых или цокольных этажей зданий представляют собой системы со скрепленной теплоизоляцией (СФТК) в виде слоя XPS ПЕНОПЛЭКС®, смонтированного на основании из: монолитного бетона (конструкция №1), пустотелого кирпича (конструкция №2), автоклавного газобетона (конструкция №3), соответственно. Конструкции 4, 5 представляют собой стены из монолитного бетона (конструкция №4) / кирпичной кладки (конструкция №5), слоя утеплителя XPS ПЕНОПЛЭКС®, облицованного кирпичом.

Далее рассмотрены составы вариантов конструкций стен и характеристики материалов, необходимые для расчета, согласно табл. 1.

Изотермы сорбции материалов, используемых в рассмотренных конструкциях, представлены в табл. 4.

Все представленные здесь и далее характеристики материалов получены при лабораторных исследованиях, проведенных в НИИСФ РААСН.

Табл. 4. Изотермы сорбции материалов

Наименование материала	Сорбционная влажность, %, по массе, при температуре (20±2)°С и относительной влажности воздуха, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	97
Цементно-песчаная штукатурка	0,5	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,7	3,2	4,0
Штукатурка по газобетону	0,1	0,2	0,3	0,32	0,47	0,62	1,01	1,41	2,46	4,38
Монолитный бетон	0,15	0,3	0,4	0,45	0,55	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
Газобетон D400	0,1	0,2	0,25	0,33	0,4	0,43	0,805	1,18	2,19	5,34
Кирпич пустотелый	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,1	0,16	0,24	0,36	0,55
XPS ПЕНОПЛЭКС®	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,32	0,44	0,56	0,63	0,99

<sup>2</sup> Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями [7].

В табл. 5 представлены толщины слоя экструдированного пенополистирола в конструкции в различных городах строительства, необходимые для удовлетворения требований СНиП [1] в части тепловой защиты зданий.

Табл. 5. Толщина слоя XPS,  $\delta_{гг}$ , м, в различных городах строительства

Вариант конструкции	Санкт-Петербург	Москва	Краснодар	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток
Конструкция №1	0,09	0,09	0,07	0,1	0,11	0,09
Конструкция №2	0,08	0,08	0,06	0,09	0,1	0,08
Конструкция №3	0,04	0,04	0,03	0,05	0,5	0,03
Конструкция №4	0,08	0,08	0,06	0,09	0,1	0,08
Конструкция №5	0,08	0,08	0,05	0,09	0,09	0,08

## 1. Бетон – ПЕНОПЛЭКС® – тонкослойная штукатурка

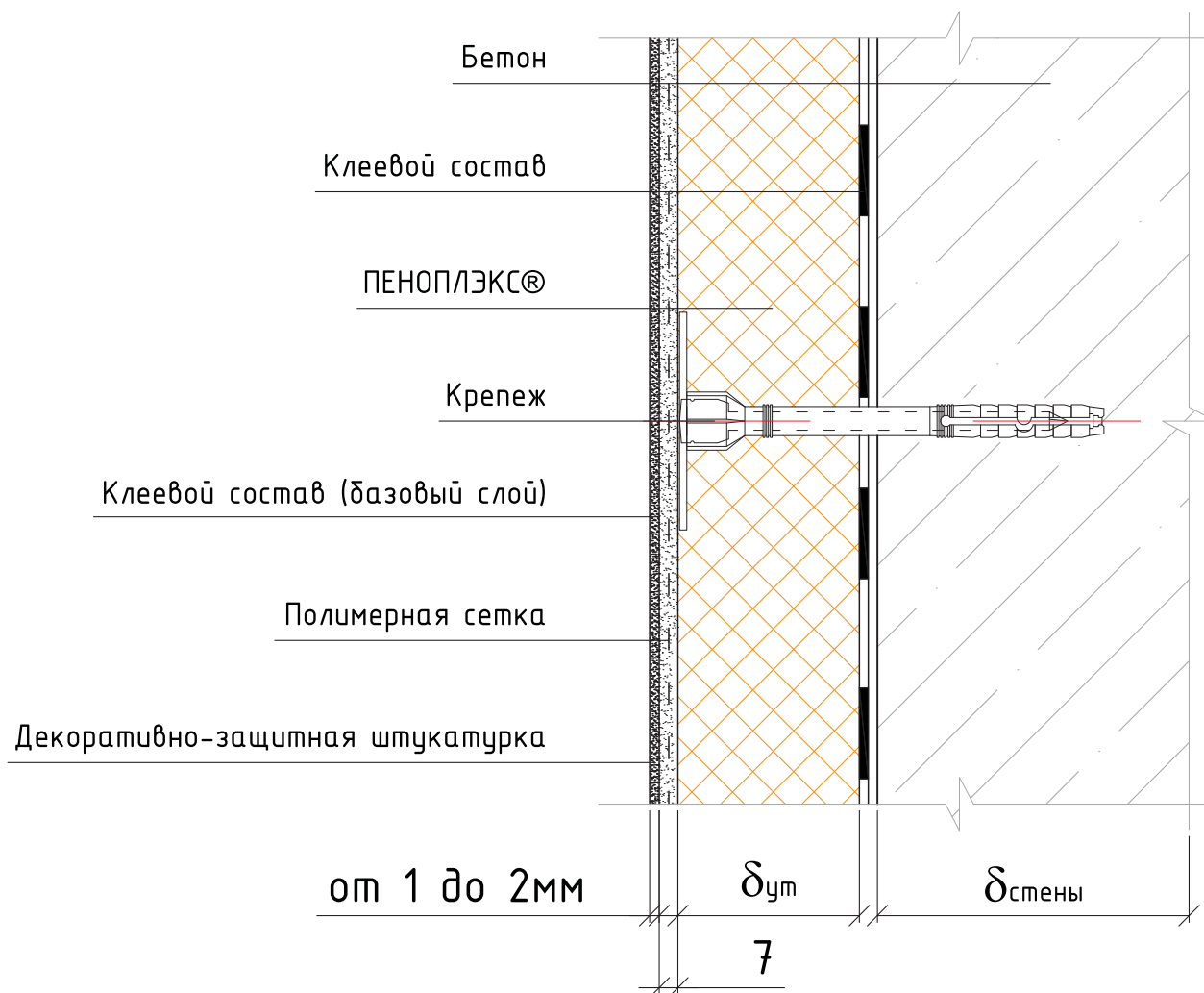


Рис. 1. Схема конструкции стены первого или цокольного этажа №1

Табл. 6. Конструкция №1 (толщины слоев и характеристики материалов)

Состав стены изнутри наружу	Толщина слоя, $\delta$ , м	Плотность, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации, $\lambda$ , Вт/м <sup>°C</sup>		Среднесуточная скорость капиллярного всасывания, см/ч	Коэффициент паропроницаемости, $\mu$ , мг/(м <sup>ч</sup> ·Па)
			А	Б		
Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,93	0,00125	0,09
Монолитный бетон	0,2	2500	1,92	2,04	0,00024	0,03
XPS ПЕНОПЛЭКС®	табл. 5	30	0,031	0,032	0,0000001	0,008
Наружный штукатурный слой	0,01	1550	0,76	0,93	0,004	0,05

## 2. Кирпич – ПЕНОПЛЭКС® – тонкослойная штукатурка

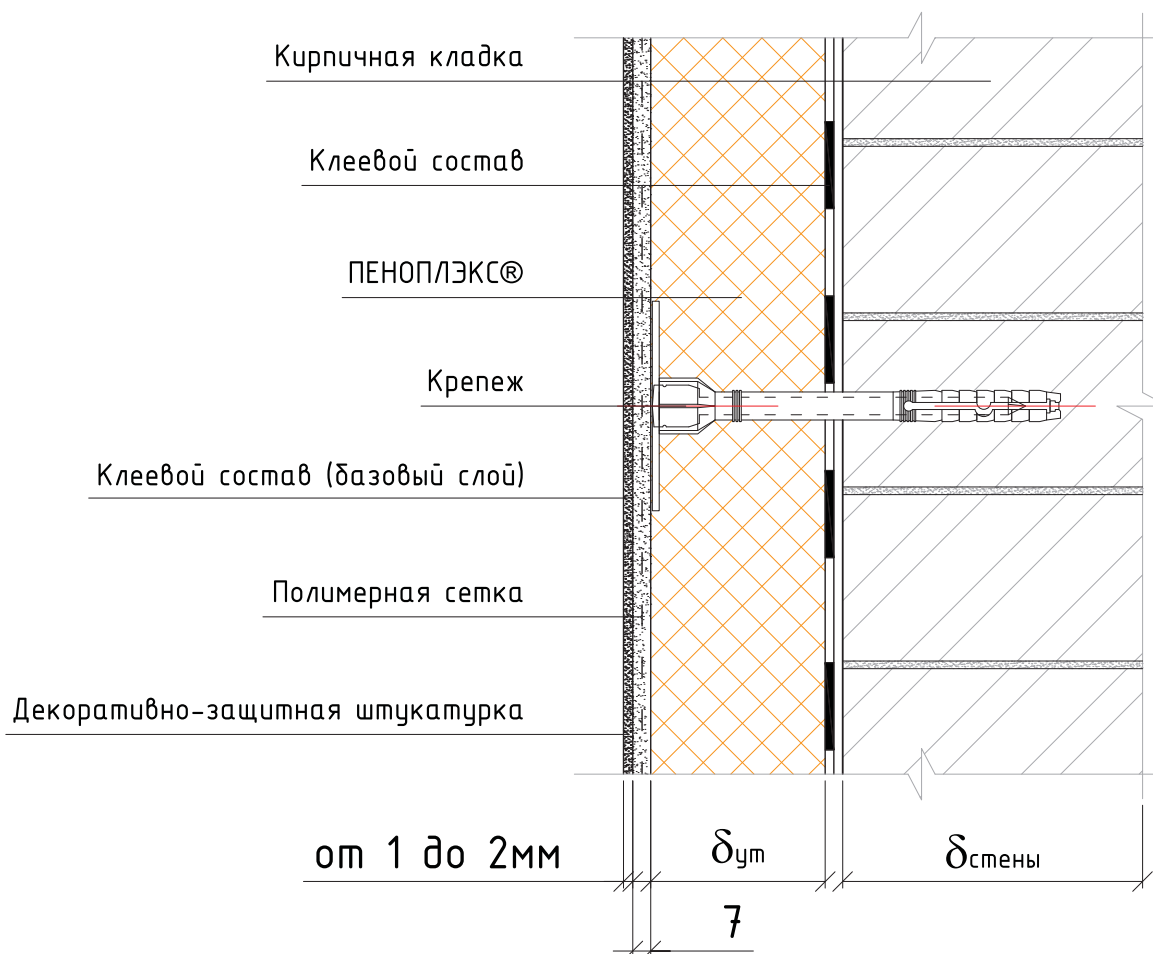


Рис. 2. Схема конструкции стены первого или цокольного этажа №2

Табл. 7. Конструкция №2 (толщины слоев и характеристики материалов)

Состав стены изнутри наружу	Толщина слоя, δ, м	Плотность, ρ, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации, λ, Вт/м <sup>2</sup> С		Среднесуточная скорость капиллярного всасывания, см/ч	Коэффициент паропроницаемости, μ, мг/(м ч Па)
			А	Б		
Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,93	0,00125	0,09
Кирпич пустотелый	0,25	1200	0,47	0,52	0,0043	0,17
Кирпич пустотелый	0,12	1200	0,47	0,52	0,0043	0,17
XPS ПЕНОПЛЭКС®	табл. 5	30	0,031	0,032	0,0000001	0,008
Наружный штукатурный слой	0,01	1550	0,76	0,93	0,004	0,09



### 3. Газбетон – ПЕНОПЛЭКС® – тонкослойная штукатурка

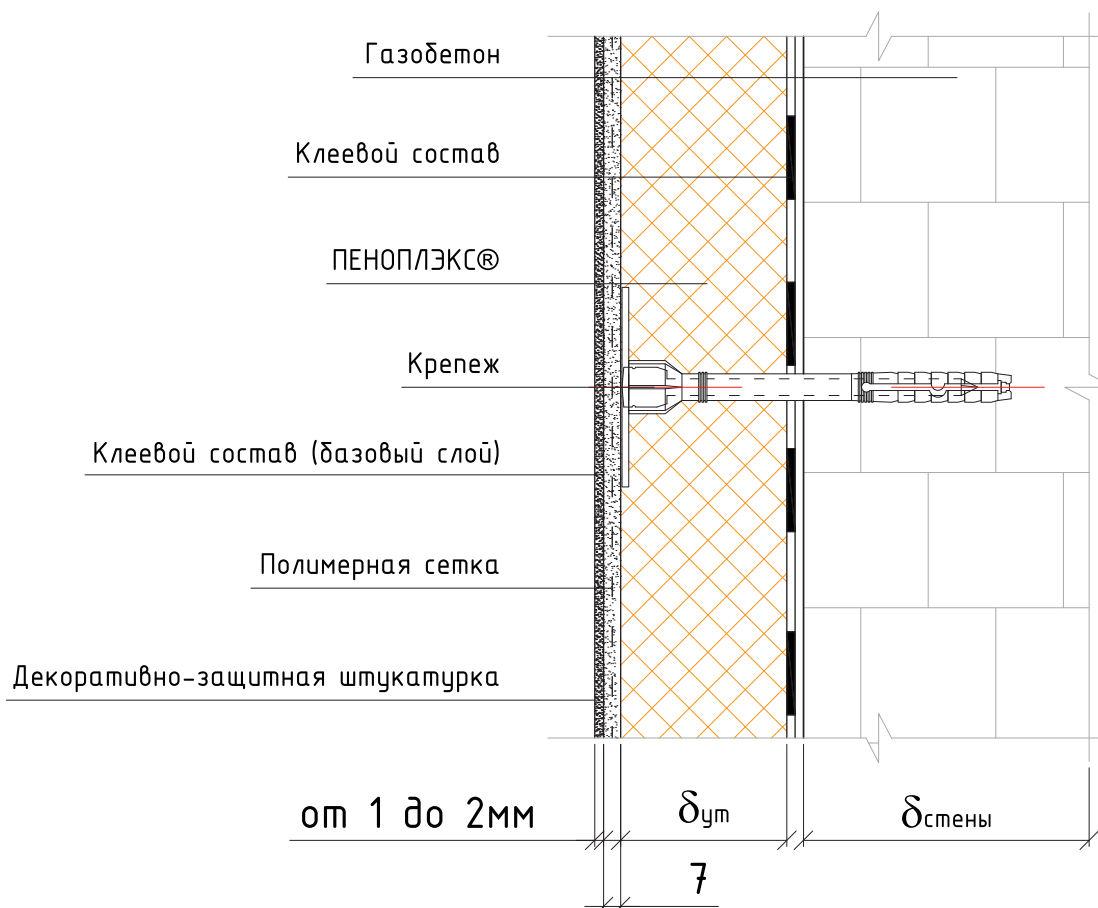


Рис. 3. Схема конструкции стены первого или цокольного этажа №3

Табл. 8. Конструкция №3 (толщины слоев и характеристики материалов)

Состав стены изнутри наружу	Толщина слоя, δ, м	Плотность, ρ <sub>0</sub> , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации, λ, Вт/м·°С		Среднесуточная скорость капиллярного всасывания, см/ч	Коэффициент паропроницаемости, μ, мг/(м·ч·Па)
			А	Б		
Штукатурка по газобетону	0,02	1550	0,76	0,93	0,004	0,05
Газобетон D400	0,3	410	0,14	0,15	0,08	0,135
XPS ПЕНОПЛЭКС®	0,05	30	0,031	0,032	0,0000001	0,008
Наружный штукатурный слой	0,01	1550	0,76	0,93	0,004	0,05

Для данной конструкции толщина слоя экструдированного пенополистирола для всех регионов строительства принята одинаковой (50 мм), т.к. расчеты с такой толщиной удовлетворяют нормативным требованиям по тепловой защите для всех рассмотренных городов строительства. Утолщение слоя XPS повысит уровень теплозащиты конструкции, но на значение эксплуатационной влажности не повлияет.

#### 4. Бетон – ПЕНОПЛЭКС® – кирпич

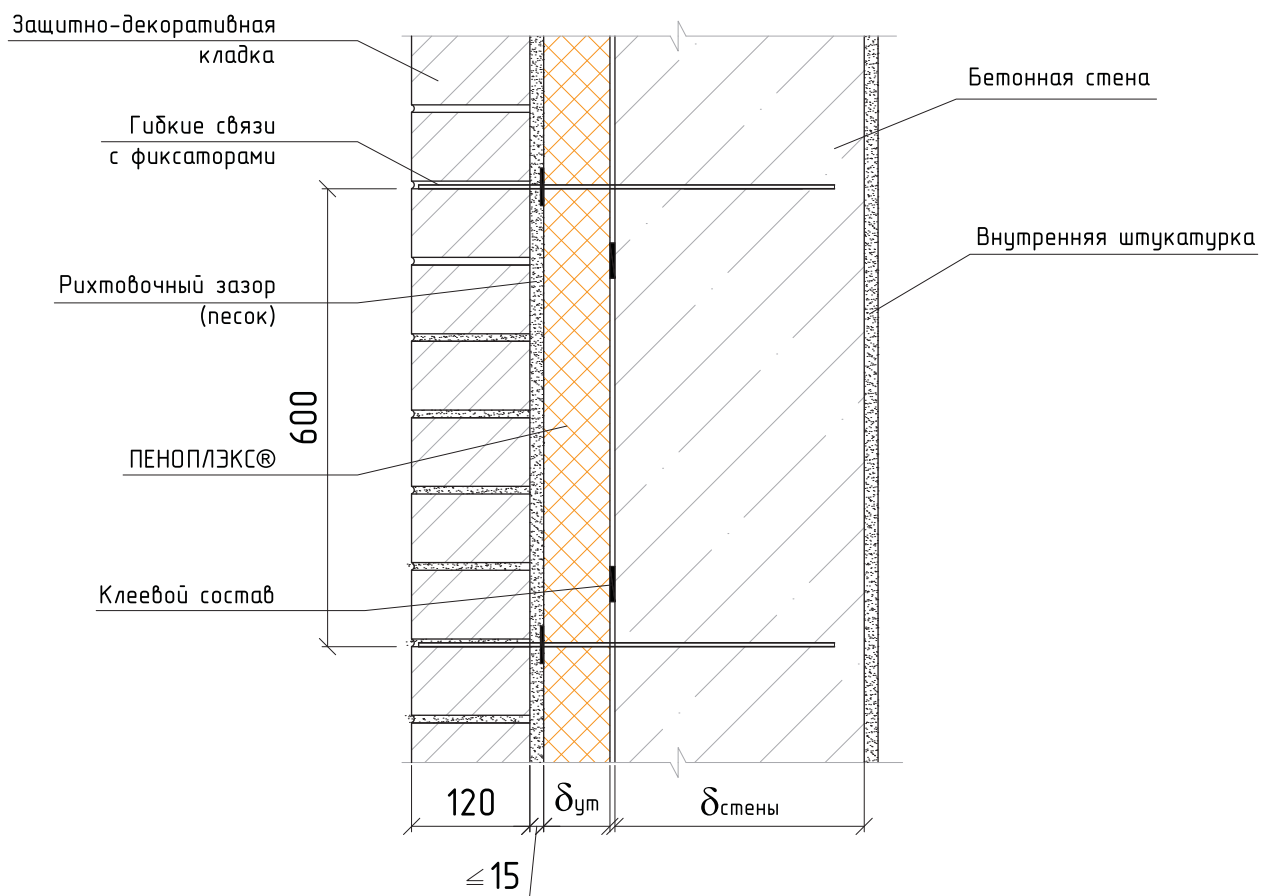


Рис. 4. Схема конструкции стены первого или цокольного этажа №4

Табл. 9. Конструкция №4 (толщины слоев и характеристики материалов)

Состав стены изнутри наружу	Толщина слоя, δ, м	Плотность, ρ <sub>0</sub> , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации, λ, Вт/м·°С		Среднесуточная скорость капиллярного всасывания, см/ч	Коэффициент паропроницаемости, μ, мг/(м·ч·Па)
			А	Б		
Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,76	0,93	0,00125	0,09
Монолитный бетон	0,2	2500	1,92	2,04	0,00024	0,03
XPS ПЕНОПЛЭКС	см. табл. 6	30	0,031	0,032	0,0000001	0,008
Кирпич пустотелый	0,12	1200	0,47	0,52	0,0043	0,17

## 5. Кирпич – ПЕНОПЛЭКС® – кирпич

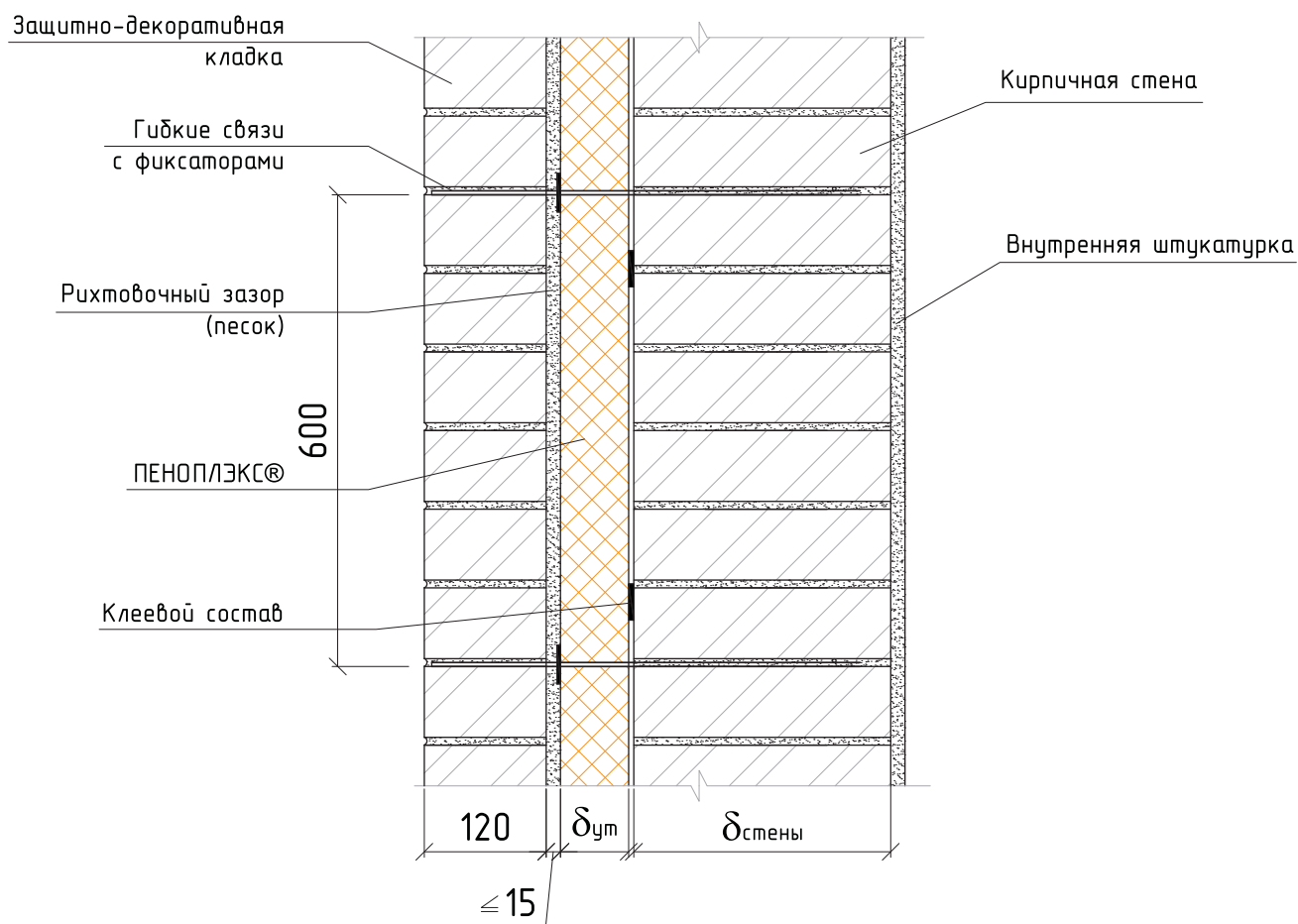


Рис. 5. Схема конструкции стены первого или цокольного этажа №5

Табл. 10. Конструкция №5 (толщины слоев и характеристики материалов)

Состав стены изнутри наружу	Толщина слоя, δ, м	Плотность, ρ, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации, λ, Вт/м·°С		Среднесуточная скорость капиллярного всасывания, см/ч	Коэффициент паропроницаемости, μ, мг/(м·ч·Па)
			А	Б		
Цементно-песчаный раствор	0,01	1800	0,76	0,93	0,00125	0,09
Кирпич пустотелый	0,25	1200	0,47	0,52	0,0043	0,17
Кирпич пустотелый	0,12	1200	0,47	0,52	0,0043	0,17
XPS ПЕНОПЛЭКС®	см. табл. 6	30	0,031	0,032	0,0000001	0,008
Кирпич пустотелый	0,12	1200	0,47	0,52	0,0043	0,17

### 3. Оценка распределения влажности внутри ограждающих конструкций

Результатом расчетов влажностного режима ограждающих конструкций по нестационарной методике являются графики распределения влажности внутри конструкции на любой момент времени после начала эксплуатации здания.

В настоящем разделе приведены графики распределения влажности внутри конструкций на 3-й год эксплуатации здания. Данный период выбран по тем соображения что за 3 года все рассмотренные варианты конструкций теряют начальную (технологическую) влажность и выходят на квазистационарный (практически неизменяемый на временном интервале одних суток, однако, периодически изменяемый в течение года) влажностный режим. Для каждого варианта приведено 2 графика – это распределения влажности на начало месяцев, следующих за месяцами наибольшего и наименьшего влагонакопления в конструкции.

Для примера рассмотрим график на рис. 10. На нем представлено распределение влажности внутри конструкции №3 на начало февраля (январь – месяц наибольшего влагонакопления для данной конструкции).

По оси X на графике отложена координата конструкции в метрах (координата 0 соответствует наружной поверхности, координата 0,37 – внутренней поверхности). По оси Y отложены соответствующие каждой координате конструкции значения влажности в соответствующем материале. Условными вертикальными линиями синего цвета на графике обозначены границы слоев материала слои соответственно подписаны (штукатурка, XPS, газобетон). Различными цветами обозначены распределения влажности внутри конструкции для соответствующих городов строительства. На стыках материалов возникает скачок влажности (это подтверждается и при натуральных экспериментах). Например, на стыке слоя XPS и газобетона при климатических условиях Владивосток (координата 0,06 м) происходит скачок значения влажности от 0,14% до 6,25%.

1) На рис. 6 представлен график распределения влажности внутри конструкции №1 на начало февраля (3-го года эксплуатации здания), т.к. январь является месяцем наибольшего влагонакопления внутри данного варианта конструкции для всех рассмотренных городов строительства.

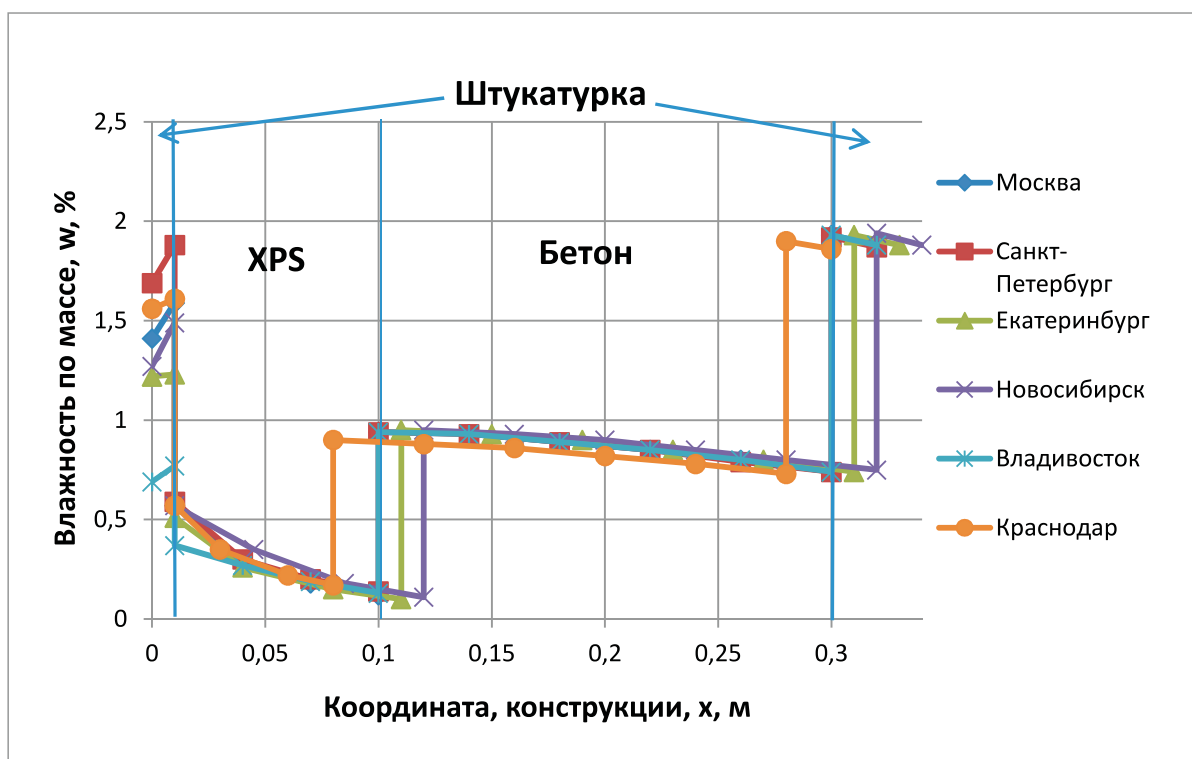


Рис. 6. Распределение влажности внутри конструкции №1 на начало февраля

На рис. 7 представлен график распределения влажности внутри конструкции №1 для условий различных городов строительства на начало месяца, следующего за месяцами наименьшего влагонакопления в конструкции. Месяц наименьшего влагонакопления для климатических условий Москвы, Санкт-Петербурга и Краснодара – это август, Екатеринбурга и Новосибирска – сентябрь, для Владивостока – октябрь.

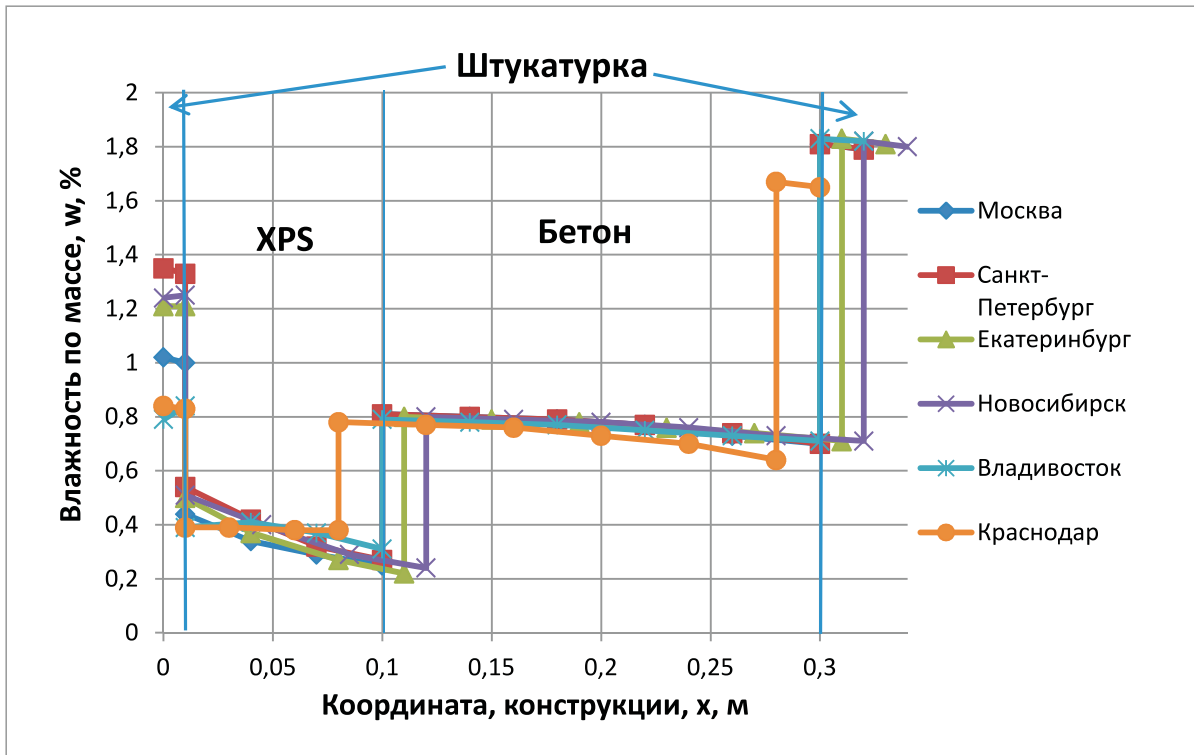


Рис. 7. Распределение влажности внутри конструкции №1 после месяца наименьшего влагонакопления

2) На рис. 8 и 9 представлены графики распределения влажности внутри конструкции №2 для условий различных городов строительства на начало месяцев, следующих за месяцами наибольшего и наименьшего влагонакопления в конструкции. Месяц наибольшего влагонакопления для климатических условий Москвы, Екатеринбурга и Новосибирска – это февраль, для Санкт-Петербурга и Краснодара – январь, для Владивостока – март. Месяц наименьшего влагонакопления для климатических условий Екатеринбурга, Новосибирска, Санкт-Петербурга и Краснодара – это август, для Москвы – июль, для Владивостока – сентябрь.

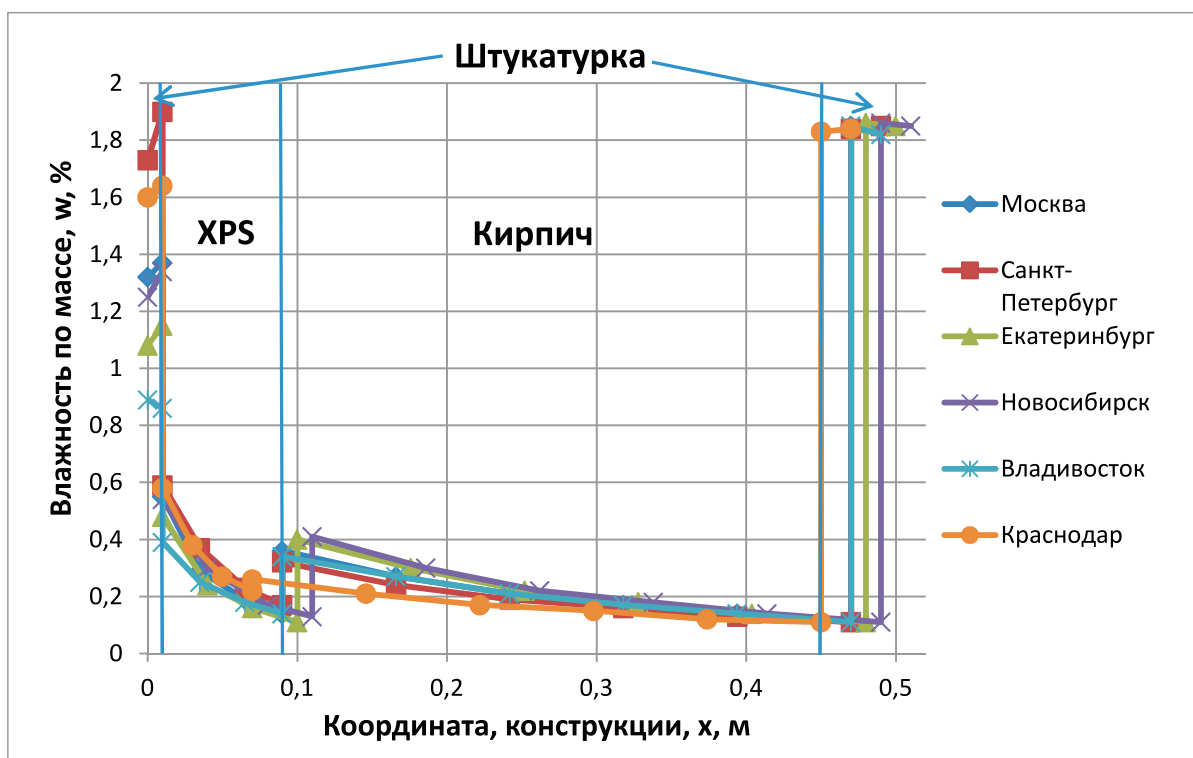


Рис. 8. Распределение влажности внутри конструкции №2 после месяца наибольшего влагонакопления

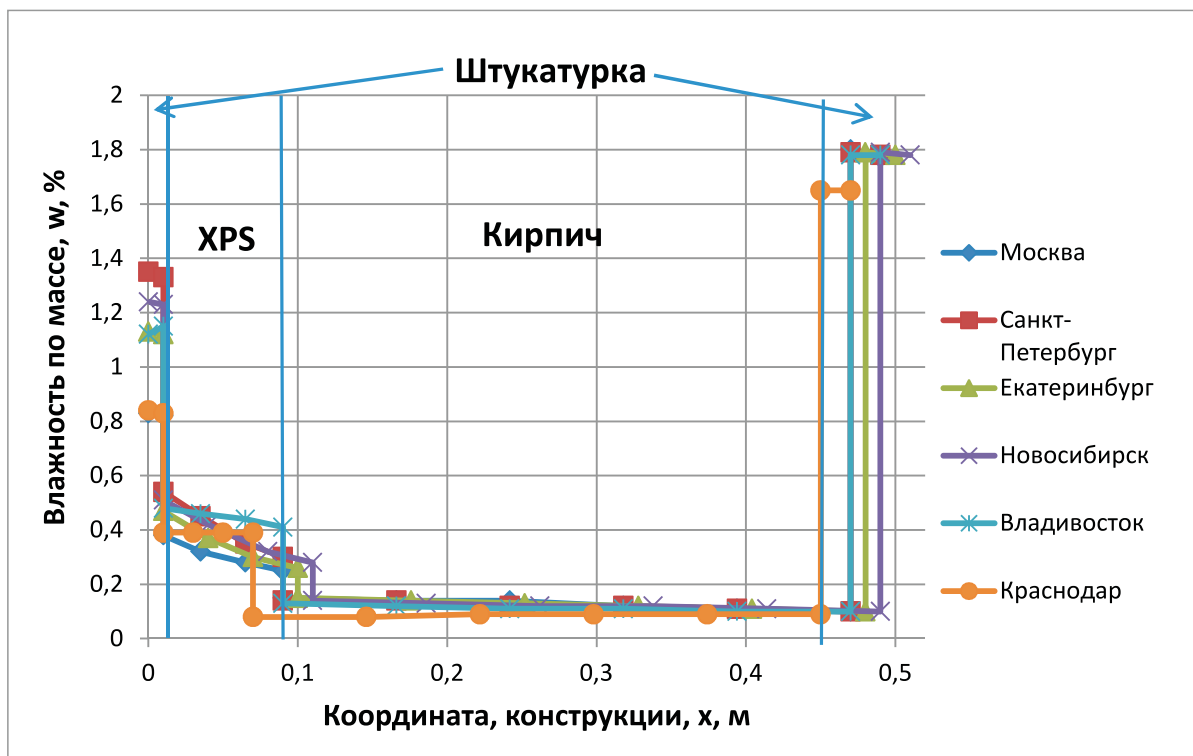


Рис. 9. Распределение влажности внутри конструкции №2 после месяца наименьшего влагонакопления

3) На рис. 10 и 11 представлены графики распределения влажности внутри конструкции №3 для условий различных городов строительства. Результаты приведены на начало февраля и начало июля соответственно в 3-ий год эксплуатации здания. Представление результатов в эти временные границы выбрано из условий наибольшего и наименьшего влагонакопления внутри конструкции соответственно за январь и июнь. Для данной конструкции эти условия выполняются в одни и те же месяцы для различных городов.

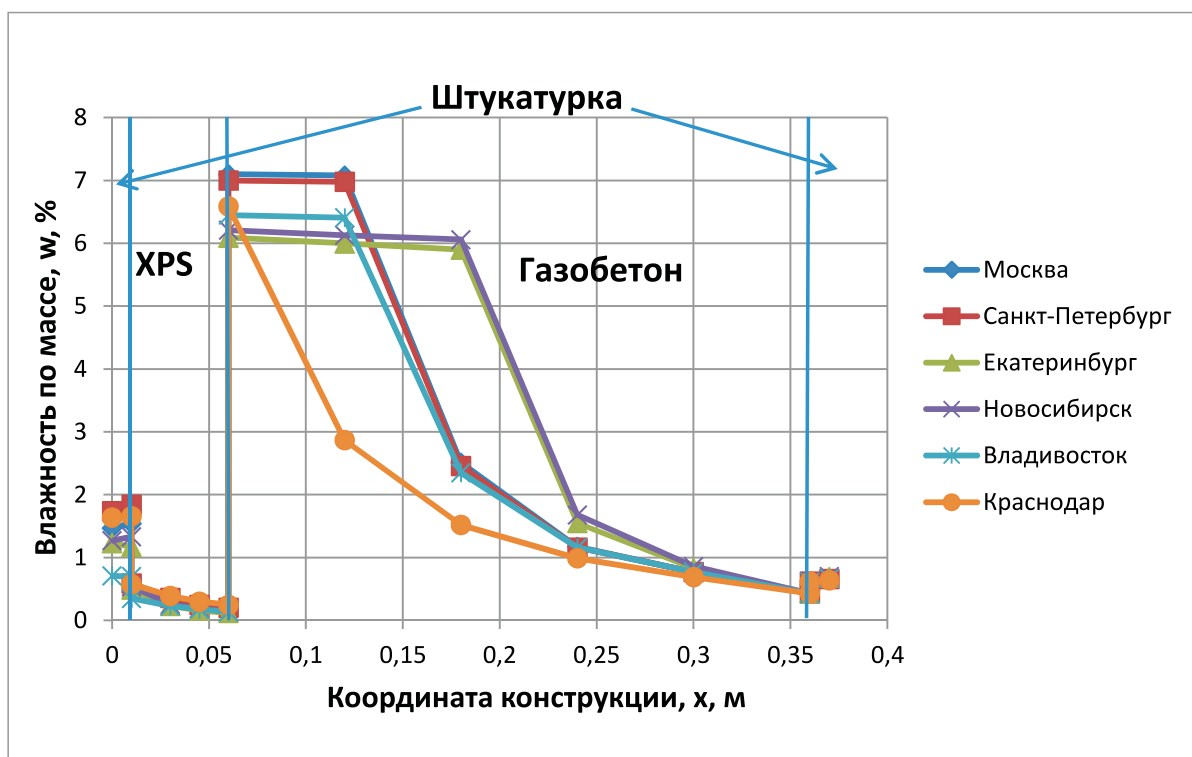


Рис. 10. Распределение влажности внутри конструкции №3 на начало февраля

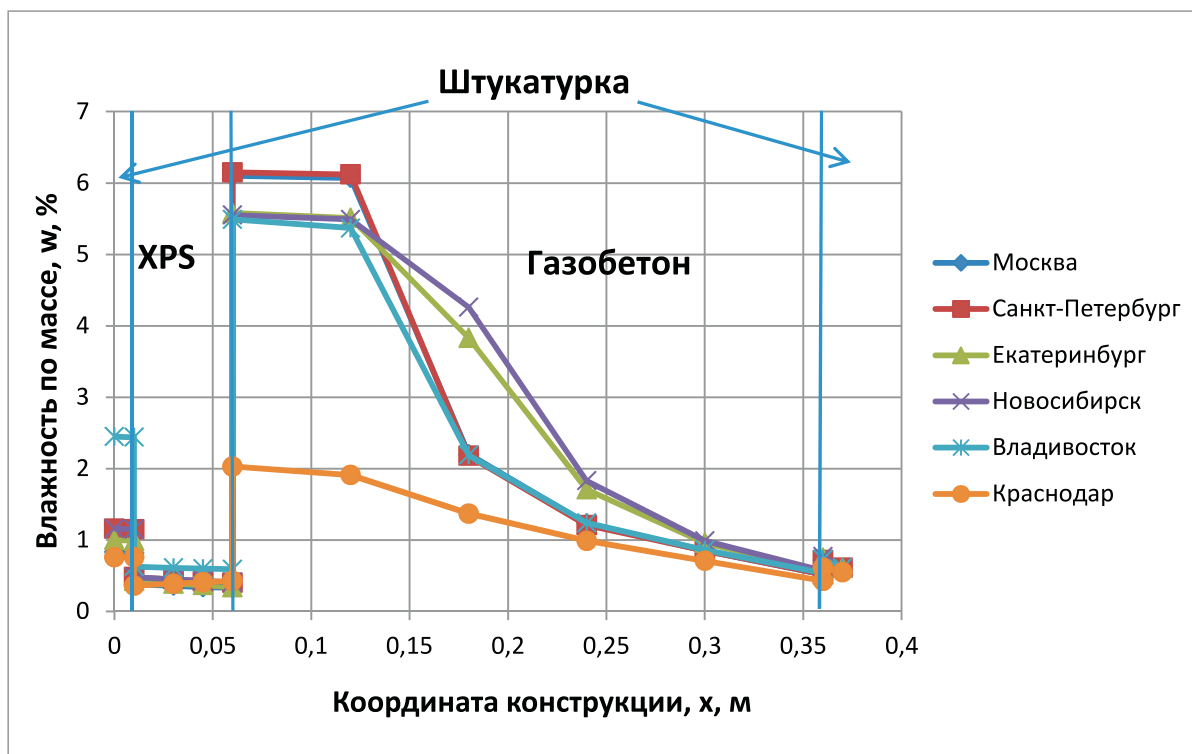


Рис. 11. Распределение влажности внутри конструкции №3 на начало августа

4) На рис. 12 и 13 представлены графики распределения влажности внутри конструкции №4 для условий различных городов строительства на начало месяцев, следующих за месяцами наибольшего и наименьшего влагонакопления в конструкции (в 3-ий год эксплуатации). Месяц наибольшего влагонакопления для всех рассмотренных климатических условий городов строительства – январь. Месяц наименьшего влагонакопления для климатических условий Москвы, Санкт-Петербурга и Краснодара – это август, для Екатеринбурга, Новосибирска и Владивостока – сентябрь.

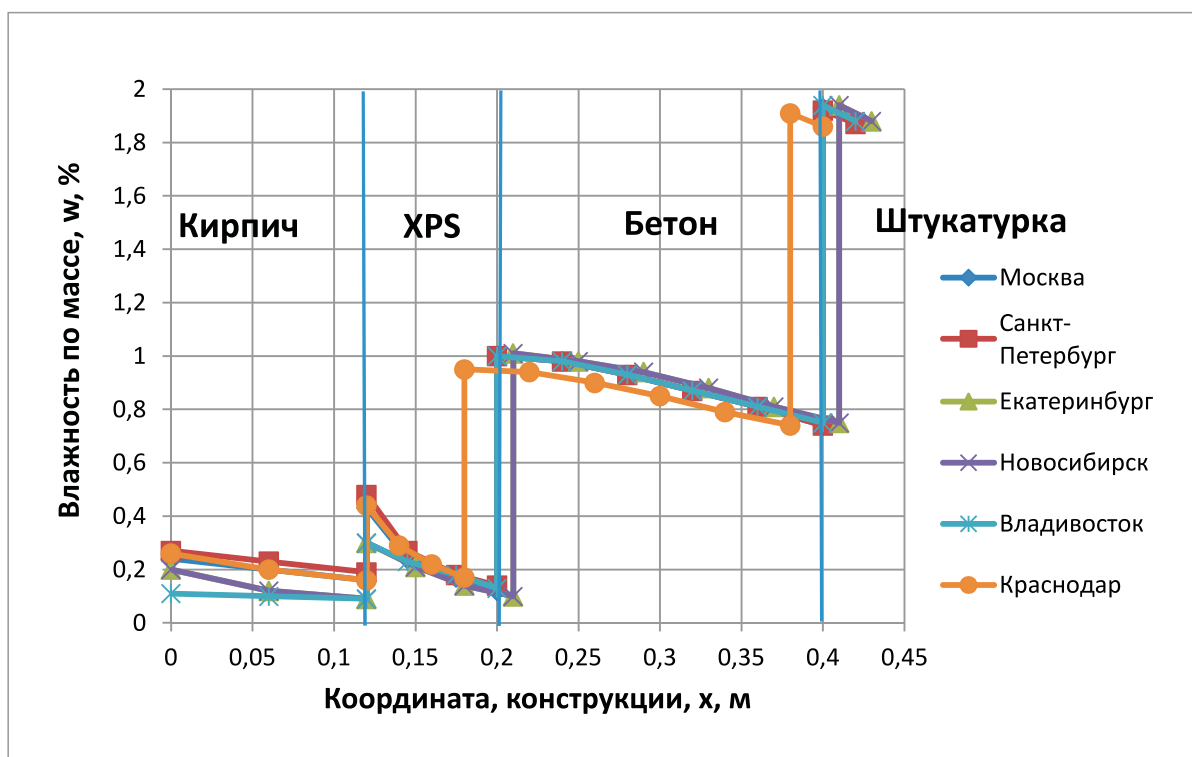


Рис. 12. Распределение влажности внутри конструкции №4 на начало февраля

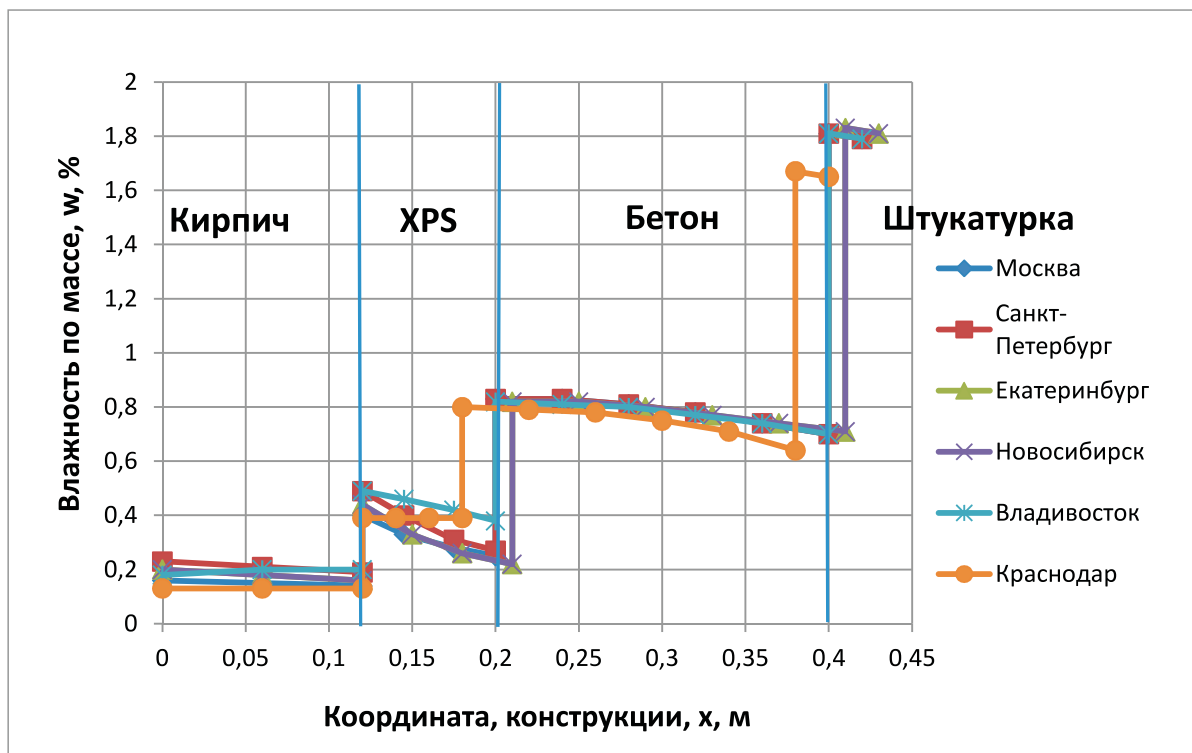


Рис. 13. Распределение влажности внутри конструкции №4 после месяца наименьшего влагонакопления



5) На рис. 14 и 15 представлены графики распределения влажности внутри конструкции №5 для условий различных городов строительства на начало месяцев, следующих за месяцами наибольшего и наименьшего влагонакопления в конструкции (в 3-ий год эксплуатации). Месяц наибольшего влагонакопления в конструкции №5 для климатических условий всех рассмотренных городов – это февраль. Месяц наименьшего влагонакопления для климатических условий для Москвы, Санкт-Петербурга и Екатеринбурга – июль, для Новосибирска и Краснодара – август, для Владивостока – сентябрь.

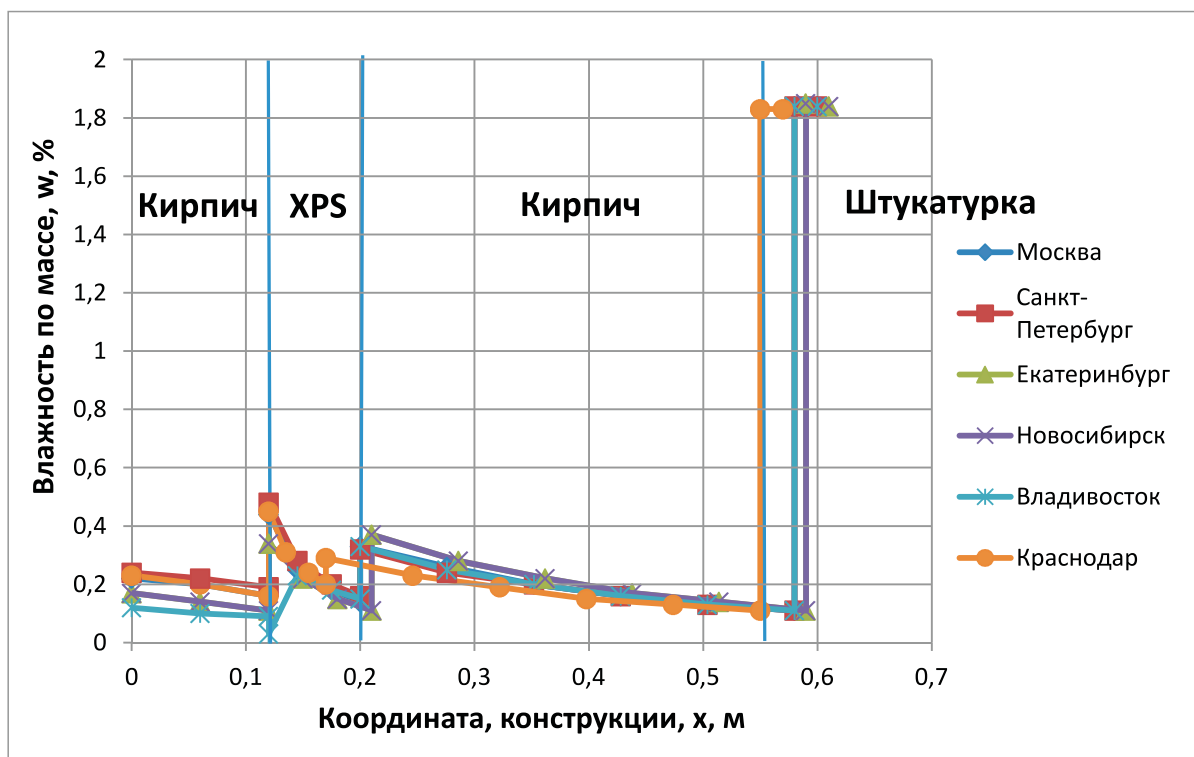


Рис. 14. Распределение влажности внутри конструкции №5 после месяца наибольшего влагонакопления

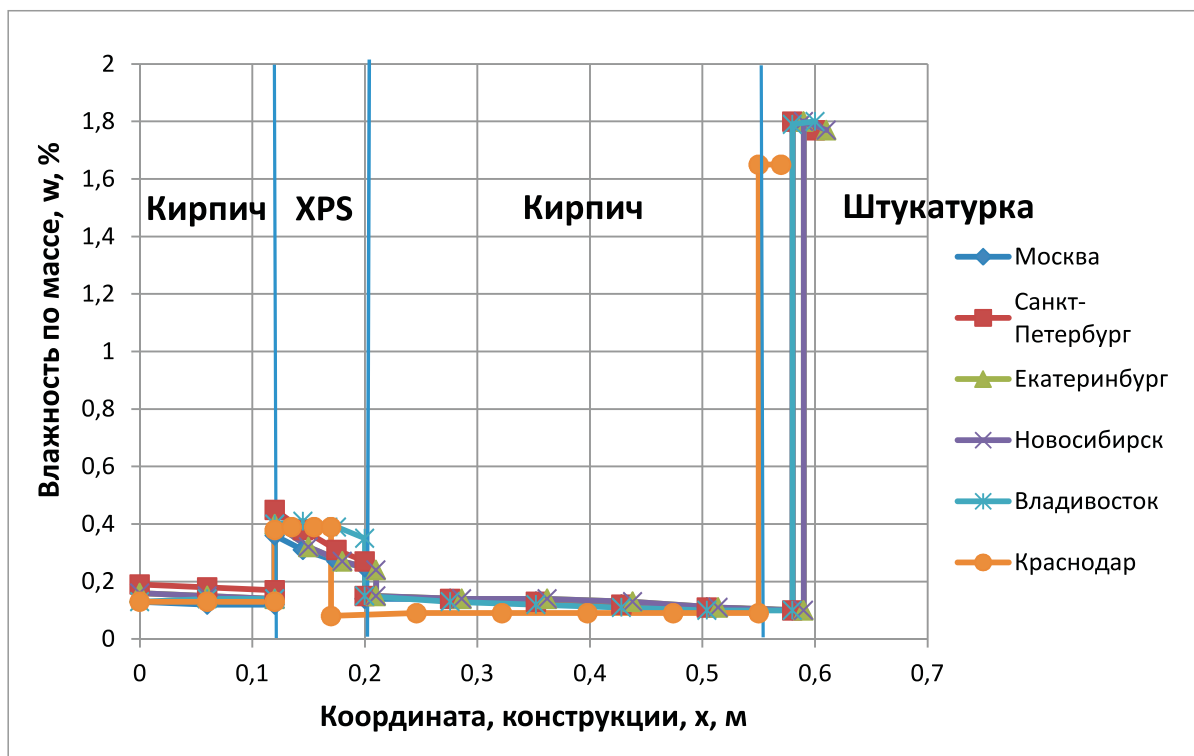


Рис. 15. Распределение влажности внутри конструкции №5 после месяца наименьшего влагонакопления

## 4. Оценка эксплуатационной влажности материалов

Эксплуатационная влажность – это равновесное влагосодержание материала в ограждении относительно воздействующих на него влажностных факторов внутренних и наружных сред.

По результатам расчетов влажностного режима рассмотренных конструкций были вычислены значения эксплуатационной влажности слоев конструктивных материалов и экструдированного пенополистирола для климатических условий выбранных городов строительства. В табл. 11 представлены значения эксплуатационной влажности конструктивных материалов и экструдированного пенополистирола после месяца наибольшего влагонакопления, в табл. 12 – соответствующие значения после месяца наименьшего влагонакопления.

Табл. 11. Эксплуатационная влажность после месяца наибольшего влагонакопления

Материал (конструкция)	Эксплуатационная влажность, $w_3$ , %					
	Москва	Санкт-Петербург	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток	Краснодар
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №1)	0,29	0,31	0,24	0,26	0,30	0,33
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №2)	0,29	0,34	0,24	0,25	0,29	0,36
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №3)	0,32	0,35	0,24	0,28	0,23	0,38
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №4)	0,24	0,27	0,21	0,19	0,26	0,28
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №5)	0,25	0,28	0,15	0,21	0,24	0,30
Монолитный бетон (конструкция №1)	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,83
Кирпич пустотелый (конструкция №2)	0,21	0,19	0,21	0,23	0,23	0,17
Газобетон D400 (конструкция №3)	3,18	3,13	3,47	3,56	2,93	2,18
Монолитный бетон (конструкция №4)	0,89	0,89	0,89	0,90	0,89	0,86
Кирпич пустотелый (конструкция №5)	0,20	0,19	0,20	0,22	0,23	0,18

Табл. 12. Эксплуатационная влажность после месяца наименьшего влагонакопления

Материал (конструкция)	Эксплуатационная влажность, $w_э$ , %					
	Москва	Санкт-Петербург	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток	Краснодар
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №1)	0,33	0,39	0,37	0,34	0,36	0,39
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №2)	0,31	0,41	0,45	0,35	0,38	0,39
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №3)	0,35	0,44	0,38	0,44	0,61	0,40
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №4)	0,32	0,37	0,44	0,31	0,35	0,39
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №5)	0,30	0,35	0,39	0,31	0,37	0,39
Монолитный бетон (конструкция №1)	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,73
Кирпич пустотелый (конструкция №2)	0,13	0,12	0,11	0,13	0,12	0,09
Газобетон D400 (конструкция №3)	2,83	2,84	3,03	3,12	2,62	1,24
Монолитный бетон (конструкция №4)	0,78	0,78	0,77	0,78	0,78	0,75
Кирпич пустотелый (конструкция №5)	0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,09

Для проверки полученных значений эксплуатационной влажности теплоизоляционных материалов было проведено сравнение с результатами натуральных исследований (табл. 13).

Табл. 13. Экспериментально определенные и расчетные значения эксплуатационной влажности

Город	Материал	Месяц	Эксплуатационная влажность, $w_э$ , %	
			Натурные исследования	Численный расчет
Санкт-Петербург	Минеральная вата	Июль	0,95	0,94
	Пенополистирол	Февраль	2,27	2,62
Новосибирск	Минеральная вата	Апрель	1,13	0,95
	Пенополистирол		3,13	3,25

Из приведенного сравнения видно, что расхождение между значениями эксплуатационной влажности, полученными в результате натуральных исследований и численных расчетов, не превышает 15%. Из такого совпадения результатов можно сделать вывод об адекватности выбранной математической модели расчета нестационарного влажностного режима ограждающих конструкций. Следовательно, полученные в результате расчетов данные по эксплуатационным влажностям материалов (табл. 11,12) можно считать достоверными. Проведение натуральных исследований над 5-ю различными конструкциями в климатических условиях 6-ти городов строительства заняло бы годы и потребовало бы непомерных финансовых и трудовых затрат.

## 5. Влияние эксплуатационной влажности на теплопроводность теплоизоляционных материалов

Расчетную теплопроводность для каждого материала можно приблизительно принять, исходя из назначаемых условий эксплуатации (А или Б) согласно [1], либо же, зная значение эксплуатационной влажности, точно рассчитать по формуле [8]:

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda \cdot w_s = \lambda_0 \left( 1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot w_s \right) = \lambda_0 (1 + \eta \cdot w_s), \quad (1)$$

Где:  $\lambda_0$  – теплопроводность материала в сухом состоянии, Вт/(м·°С);  
 $\Delta\lambda$  – приращение теплопроводности на 1% влажности, Вт/(м·°С·%);  
 $w_s$  – эксплуатационная влажность материала по массе, %;  
 $\eta$  – коэффициент теплотехнического качества<sup>3</sup>, 1/%.

Экспериментально установлено, что значение коэффициента теплотехнического качества приблизительно постоянно для каждого вида материалов [9].

Согласно усредненным данным лабораторных исследований НИИСФ РААСН коэффициент теплотехнического качества для экструдированного пенополистирола составляет 0,035; для минеральной ваты – 0,04; для формованного пенополистирола (пенопласта) – 0,03.

Таким образом, зная значение теплопроводности в сухом состоянии и подставляя рассчитанные значения эксплуатационной влажности, по формуле (1) можно вычислить на сколько увеличится теплопроводность теплоизоляционного материала (следовательно уменьшится критерий энергоэффективности [8]) в той или иной конструкции в зимний период в различных климатических условиях.

Согласно значениям эксплуатационной влажности из табл. 11, составлена табл. 14 со значениями приращений теплопроводности экструдированного пенополистирола (уменьшения его критерия энергоэффективности) в зимний период для различных вариантов конструкций при различных климатических условиях строительства.

Табл. 14. Приращение теплопроводности (уменьшение критерия энергоэффективности) в зимний период

Материал (конструкция)	Приращение теплопроводности (уменьшение критерия энергоэффективности), %					
	Москва	Санкт-Петербург	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток	Краснодар
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №1)	1,02%	1,09%	0,84%	0,91%	1,05%	1,15%
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №2)	1,02%	1,19%	0,84%	0,88%	1,02%	1,26%
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №3)	1,12%	1,23%	0,84%	0,98%	0,80%	1,33%
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №4)	0,84%	0,94%	0,73%	0,67%	0,91%	0,98%
ПЕНОПЛЭКС® (конструкция №5)	0,88%	0,98%	0,52%	0,73%	0,84%	1,05%

<sup>3</sup> По определению д.т.н., проф. В.Г. Гагарина

## 6. Заключение

Для анализа того, насколько обосновано с точки зрения температурно-влажностного режима применение экструдированного пенополистирола в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей, было проведено сравнение с вариантами утепления минеральной ватой и формованным пенополистиролом (пенопластом), на примере конструкции №3 (штукатурного фасада со скрепленной теплоизоляцией).

В табл. 15 представлены значения эксплуатационной влажности данных теплоизоляционных материалов в составе конструкции №3 после месяца наибольшего влагонакопления на 3-ий год эксплуатации здания при различных климатических условиях строительства.

Табл. 15 Эксплуатационная влажность после месяца наибольшего влагонакопления

Материал	Эксплуатационная влажность, $w_3$ , %					
	Москва	Санкт-Петербург	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток	Краснодар
Минеральная вата	0,79	0,87	0,80	1,11	0,53	0,75
Пенопласт	2,59	2,62	3,58	4,49	2,30	1,82

Согласно табл. 15 по формуле (1) были рассчитаны приращения теплопроводности рассмотренных теплоизоляционных материалов (уменьшения их критерия энергоэффективности) в зимний период в составе конструкции №3 при различных климатических условиях строительства. Полученные результаты внесены в табл. 16 (для сравнения в таблицу внесены соответствующие значения для экструдированного пенополистирола).

Табл. 16. Приращение теплопроводности (уменьшение критерия энергоэффективности) в зимний период

Материал	Приращение теплопроводности (уменьшение критерия энергоэффективности), %					
	Москва	Санкт-Петербург	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток	Краснодар
Минеральная вата	3,16%	3,48%	3,20%	4,44%	2,12%	3,00%
Пенопласт	7,77%	7,86%	10,74%	13,45%	6,90%	5,46%
ПЕНОПЛЭКС®	1,12%	1,23%	0,84%	0,98%	0,80%	1,33%

Как видно из таблицы, максимальное приращение теплопроводности в зимний период для экструдированного пенополистирола составляет 1,33%, при этом максимальное приращение для минеральной ваты – 4,44%, а для пенопласта – 13,45%. Максимальное приращение для экструдированного пенополистирола наблюдается для климатических параметров г. Краснодара с относительно благоприятными условиями в зимний период, при этом максимальное приращение для минеральной ваты и пенопласта наблюдается для г. Новосибирска с самыми суровыми климатическими условиями из всех рассмотренных в настоящем разделе городов строительства (для экструдированного пенополистирола соответствующее значение приращения – 0,98%).

Как отмечалось выше, ограждающие конструкции первых и цокольных этажей относятся к наиболее уязвимым с точки зрения теплозащиты и защиты от переувлажнения. Ограждающие конструкции с применением экструдированного пенополистирола отличаются малыми значениями эксплуатационной влажности слоя утеплителя – менее 0,4% и, соответственно, малыми приращениями теплопроводности в зимний период – около 1%. Эти значения существенно меньше, чем в случаях применения других типов теплоизоляционных материалов – до 4,5% влажности и, соответственно, до 13,5% приращения теплопроводности в зимний период.

Данные факторы подтверждают обоснованность конструктивных решений первых и цокольных этажей зданий с применением экструдированного пенополистирола.

## Список использованных источников:

1. СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
2. Фокин К.Ф. Расчет последовательного увлажнения материалов в наружных ограждениях. В кн.: Вопросы строительной физики в проектировании. М.-Л.: Стройиздат. 1941. С. 2-18.
3. Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий. М.:Стройиздат. 1984. 168с.
4. ГОСТ 32494-2013. Межгосударственный стандарт «Здания и сооружения. Метод математического моделирования температурно-влажностного режима ограждающих конструкций».
5. СП 131.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология».
6. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
7. ГОСТ Р 53786-2010. Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями.
8. Пастушков П.П. Влияние влажностного режима ограждающих конструкций с наружными штукатурными слоями на энергоэффективность теплоизоляционных материалов. Автореф. дисс. к.т.н., М., НИИСФ, 2013.
9. Гагарин В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Автореф. дисс. д.т.н., М., НИИСФ, 2000.

## РАЗДЕЛ 2

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук»  
(НИИСФ РААСН)

### Раздел 2

Стандарта организации по применению ПЕНОПЛЭКС®  
в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей

### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

По теме «Расчет удельных потерь теплоты групп узлов наружных  
ограждающих конструкций, входящих в альбом технических решений  
ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»»

Ответственный исполнитель:  
Кандидат технических наук



В.В. Козлов

Москва  
2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий раздел СТО составлен в соответствии с СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Таблицы теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций» и в развитие раздела 5 (приложения К) СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», с целью повышения уровня проектирования тепловой защиты зданий, упрощения и упорядочивания работы специалистов, проектирующих тепловой контур здания.

Основную часть данного раздела СТО составляют таблицы с расчетными характеристиками различных узлов конструкций с теплоизоляционным слоем из ПЕНОПЛЭКС®, позволяющие частично или полностью исключить расчеты температурных полей в процессе проектирования или экспертной оценки конструкций. Т.е. являются готовым справочным материалом.

Метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче и табличные данные разработаны НИИСФ РААСН: кандидат технических наук В.В.Козлов (ответственный исполнитель), доктор технических наук В.Г.Гагарин.



## СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение	36
2	Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче	38
3	Методика расчета удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающей конструкции	39
4	Алгоритм расчета приведенного сопротивления теплопередаче	41
5	Таблицы расчетных значений удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающих конструкций	42
5.1	Рассечка из минеральной ваты	43
5.2	Примыкание стены к оконному проему	44
5.3	Соединение слоев стены металлическими петлями	47
5.4	Соединение слоев стены металлической сеткой	49
5.5	Деформационно-усадочный шов	51
6	Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче стены жилого дома	54
	Заключение	57
	Список литературы	57
	Приложение 1. Типовая разбивка на теплозащитные элементы	57

## 1. Введение

Решение важной задачи энергосбережения в зданиях требует создания максимально равномерного контура утепления. Наиболее существенной частью такого контура для большинства современных зданий являются наружные стены. Поэтому для достижения результативности энергосберегающих мероприятий их следует начинать с оптимизации тепловой защиты наружных стен.

В соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» базой для любых теплофизических характеристик здания является приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций. Это расчетная величина, для определения которой в СП зафиксирован специальный метод – «элементный подход». Суть метода заключается в представлении ограждающей конструкции в виде набора независимых элементов. Благодаря такому представлению для расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции удастся использовать характеристики элементов, найденные заранее.

Настоящая работа посвящена рассмотрению основных теплозащитных элементов наружных стен приведенных в альбоме технических решений ПЕНОПЛЭКС®. Для этого в работе перечислены и структурированы основные узлы, влияющие на тепловые потери. Для каждого варианта узла рассчитано температурное поле (или набор полей) позволяющее найти удельные потери теплоты. Полученные значения сведены в таблицы, позволяющие проектировщикам и всем заинтересованным лицам проводить расчеты приведенного сопротивления теплопередаче или потерь теплоты ограждающими конструкциями самостоятельно без привлечения узких специалистов.

## Область применения

Настоящий раздел СТО (как основанный на СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Таблицы теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций») распространяется на расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагментов ограждающих конструкций зданий, удельных потерь теплоты через теплозащитные элементы и коэффициента теплотехнической однородности, для строящихся или реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий, в которых необходимо поддерживать определенный температурно-влажностный режим.

## Термины и определения

В настоящем разделе СТО применены термины в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».

## Общие положения

В соответствии с настоящими правилами выполняются и оформляются:

- расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и их фрагментов;
- расчет коэффициента теплотехнической однородности;
- расчет удельных потерь теплоты через теплозащитные элементы.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций для выбора теплотехнических показателей материалов принимаются по СП 50.13330.2012.

Внутренние и наружные температуры принимаются либо по проектному заданию, либо внутренняя температура – по ГОСТ 30494, наружная температура – по СП 131.13330.2011.

Требования к приведенному сопротивлению теплопередачи и минимальной температуре внутренней поверхности ограждающих конструкций здания принимаются по СП 50.13330.2012.

## 2. Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче

Расчет начинается с разбивки конструкции на теплозащитные элементы.

В качестве теплозащитных элементов выбираются отдельные участки конструкции, детали (в основном прорезающие утеплитель), стыки между различными конструкциями. Одна и та же конструкция может быть разбита на элементы различными способами.

При разбивке на элементы необходимо соблюдать следующие правила:

- а) совокупность выделенных элементов должна быть достаточна, для составления рассматриваемой конструкции, т.е. содержать все узлы конструкции;
- б) при составлении конструкции элементы не пересекаются;
- в) элементы влияют на тепловые потери через конструкцию.

Для удобства пользователей в приложении 1 приведены типовые разбивки стен на теплозащитные элементы для конструкций, описанных в альбоме технических решений ПЕНОПЛЭКС® (более подробно этот вопрос изложен в [3]).

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания  $R_o^{np}$ ,  $m^2 \cdot C / Вт$ , следует определять по формуле (1). Оформлять расчет приведенного сопротивления теплопередаче следует в соответствии с п.п. Е.6 СП 50.13330.2012.

$$R_o^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_o^{ysl}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} \quad (1)$$

Где:  $l_j, n_k$  – геометрические характеристики элементов, определяемые для конкретного проекта, описание и правила нахождения даны в Разделе 3;

$\Psi_j, \chi_k$  – удельные потери теплоты через элементы, описание и правила нахождения даны в Разделе 3;

$R_o^{ysl}$  – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции,  $m^2 \cdot C / Вт$ ;

$U_i$  – коэффициент теплопередачи однородной  $i$ -той части фрагмента теплозащитной оболочки здания (удельные потери теплоты через плоский элемент  $i$ -го вида),  $Вт / (m^2 \cdot C)$ .

$$U_i = \frac{1}{R_{o,i}^{ysl}} \quad (2)$$

Где:  $a_i$  – площадь плоского элемента конструкции  $i$ -го вида, приходящаяся на  $1 m^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $m^2 / m^2$ ;

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i} \quad (3)$$

Где:  $A_i$  – площадь  $i$ -той части фрагмента,  $m^2$ .

Осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания определяется по формуле

$$R_o^{ysl} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{ysl}}} = \frac{1}{\sum a_i U_i} \quad (4)$$

Где:  $R_{o,i}^{ysl}$  – условное сопротивление теплопередаче однородной части фрагмента теплозащитной оболочки здания  $i$ -го вида,  $m^2 \cdot C / Вт$ , которое определяется либо экспериментально либо расчетом по формуле

$$R_{o,i}^{ycl} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_n} \quad (5)$$

Где:  $\alpha_e, \alpha_n$  – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции соответственно, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), принимаются по таблице 4 СП 50.13330.2012,;

$R_s$  – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, (м<sup>2</sup>С)/Вт, определяемое для неветилируемых воздушных прослоек по таблице 1, для материальных слоев по формуле

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (6)$$

$\delta_s$  – толщина слоя, м;

$\lambda_s$  – теплопроводность материала слоя, Вт/(м оС), принимаемая по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных она оценивается по приложению Т СП 50.13330.2012.

Коэффициент теплотехнической однородности,  $r$ , вспомогательная величина, характеризующая эффективность утепления конструкции, определяется по формуле

$$r = \frac{R_o^{np}}{R_o^{ycl}} \quad (7)$$

### 3. Методика расчета удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающей конструкции

Удельные потери теплоты, обусловленные каждым элементом, находятся на основе сравнения потока теплоты через узел, содержащий элемент, и через тот же узел, но без исследуемого элемента.

Как правило, узел без исследуемого элемента – это однородная конструкция (плоский элемент). На практике не редки случаи, когда узел без исследуемого элемента состоит из нескольких элементов и необязательно плоских. В этом случае, при расчете приведенного сопротивления теплопередаче важно соблюдать следующее правило: элементы конструкции, составлявшие базу при расчете удельных потерь теплоты, должны присутствовать в исследуемой конструкции и их удельные тепловые потери должны быть в полной мере учтены.

Удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность определяются по результатам расчета двумерного температурного поля узла конструкций при температуре внутреннего воздуха  $t_n$  и температуре наружного воздуха  $t_e$ .

$$\Psi_j = \frac{\Delta Q_j^L}{t_n - t_e}, \quad (8)$$

Где:  $\Delta Q_j^L$  – дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность  $j$ -го вида, приходящиеся на 1 п.м, Вт/м, определяемые по формуле

$$\Delta Q_j^L = Q_j^L - Q_{j,1} - Q_{j,2} \quad (9)$$

Где:  $Q_j^L$  – потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью  $j$ -го вида, приходящиеся на 1 п.м стыка, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт/м;

$Q_{j,1}, Q_{j,2}$  – потери теплоты через участки однородных частей фрагмента, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля области с линейной теплотехнической неоднородностью  $j$ -го вида, Вт/м, определяемые по формулам:

$$Q_{j,1} = \frac{t_6 - t_n}{R_{o,j,1} \cdot IM} \cdot S_{j,1} \quad Q_{j,2} = \frac{t_6 - t_n}{R_{o,j,2} \cdot IM} \cdot S_{j,2} \quad (10)$$

Где:  $S_{j,1}, S_{j,2}$  – площади однородных частей конструкции, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля, м<sup>2</sup>.

При этом величина  $S_{j,1} + S_{j,2}$  равна площади расчетной области при расчете температурного поля.

Такое суммирование однородных частей и потоков теплоты через них дано для общности. В большинстве случаев расчетная область состоит из одного однородного участка (содержит одну конструкцию) и суммирование не требуется.

$\Psi_j$  – удельные линейные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность  $j$ -го вида, Вт/(мС).

Удельная геометрическая характеристика линейного теплозащитного элемента,  $l_j$ , м/м<sup>2</sup>, есть отношение суммарной протяженности  $j$ -го элемента в исследуемой конструкции,  $L_j$ , м, к общей площади конструкции  $A$ , м<sup>2</sup>.

Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида определяются по результатам расчета трехмерного температурного поля участка конструкции, содержащего точечную теплотехническую неоднородность, по формуле

$$\chi_k = \frac{\Delta Q_k^K}{t_6 - t_n}, \quad (11)$$

Где:  $\Delta Q_k^K$  – дополнительные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, Вт, определяемые по формуле

$$\Delta Q_k^K = Q_k - \tilde{Q}_k, \quad (12)$$

Где:  $Q_k$  – потери теплоты через узел, содержащий точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт;

$\tilde{Q}_k$  – потери теплоты через тот же узел, не содержащий точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт.

Удельная геометрическая характеристика точечного теплозащитного элемента,  $\eta_k$ , 1/м<sup>2</sup>, есть отношение суммарного количества  $k$ -ых элементов в исследуемой конструкции,  $N_k$ , м, к общей площади конструкции  $A$ , м<sup>2</sup>.

Результатом расчета температурного поля узла конструкции является распределение температуры в сечении узла, в том числе по внутренней и наружной поверхностям. В отсутствии источников теплоты в конструкции потоки через внутреннюю и наружную поверхности должны быть равны между собой и равны потоку через конструкцию в целом.

Поток теплоты через внутреннюю поверхность узла определяется по формуле

$$Q_6 = \alpha_6 \cdot S_6 \cdot (t_6 - \tau_6^{cp}) \quad (13)$$

Поток теплоты через наружную поверхность узла определяется по формуле

$$Q_n = \alpha_n \cdot S_n \cdot (t_n - \tau_n^{cp}), \quad (14)$$

$t_6, t_n$  – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха соответственно, °С;

$\tau_6^{cp}, \tau_n^{cp}$  – осредненные по площади температуры внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции соответственно, °С;

$\alpha_6, \alpha_n$  – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей узла конструкции соответственно, Вт/(м<sup>2</sup>°С);

$S_6, S_n$  – площади внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>.

Сформулированные определения соответствуют СП 50.13330.2012 Приложение Е пункты Е.3, Е.4.



## 4. Алгоритм расчета приведенного сопротивления теплопередаче

В качестве помощи в практическом использовании материалов настоящего отчета в данном разделе приводится алгоритм действий пользователя при расчете приведенного сопротивления теплопередаче или теплотехническом проектировании конструкции.

Различаются два основных случая расчета приведенного сопротивления теплопередаче.

- а) Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.
- б) Подбор элементов проектируемой конструкции, для достижения целевого сопротивления теплопередаче.

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции проводится в следующей последовательности:

1. Выбирается типовая разбивка на элементы, которая корректируется с учетом особенностей ограждающей конструкции (для стен типовую разбивку следует принимать по приложению 1 настоящего отчета или приложению В[3]).
2. Для каждого элемента находится удельный геометрический показатель.
3. Для каждого элемента находят удельные потери теплоты либо по расчетам температурных полей, либо по справочным материалам (например, из раздела 5 настоящего отчета).
4. Составляется таблица Е.1 из приложения Е СП 50.13330.2012.
5. Рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче по формуле (1).

В связи с встречающейся взаимозависимостью теплозащитных элементов, в случаях, когда изменение одного элемента может вести к изменению свойств другого, подбор элементов конструкции для достижения целевого сопротивления теплопередаче проводится итерациями.

Подбор элементов проектируемой ограждающей конструкции для достижения целевого сопротивления теплопередаче, проводится в следующей последовательности:

1. Определяется целевое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции здания. Оно должно быть не ниже требуемого СП 50.13330.2012.
2. Выбирается вид ограждающей конструкции.
3. Выбирается типовая разбивка на элементы, которая корректируется с учетом особенностей ограждающей конструкции (для стен типовую разбивку следует принимать по приложению 1 настоящего отчета или приложению В[3]).
4. Для каждого элемента находится удельный геометрический показатель.
5. Для каждого элемента определяется источник получения характеристик: расчет температурного поля или справочные материалы.
6. Для плоских элементов выбирается толщина утеплителя. Для этого целевое сопротивление теплопередаче конструкции умножают на 1,5 и подбирают конструкцию со значением  $R_{o1}^{уч} = 1,5 \cdot R_u$

*Примечание: В случае, если про конструкцию известно, что она отличается высокой однородностью, можно значение коэффициента 1,5 заменить на значение 1,3. Наоборот, если про конструкцию известно, что она отличается низкой однородностью можно значение коэффициента 1,5 заменить на значение 1,8.*

7. Для выбранной толщины утеплителя определяются удельные потери теплоты всех элементов ограждающей конструкции.

8. По таблице Е.1 из приложения Е СП 50.13330.2012 и формуле (1) проводится расчет приведенного сопротивления теплопередаче.

9. По результатам расчета проводится оценка достижения целевого сопротивления теплопередаче и, при необходимости корректируется конструктивное решение ограждающей конструкции. Корректировка может заключаться как в изменении толщины или типа утеплителя, так и в замене наиболее значимых теплозащитных элементов.

*Примечание – Как правило, целевое сопротивление может считаться достигнутым, если полученное расчетом приведенное сопротивление теплопередаче не меньше целевого сопротивления теплопередаче и отличается от него не более чем:*

на 10% для  $R_o^{ycl} < 3,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ,

на 7% для  $3,5 \leq R_o^{ycl} < 5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ,

на 5% для  $5 \leq R_o^{ycl} \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ .

10. В случае изменения некоторых элементов ограждающей конструкции (особенно толщины утеплителя) оценивается необходимость корректировки теплозащитных характеристик остальных элементов. При необходимости пересчитываются характеристики элементов.

11. Проводится окончательный расчет приведенного сопротивления теплопередаче. Для этого оформляется таблица Е.1 из приложения Е СП 50.13330.2012 и используется формула (1).

## 5. Таблицы расчетных значений удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающих конструкций

В настоящем разделе собраны обработанные результаты расчетов температурных полей типовых решений узлов из альбома технических решений ПЕНОПЛЭКС®.

Во всех таблицах представлены удельные потери теплоты  $\Psi$  в размерности Вт/(м<sup>2</sup>·°С) или  $\chi$  в размерности Вт/°С. Конкретный вид уточняется перед таблицей.

Как правило, плоские элементы представляют собой участки конструкции, характеристики которых рассчитываются по формулам (2), (5), (6).

Расчет температурного поля конкретного узла обладает большей точностью и результаты такого расчета предпочтительны по сравнению со справочными материалами.

Материал упорядочен по типу узлов. В рамках каждого подраздела приводятся характеристики одного и того же узла для различного выбора основных влияющих на тепловые потери параметров.

В разделе представлены следующие группы узлов:

1. Рассечка из минеральной ваты (таблица 1);
2. Примыкание стены к оконному проему (таблицы 2–10);
3. Примыкание стены к проему ворот (таблицы 11–19);
4. Соединение слоев стены металлическими петлями (таблицы 20–22);
5. Соединение слоев стены металлической сеткой (таблицы 23–25);
6. Деформационно-усадочный шов (таблицы 26–28).

Каждый узел сопровождается описанием, перечислением основных влияющих на тепловые потери параметров и перечислением основных особенностей.

Большая протяженность нашей страны, разнообразие климатических зон и экономических ситуаций приводят к огромному разнообразию возможных решений одного и того же узла. Охватить точными расчетами все возможные варианты не представляется возможным. В связи с этим при составлении укрупненных таблиц с расчетными характеристиками приходится выбирать между наиболее широким охватом и большей точностью результатов.

В данном разделе принят умеренный компромисс между точностью и охватом вариантов. При использовании таблиц большинство конструкций будут попадать в промежутки между значениями, приведенными в таблице, и находиться интерполяцией.

## 5.1. Рассечка из минеральной ваты

Из соображений пожарной безопасности на некоторых участках штукатурного фасада пенополистирол заменяется полосами минеральной ваты. Так как теплопроводность экструдированного пенополистирола и минеральной ваты существенно различается, такие узлы требуют расчета удельных потерь теплоты (при нормальной толщине утеплителя фасада в целом промерзание таких узлов невозможно, поэтому контроль минимальной температуры внутренней поверхности не требуется).

Параметры, влияющие на потери теплоты через узел:

- толщина слоя утеплителя,  $d_{ут}$ , м;
- теплопроводность основания,  $\lambda_o$ , Вт/(м<sup>°С</sup>).

Во всех расчетах толщина основания стены принята равной 250 мм. Эта величина несущественно влияет на удельные потери теплоты через узел, и полученные данные могут быть применены для стен с любой разумной толщиной основания, подходящих под описываемый случай. Схема узла представлена на рис. 1.

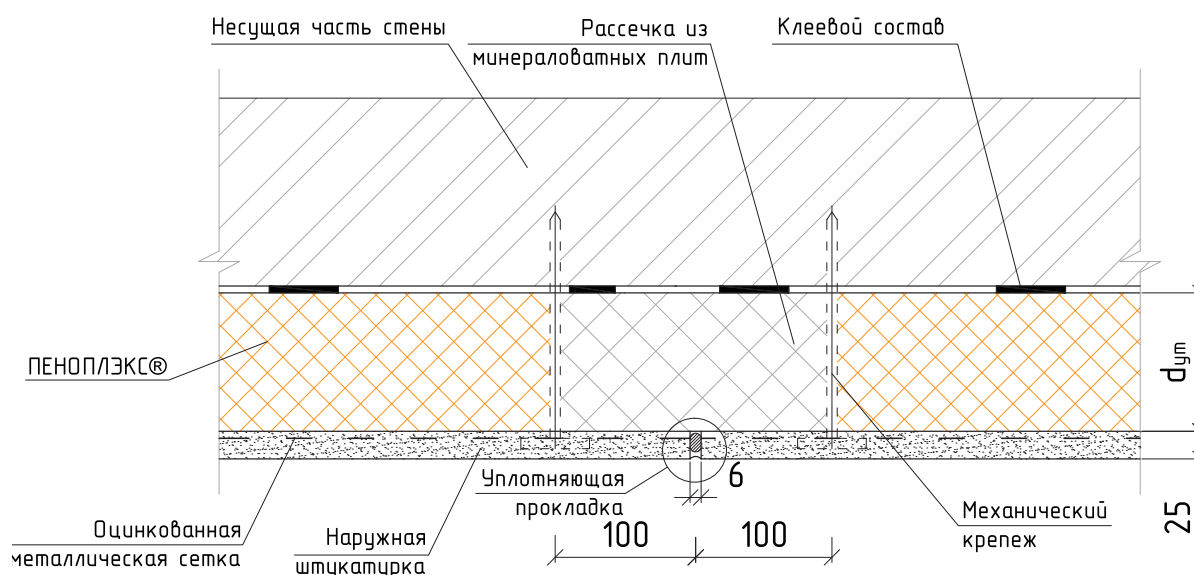


Рис. 1 Схема узла установки рассечки из минеральной ваты.

В настоящем разделе учитывается только влияние замены утеплителя, влияние крепежа рассмотрено в других разделах или в [3].

Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>°С</sup>), для узла установки рассечки из минераловатных плит.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,011	0,021	0,028
80	0,01	0,016	0,02
100	0,009	0,014	0,017
150	0,008	0,01	0,012

## 5.2. Примыкание стены к оконному проему

Примыкание окна наиболее распространенный и универсальный теплозащитный элемент. Он встречается практически во всех стенах.

Параметры, влияющие на потери теплоты через узел:

- толщина слоя утеплителя,  $d_{ут}$ , м;
- теплопроводность основания,  $\lambda_0$ , Вт/(м°C).
- сдвиг оконной рамы относительно плоскости между утеплителем и основанием;
- нахлест утеплителя на оконную раму.

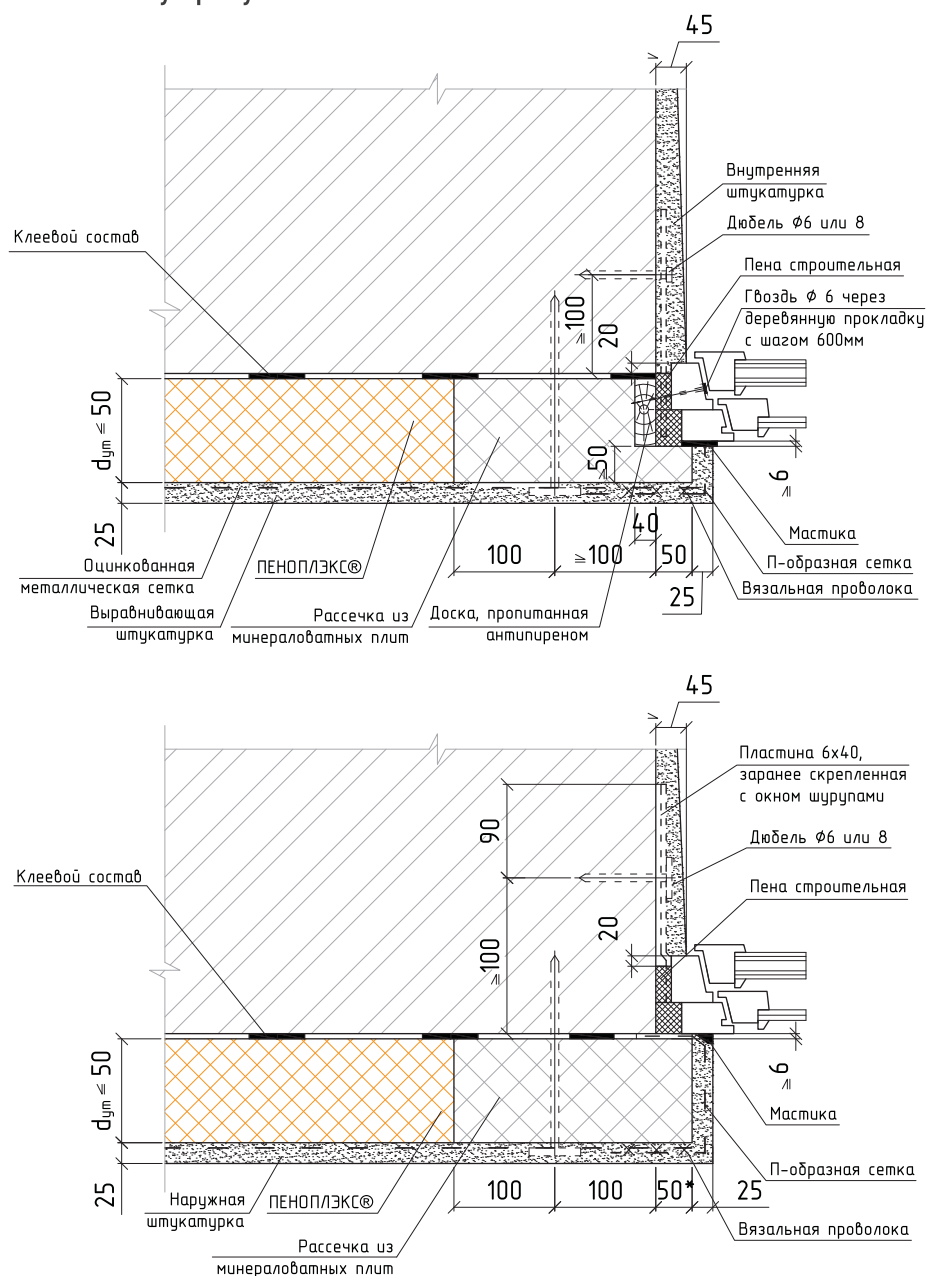


Рис. 2 Схема узла примыкания стены к оконному проему.

Во всех расчетах толщина основания стены принята равной 250 мм. Эта величина несущественно влияет на удельные потери теплоты через узел и полученные данные могут быть применены для стен с любой разумной толщиной основания, подходящих под описываемый случай.

Толщина рамы принятая в расчетах 70 мм.

Рассечки из минеральной ваты учтены в значениях удельных потерь теплоты приведенных в таблицах 2–10 и не требуют отдельного учета.

Схема узла представлена на рис. 2.

Результаты расчета сведены в таблицы 2–10.

Таблица 2. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), для узла примыкания стены к оконному проему. Окно вровень с основанием, нахлест отсутствует.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,029	0,061	0,089
80	0,032	0,067	0,095
100	0,035	0,071	0,099
150	0,04	0,077	0,106

Таблица 3. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), для узла примыкания стены к оконному проему. Окно вровень с основанием, нахлест 20 мм.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,015	0,031	0,044
80	0,014	0,031	0,044
100	0,016	0,033	0,046
150	0,019	0,038	0,050

Таблица 4. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), для узла примыкания стены к оконному проему. Окно вровень с основанием, нахлест 60 мм.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	-0,012	-0,002	0,005
80	-0,017	-0,008	-0,002
100	-0,018	-0,009	-0,003
150	-0,018	-0,009	-0,003

Ряд значений в таблицах приведены для общности и служат опорой для интерполяции.

Далее рассматривается случай сдвига окна в утеплитель. В данном случае сдвиг принимался равным 65 мм относительно несдвинутого случая.

Так как оконный блок фактически располагается в утеплителе, должны быть предусмотрены элементы крепления. Существует большой выбор вариантов крепления оконного блока, большинство вариантов сильно влияет на удельные потери теплоты. При расчетах значений в таблицах 5–7 предполагались точечные металлические крепления, в случае использования протяженных металлических креплений, приведенные данные применять нельзя.

Таблица 5. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), для узла примыкания стены к оконному проему. Окно вынесено в утеплитель, нахлест отсутствует.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,150	0,152	0,164
80	0,105	0,107	0,117
100	0,101	0,106	0,115
150	0,101	0,107	0,118

Таблица 6. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла примыкания стены к оконному проему.  
Окно вынесено в утеплитель, нахлест 20 мм.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	-	-	-
80	0,075	0,075	0,080
100	0,066	0,067	0,073
150	0,062	0,065	0,071

Таблица 7. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла примыкания стены к оконному проему.  
Окно вынесено в утеплитель, нахлест 60 мм.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	-	-	-
80	0,038	0,035	0,038
100	0,019	0,017	0,019
150	0,005	0,005	0,007

В таблицах 6, 7 строка для толщины утеплителя 50 мм пропущена, так как при сдвиге окна в утеплитель окно оказывалось вровень со штукатуркой и нахлест утеплителя невозможен. Для интерполяции промежуточных значений в этой строке данные можно брать из таблицы 5.

Далее рассматривается случай сдвига окна в сторону помещения. В данном случае сдвиг принимался равным 100 мм относительно несдвинутого случая.

Данный вариант в целом хуже двух рассмотренных выше. Без дополнительного утепления наружного откоса его применять нельзя. Значения удельных потерь теплоты для такого случая приведены справочно (таблица 8), чтобы иметь опору для интерполяции.

Таблица 8. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла примыкания стены к оконному проему.  
Окно сдвинуто в сторону помещения, нахлест отсутствует.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,070	0,255	0,584
80	0,086	0,285	0,626
100	0,094	0,298	0,641
150	0,114	0,326	0,675

Таблица 9. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла примыкания стены к оконному проему.  
Окно сдвинуто в сторону помещения, нахлест 20 мм.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,030	0,089	0,143
80	0,041	0,104	0,157
100	0,046	0,111	0,163
150	0,056	0,122	0,173

Таблица 10. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла примыкания стены к оконному проему.  
Окно сдвинуто в сторону помещения, нахлест 60 мм.

$d_{ут}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	-0,014	0,013	0,035
80	-0,008	0,020	0,040
100	-0,005	0,023	0,042
150	0,001	0,029	0,046



### 5.3. Соединение слоев стены металлическими петлями

Практически во всех конструкциях

Параметры, влияющие на потери теплоты через узел:

- толщина слоя утеплителя,  $d_{ут}$ , м;
- теплопроводность основания,  $\lambda_0$ , Вт/(м<sup>°С</sup>);
- удельное сечение петли мм<sup>2</sup>.

Следует учесть, что каждая петля содержит две арматуры, проходящие через утеплитель.

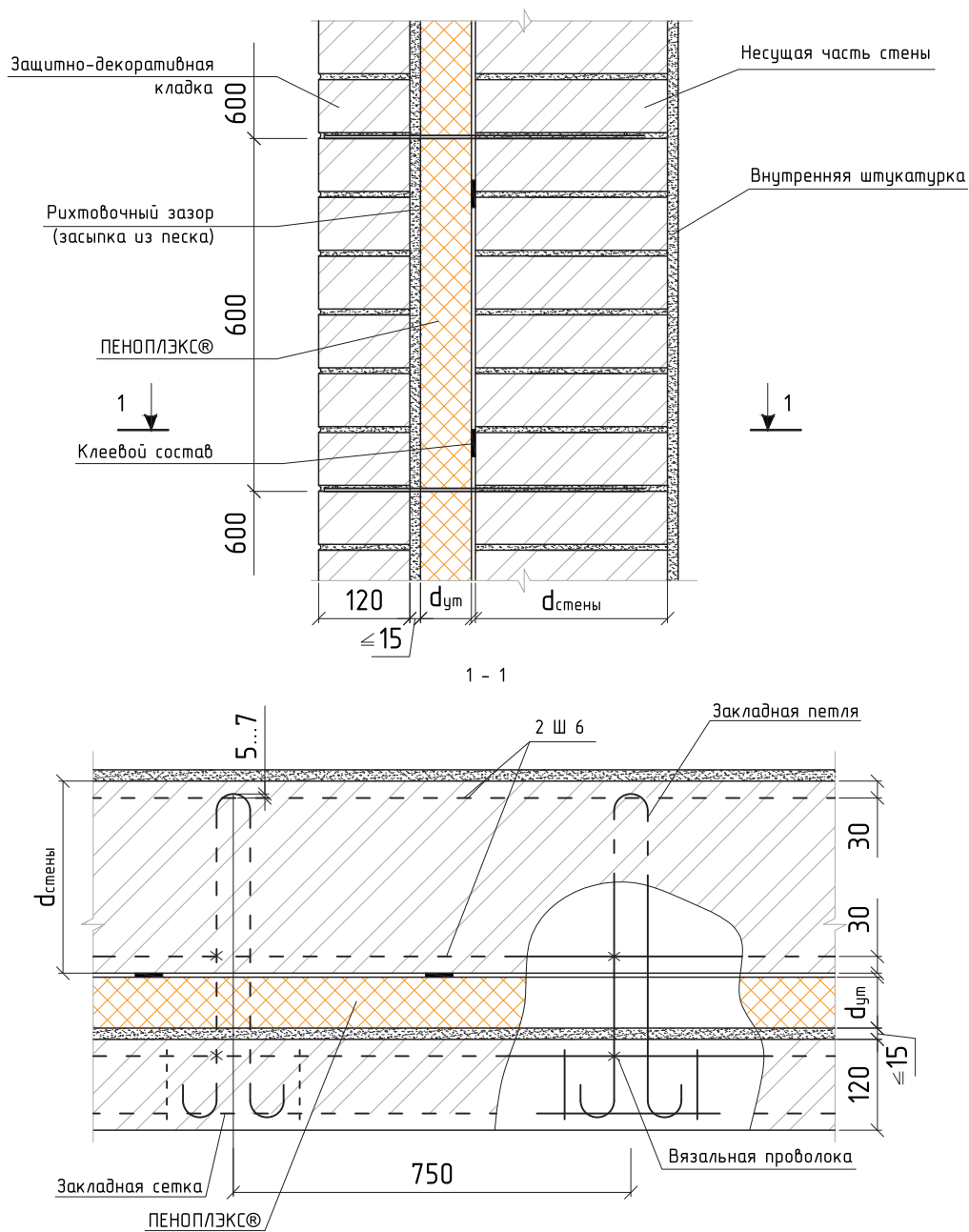


Рис. 4. Схема узла расположения петель в стене.

Результаты расчета сведены в таблицы 11-13.

Таблица 11. Удельные потери теплоты  $\chi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла установки петли в стене.  
Петля с удельным сечением металла 57 мм<sup>2</sup>.

$d_{yt}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,025	0,039	0,053
80	0,027	0,040	0,052
100	0,027	0,039	0,049
150	0,026	0,035	0,043

Таблица 12. Удельные потери теплоты  $\chi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла установки петли в стене.  
Петля с удельным сечением металла 19 мм<sup>2</sup>.

$d_{yt}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,012	0,019	0,025
80	0,012	0,018	0,023
100	0,012	0,018	0,022
150	0,011	0,015	0,018

Таблица 13. Удельные потери теплоты  $\chi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла установки петли в стене.  
Петля с удельным сечением металла 6,3 мм<sup>2</sup>.

$d_{yt}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,004	0,007	0,009
80	0,004	0,006	0,008
100	0,004	0,006	0,008
150	0,004	0,005	0,006

## 5.4. Соединение слоев стены металлической сеткой

Параметры, влияющие на потери теплоты через узел:

- толщина слоя утеплителя,  $d_{ут}$ , м;
- теплопроводность основания,  $\lambda_0$ , Вт/(м°C);
- удельное сечение металла на погонный метр сетки  $см^2/м$ .

Под последним параметром понимается суммарная площадь сечения всех прутьев сетки расположенных поперек стены в одном погонном метре сетки.

Во всех расчетах толщина основания стены принята равной 250 мм. Эта величина несущественно влияет на удельные потери теплоты через узел и полученные данные могут быть применены для стен с любой разумной толщиной основания, подходящих под описываемый случай.

Схема узла представлена на рис. 5.

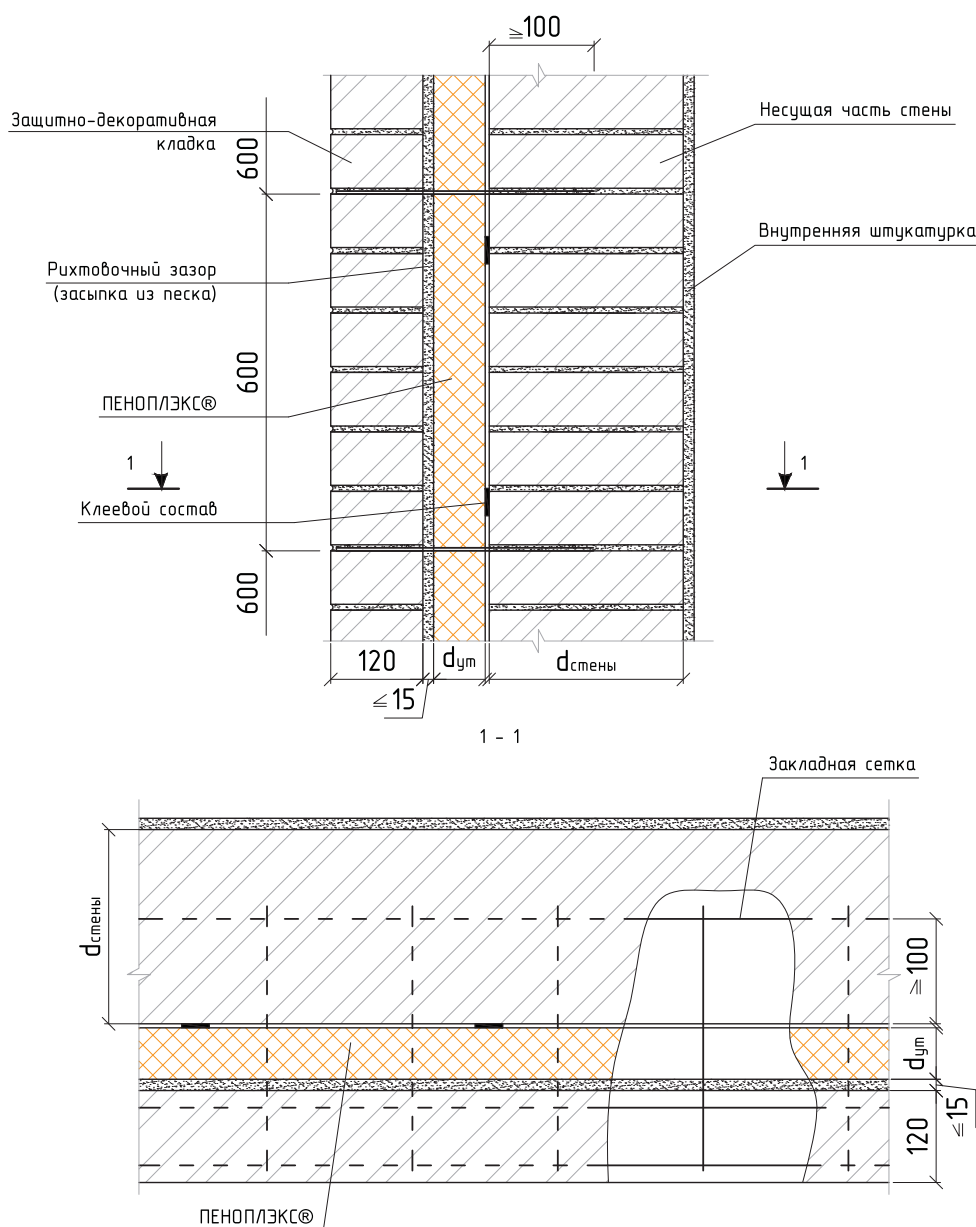


Рис. 5 Схема узла расположения сетки в стене.

Таблица 14. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла расположения сетки в стене.  
Сетка с удельным сечением металла на погонный метр 0,53 см<sup>2</sup>/м.

$d_{yt}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,005	0,008	0,011
80	0,005	0,007	0,009
100	0,004	0,007	0,008
150	0,004	0,005	0,006

Таблица 15. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла расположения сетки в стене.  
Сетка с удельным сечением металла на погонный метр 2,1 см<sup>2</sup>/м.

$d_{yt}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,018	0,031	0,043
80	0,018	0,028	0,035
100	0,017	0,026	0,031
150	0,015	0,021	0,024

Таблица 16. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла расположения сетки в стене.  
Сетка с удельным сечением металла на погонный метр 6,3 см<sup>2</sup>/м.

$d_{yt}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,041	0,071	0,101
80	0,042	0,068	0,088
100	0,042	0,064	0,08
150	0,039	0,054	0,064

Для узлов соединения слоев стены металлической сеткой с удельным сечением металла на погонный метр меньшим 0,53 см<sup>2</sup>/м значения с хорошей точностью могут быть найдены интерполяцией между значениями таблицы 14 и нулем (при нулевом сечении металла в сетке, нулевые удельные потери теплоты).

## 5.5. Деформационно-усадочный шов

Параметры, влияющие на потери теплоты через узел:

- толщина слоя утеплителя,  $d_{ут}$ , м;
- теплопроводность основания,  $\lambda_0$ , Вт/(м°C);
- наличие и размер декоративного элемента, защищающего шов.

Всего рассмотрено три варианта решения декоративного элемента: декоративный элемент отсутствует, декоративный элемент шириной 100 мм, декоративный элемент шириной 240 мм.

Во всех расчетах толщина основания стены принята равной 250 мм.

Схема узла представлена на рис. 6, 7.

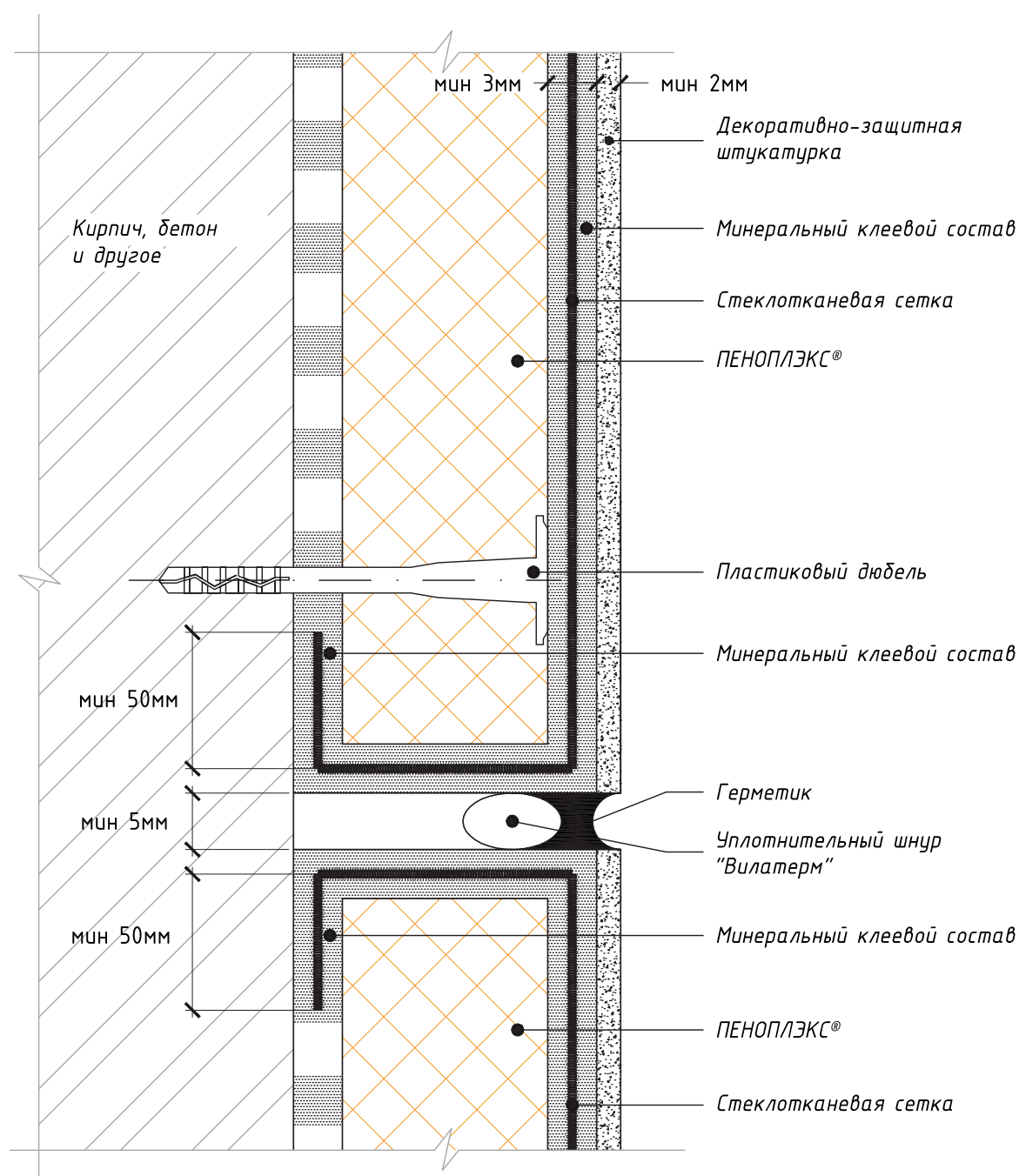


Рис. 6 Схема узла расположения деформационно-усадочного шва. Без декоративного элемента.

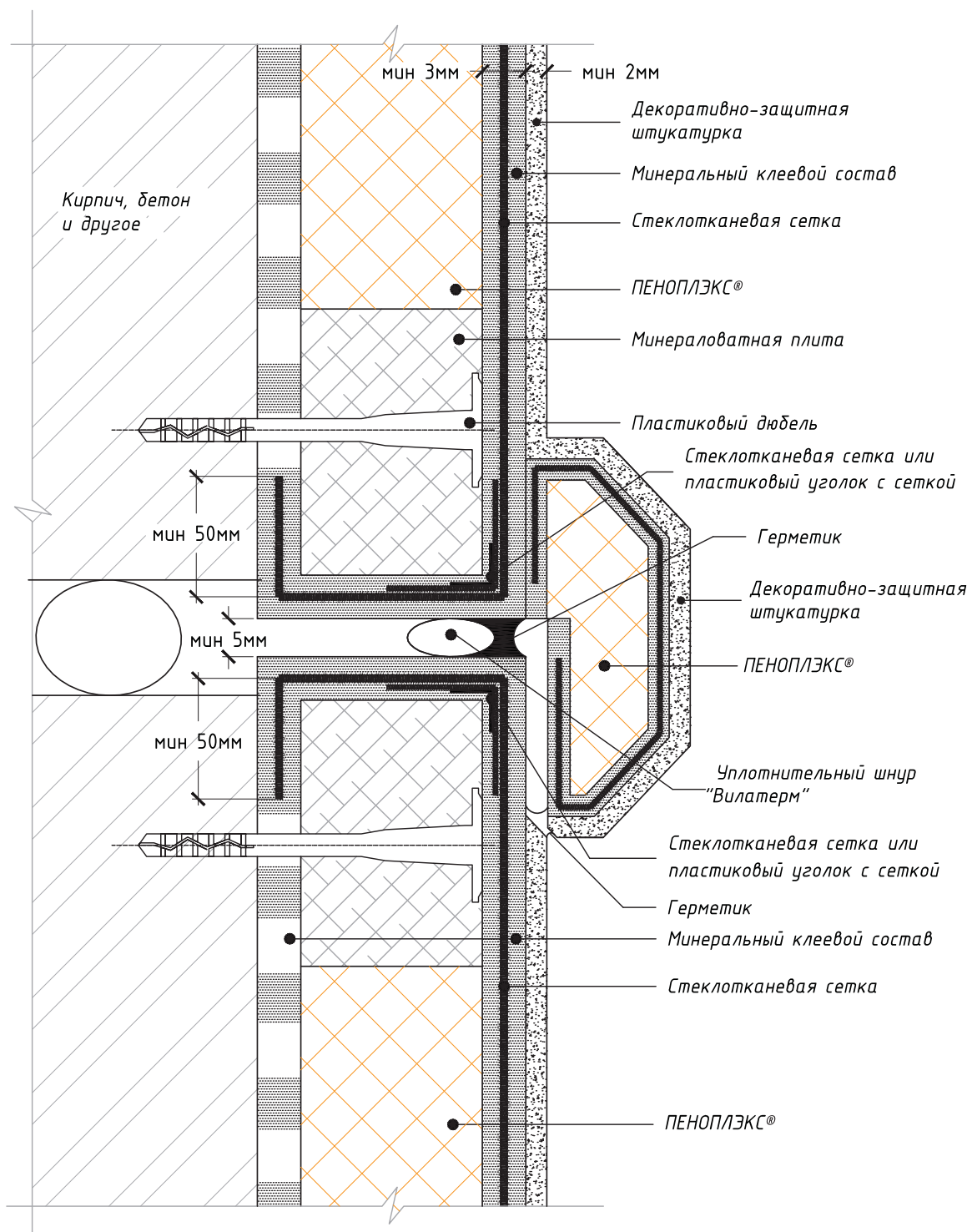


Рис. 7 Схема узла расположения деформационно-усадочного шва. Декоративный элемент.

Результаты расчета сведены в таблицы 17-19.



Таблица 17. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла расположения деформационно-усадочного шва.  
Без декоративного элемента.

$d_{yt}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,028	0,064	0,094
80	0,031	0,058	0,076
100	0,031	0,053	0,066
150	0,029	0,043	0,05

Таблица 18. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла расположения деформационно-усадочного шва.  
Декоративный элемент шириной 100 мм.

$d_{yt}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,025	0,055	0,078
80	0,03	0,055	0,076
100	0,031	0,052	0,07
150	0,03	0,044	0,065

Таблица 19. Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>С), для узла расположения деформационно-усадочного шва.  
Декоративный элемент шириной 240 мм.

$d_{yt}$ , мм	$\lambda_o=0,2$	$\lambda_o=0,6$	$\lambda_o=1,8$
50	0,007	0,014	0,02
80	0,016	0,028	0,035
100	0,019	0,031	0,038
150	0,022	0,031	0,036

## 6. Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче стены жилого дома.

### 6.1. Описание конструкции выбранной для расчета

Стена с ситемой теплоизоляции с тонким штукатурным слоем (далее СФТК). Фасадную систему монтируют на стену здания, выполненного с каркасом из монолитного железобетона. Наружные стены выполняют из кирпичной кладки толщиной 250 мм. Толщина теплоизоляционного слоя фасада из экструдированного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС® составляет 100 мм. Штукатурный слой и утеплитель крепят к основанию тарельчатыми анкерами со стальным распорным элементом. Высота этажа от пола до пола 3300 мм. Толщина железобетонного перекрытия 160 мм. Плиты балконов и лоджий перфорируют по длине в отношении утепленные пустоты/бетонные переемычки 1/1. Толщина оконной рамы 70 мм, рама стоит вровень с утеплителем, нахлест утеплителя 20 мм. Рассечки из минеральной ваты проходят через этаж.

Состав стены (изнутри наружу) представлен в таблице 20:

Таблица 20

Материал слоя	$\delta$ , мм	$\lambda$ , Вт/(м <sup>0</sup> С)
Внутренняя штукатурка	20	0,93
Кирпичная кладка	250	0,64
Экструдированный пенополистирол	100	0,032
Наружная штукатурка	6	-

### 6.2. Перечисление элементов составляющих стеновую конструкцию

По приложению 1 для СФТК характерны следующие элементы:

- крепеж утеплителя (тарельчатый анкер);
- сопряжение с балконными плитами;
- рассечки из минеральной ваты;
- стыки с оконными блоками;
- деформационно-усадочные швы;
- примыкание к цокольному ограждению;
- сопряжение с покрытием;
- углы;
- стык с другими видами стеновых конструкций.

Плоский элемент – стена по глади.

Среди перечисленных элементов некоторые отсутствуют в стенах рассматриваемого здания или оказывают незначительное влияние. Примыкание к цокольному ограждению утеплено таким образом, что дополнительные тепловые потери не возникают. Здание включает восемь выпуклых углов и четыре вогнутых. Удельные потери теплоты углов практически полностью компенсируются. Стыки с другими видами стеновых конструкций отсутствуют. Примыкание к парапету утеплено так, что дополнительные потери отсутствуют. Оставшиеся элементы подробно описаны ниже.

*плоский элемент 1* – кирпичная кладка, утепленная снаружи слоем экструдированного пенополистирола, с облицовкой тонким слоем штукатурки;

*линейный элемент 1* – стык балконной плиты со стеной;

*линейный элемент 2* – примыкание оконного блока к стене;

*линейный элемент 3* – рассечка из минеральной ваты;

*линейный элемент 4* – деформационно-усадочные швы;

*точечный элемент 1* – тарельчатый анкер.

Таким образом, в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции один вид плоских, четыре вида линейных и один вид точечных элементов.

### 6.3. Геометрические характеристики элементов

Весь фасад здания, включая светопроемы, имеет общую площадь  $2740 \text{ м}^2$ . Фасад содержит следующие светопроемы: размером  $2400 \times 2200 \text{ мм}$  (окно с балконной дверью) – 50 шт,  $2400 \times 1800 \text{ мм}$  – 50 шт,  $1200 \times 1800 \text{ мм}$  – 60 шт,  $1200 \times 1200 \text{ мм}$  – 12 шт. Суммарная площадь светопроемов  $597 \text{ м}^2$ .

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета составляет:

$$A = 2740 - 597 = 2143 \text{ м}^2.$$

Суммарная протяженность балконных плит на фасаде составляет 275 м. Удельная геометрическая характеристика равна:

$$l_1 = \frac{275}{2143} = 0,128 \text{ м}^{-1}.$$

Общая длина оконных откосов определяется по экспликации оконных проемов и равна:

$$L_2 = (2 \cdot 2,4 + 2 \cdot 2,2) \cdot 50 + (2 \cdot 2,4 + 2 \cdot 1,8) \cdot 50 + (2 \cdot 1,2 + 2 \cdot 1,8) \cdot 60 + (2 \cdot 1,2 + 2 \cdot 1,2) \cdot 12 = 1298 \text{ м}$$

Длина откосов, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  площади фрагмента равна:

$$l_2 = \frac{1298}{2143} = 0,606 \text{ м}^{-1}.$$

Общая протяженность расщечки из минеральной ваты составляет 560 м.

Длина расщечки, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  площади фрагмента равна:

$$l_3 = \frac{560}{2143} = 0,261 \text{ м}^{-1}.$$

Общая протяженность деформационно-усадочных швов составляет 66 м.

Длина деформационно-усадочных швов, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  площади фрагмента равна:

$$l_4 = \frac{66}{2143} = 0,031 \text{ м}^{-1}.$$

Среднее число тарельчатых анкеров – 10 штук на  $1 \text{ м}^2$  площади стены.

## 6.4. Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами

Для плоского элемента теплозащитные характеристики определяют по формулам (2), (5), (6):

$$R_{o,1}^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,25}{0,64} + \frac{0,1}{0,032} + \frac{1}{23} = 3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт},$$

$$U_1 = \frac{1}{R_{o,1}^{усл}} = \frac{1}{3,7} = 0,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Удельные потери теплоты линейного элемента 1 принимают по таблице Е. 18 [3].

Удельные потери теплоты теплозащитного элемента  $\Psi_1 = 0,372 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$

Удельные потери теплоты линейного элемента 2 принимаются по таблице 3.

Удельные потери теплоты  $\Psi_2 = 0,033 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$

Удельные потери теплоты линейного элемента 3 принимаются по таблице 1.

Удельные потери теплоты  $\Psi_3 = 0,014 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$

Удельные потери теплоты линейного элемента 4 принимаются по таблице 17.

Удельные потери теплоты  $\Psi_4 = 0,053 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$

Для точечного элемента 1 удельные потери теплоты принимают по таблице Е.4. [3]

Рассматриваемому элементу соответствует четвертая строчка таблицы удельные потери теплоты  $\chi_1 = 0,003 \text{ Вт}/\text{°C}$

Таким образом, определены все удельные потери теплоты, обусловленные всеми элементами в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции.

## 6.5. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стены

Данные расчетов, сведены в таблицу 21 в соответствии с приложением В СП 50.13330.

Таблица 21.

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a = 1 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_1 = 0,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$U_1 a_1 = 0,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	72,2
Линейный элемент 1	$l_1 = 0,128 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_1 = 0,372 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_1 l_1 = 0,048 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	12,8
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,606 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_2 = 0,033 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_2 l_2 = 0,02 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	5,3
Линейный элемент 3	$l_3 = 0,261 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_3 = 0,014 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_3 l_3 = 0,004 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	1,1
Линейный элемент 4	$l_4 = 0,031 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_4 = 0,053 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_4 l_4 = 0,002 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	0,6
Точечный элемент 1	$n_1 = 10 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_1 = 0,003 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\chi_1 n_1 = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	8,0
Итого			$1/R_{пр} = 0,374 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции рассчитывают по формуле (1).

$$R_o^{пр} = \frac{1}{0,374} = 2,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче получено, расчет окончен. При необходимости по формуле (7) можно определить коэффициент теплотехнической однородности:

$$r = \frac{0,27}{0,374} = 0,72$$

Как видно из таблицы 21 наибольшие дополнительные потери теплоты приходятся на балконные плиты и элементы крепления утеплителя. В случае необходимости повышения однородности конструкции следует дорабатывать именно эти элементы.

## Заключение

В работе рассмотрены основные теплозащитные элементы для типовых решений узлов из альбома технических решений ПЕНОПЛЭКС®. Для каждого варианта каждого элемента найдены удельные потери теплоты, которые сведены в таблицы 1 – 19. Также в работе приведены методика и алгоритм расчета приведенного сопротивления теплопередаче с использованием разработанных таблиц. Собранные в настоящем отчете данные позволяют всем заинтересованным лицам проводить расчеты приведенного сопротивления теплопередаче или потерь теплоты ограждающими конструкциями самостоятельно без привлечения специалистов теплофизиков и специализированных программ по расчету температурных полей.

## Список литературы

- [1] СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» М. 2000.
- [2] СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».
- [3] СП «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».
- [4] СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». М., 2004.

## Приложение 1

### Типовая разбивка на теплозащитные элементы

Трехслойные стены с эффективным утеплителем и облицовкой из кирпичной кладки:

- 1) Петли или сетки, проходящие через утеплитель (таблицы 11 – 16);
- 2) крепеж утеплителя (при крепеже тарельчатыми анкерами (таблица Е.4 [3]);
- 3) сопряжение с плитой перекрытия или балконной плитой (таблицы Е.11 – Е.16 [3]);
- 4) стыки с оконными блоками (таблицы 2 – 10);
- 5) примыкание к цокольному ограждению (таблица Е.40 [3]);
- 6) углы (таблица Е.28 [3]);
- 7) стыки с другими видами стеновых конструкций (при наличии). [3]

Системы фасадные теплоизоляционные, композиционные с наружными штукатурными слоями (СФТК):

- 1) крепеж утеплителя (тарельчатый анкер) (таблица Е.4 [3]);
- 2) сопряжение с балконной плитой (таблицы Е.17 – Е.21[3]);
- 3) рассечки из минеральной ваты (таблица 1);
- 4) стыки с оконными блоками (таблицы 2 – 10);
- 5) деформационно-усадочные швы (таблицы 17 – 19);
- 6) примыкание к цокольному ограждению (таблица Е.40[3]);
- 7) углы (таблица Е.28 [3]);
- 8) стыки с другими видами стеновых конструкций (при наличии). [3]





## РАЗДЕЛ 3

ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»

### Раздел 3

Стандарта организации по применению ПЕНОПЛЭКС®  
в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей

**«Применение теплоизоляционных плит ПЕНОПЛЭКС®  
в ограждающих и несущих конструкциях с учетом обеспечения  
требуемых показателей огнестойкости и пожарной опасности»  
(на основании заключений ФГБУ ВНИИПО МЧС России)**

Ответственный исполнитель:  
Начальник технического отдела  
ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»



А.В. Жеребцов

Санкт-Петербург  
2015

## Область применения

Раздел настоящего стандарта разработан для широкого круга специалистов строительных, эксплуатационных, научно-исследовательских и проектных организаций, надзорных органов.

Раздел настоящего стандарта устанавливает основные требования к проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений с применением утеплителя из экструдированного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС® с точки зрения его использования в различных конструкциях с учетом необходимости соблюдения требований пожарной безопасности.

## Пожарно-технические характеристики строительных конструкций с применением ПЕНОПЛЭКС®

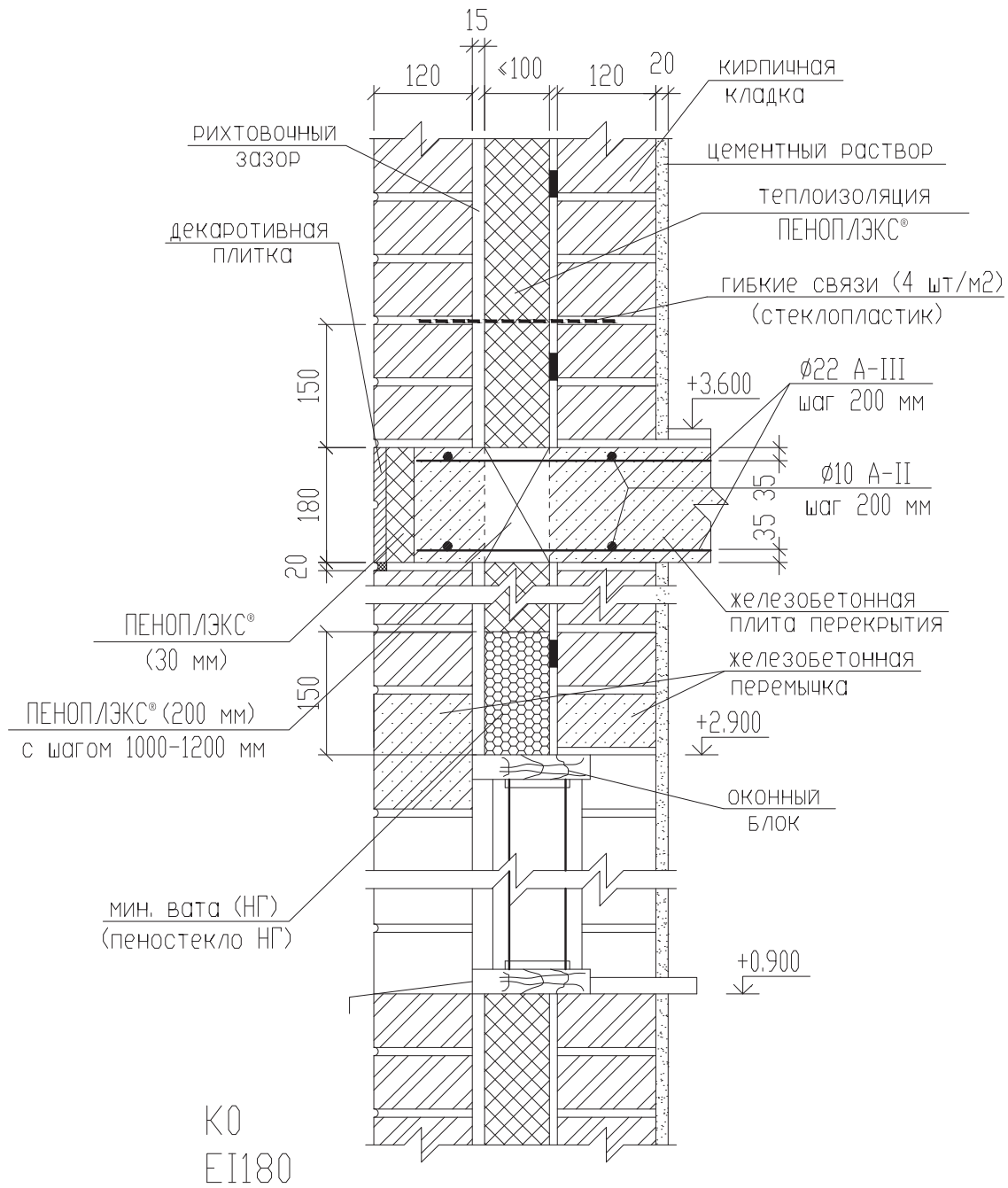
Для оценки огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций, имеющих в составе ПЕНОПЛЭКС®, с целью определения области их допустимого применения были проведены различные испытания, в том числе крупномасштабные.

В результате испытаний установлено, что пределы огнестойкости, например, конструкций стен с применением оснований и облицовок из материалов группы горючести НГ (железобетон, газобетон, кирпич) определяются в основном пределами огнестойкости оснований.

В отдельных конструктивных решениях применение ПЕНОПЛЭКС® повышает предел огнестойкости строительных конструкций.

Результаты испытаний ограждающих конструкций с ПЕНОПЛЭКС® приведены в СТО 274.465.001-2013 «Стандарт РАПЭКС на применение экструдированного пенополистирола в ограждающих и несущих строительных конструкциях с учётом обеспечения требуемых показателей огнестойкости и пожарной опасности», который согласован с ФГБУ ВНИИПО МЧС России, письмо от 21.10.2013 № 4985-13-1-03.

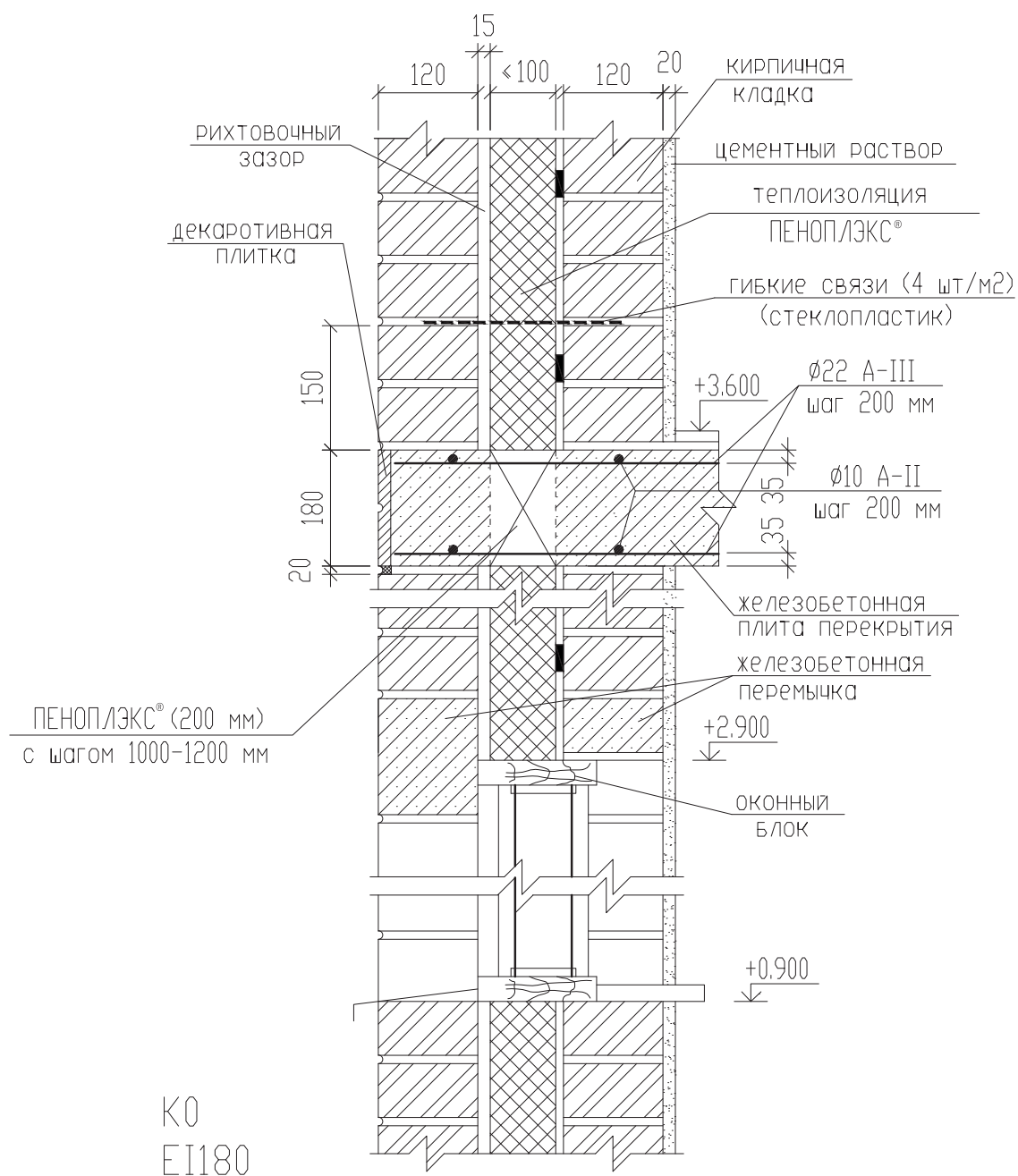
# Узел 1



собственный вес стены : 1,12 т/пм

самонесущая наружная стена здания (до 75 м)  
кирпич-120 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич-120 мм

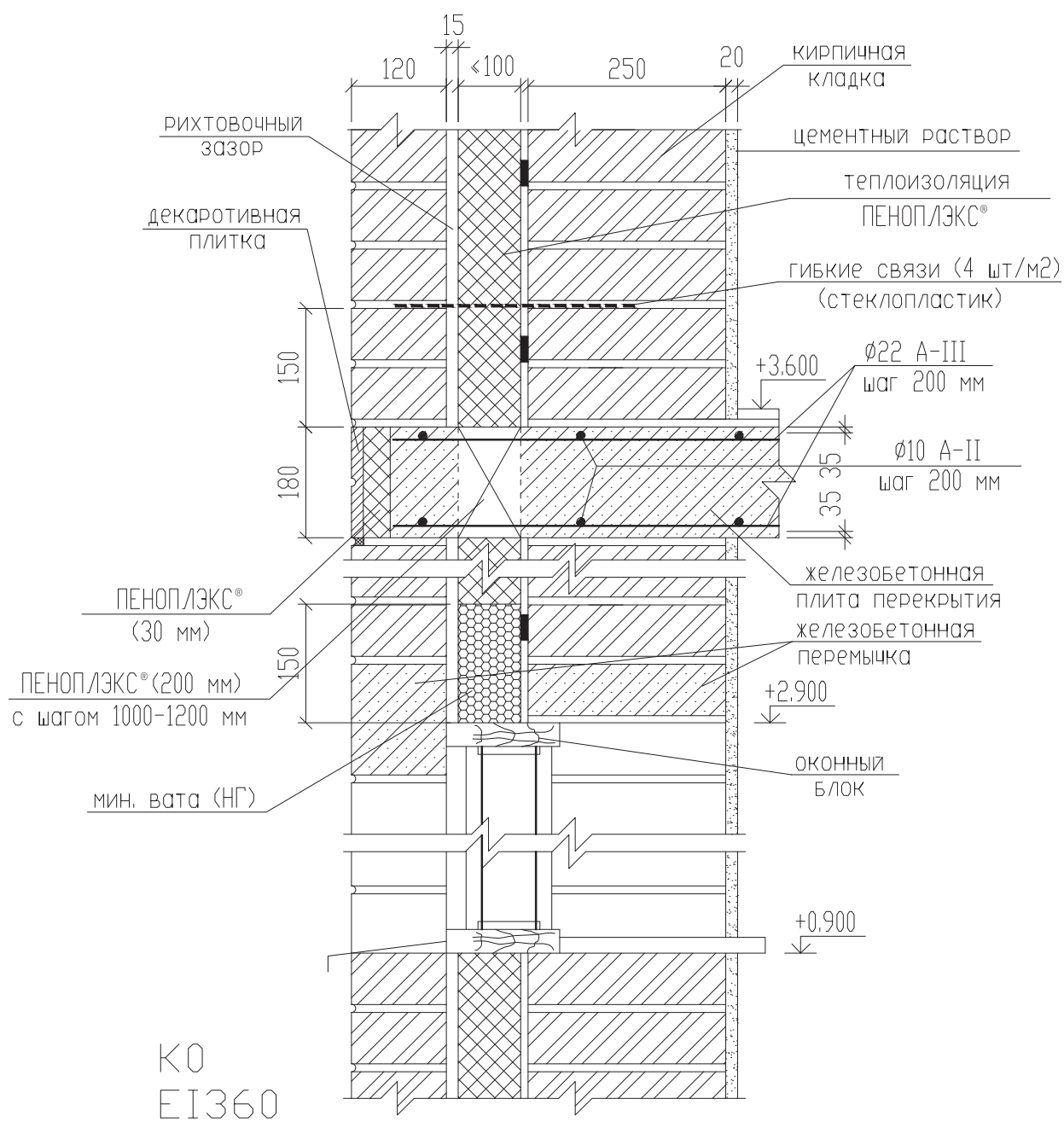
# Узел 2



собственный вес стены : 1,12 т/пм

самонесущая наружная стена здания (до 75 м)  
кирпич-120 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич-120 мм

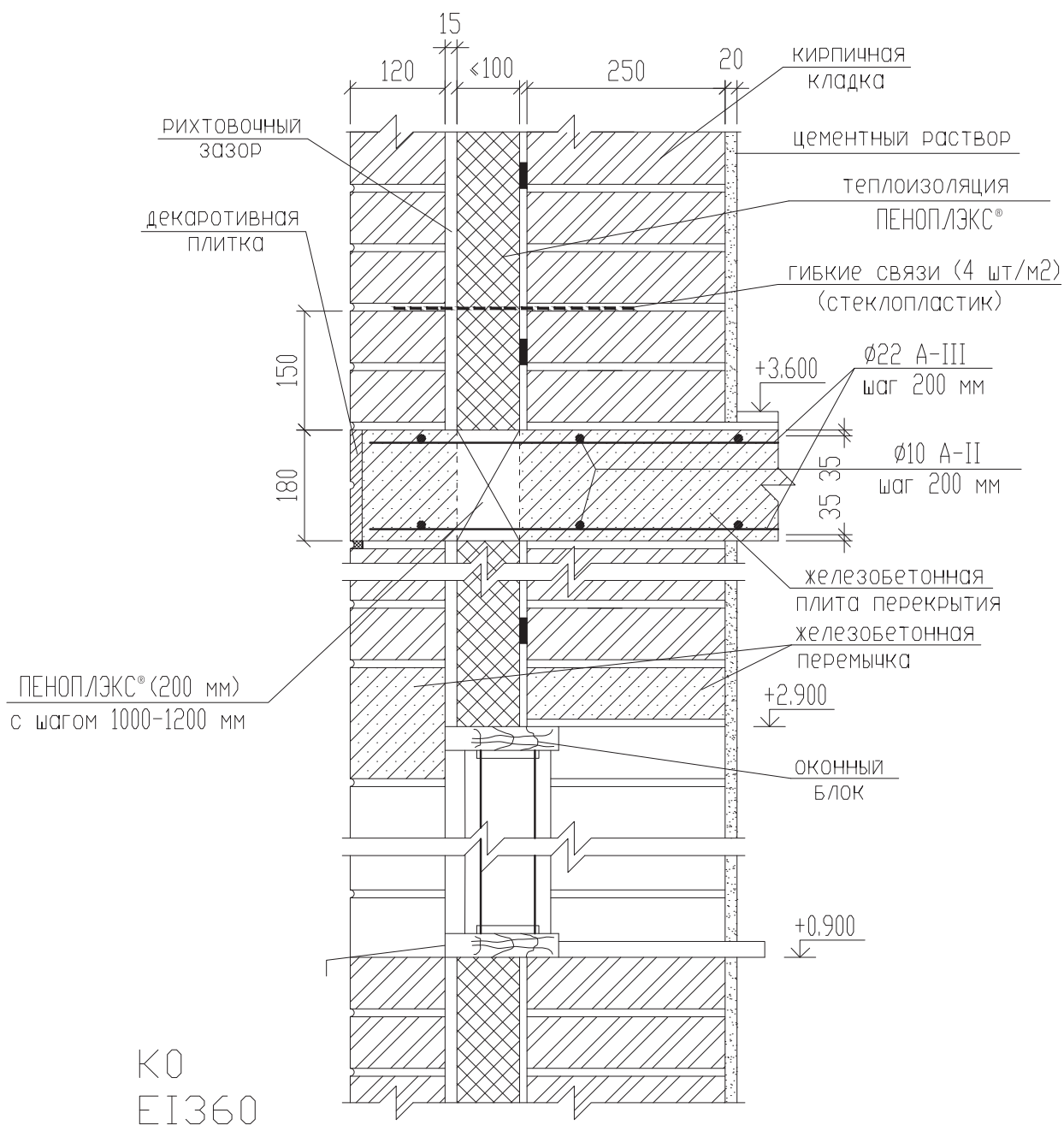
# Узел 3



собственный вес стены : 1,74 т/пм

самонесущая наружная стена здания (до 75 м)  
кирпич-120 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич 250 мм

# Узел 4

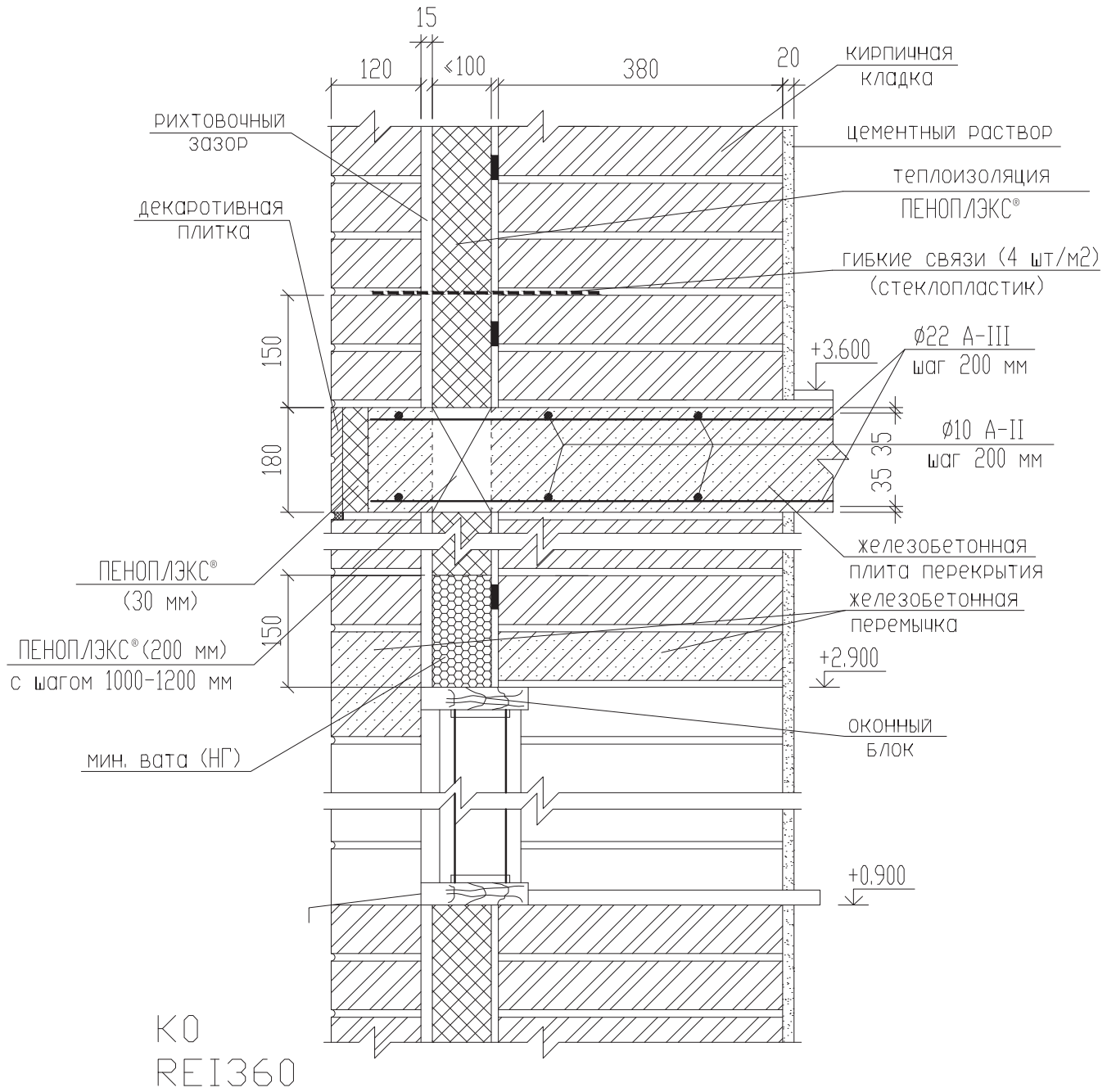


собственный вес стены : 1,74 т/пм

самонесущая наружная стена здания (до 75 м)  
кирпич-120 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич-250 мм

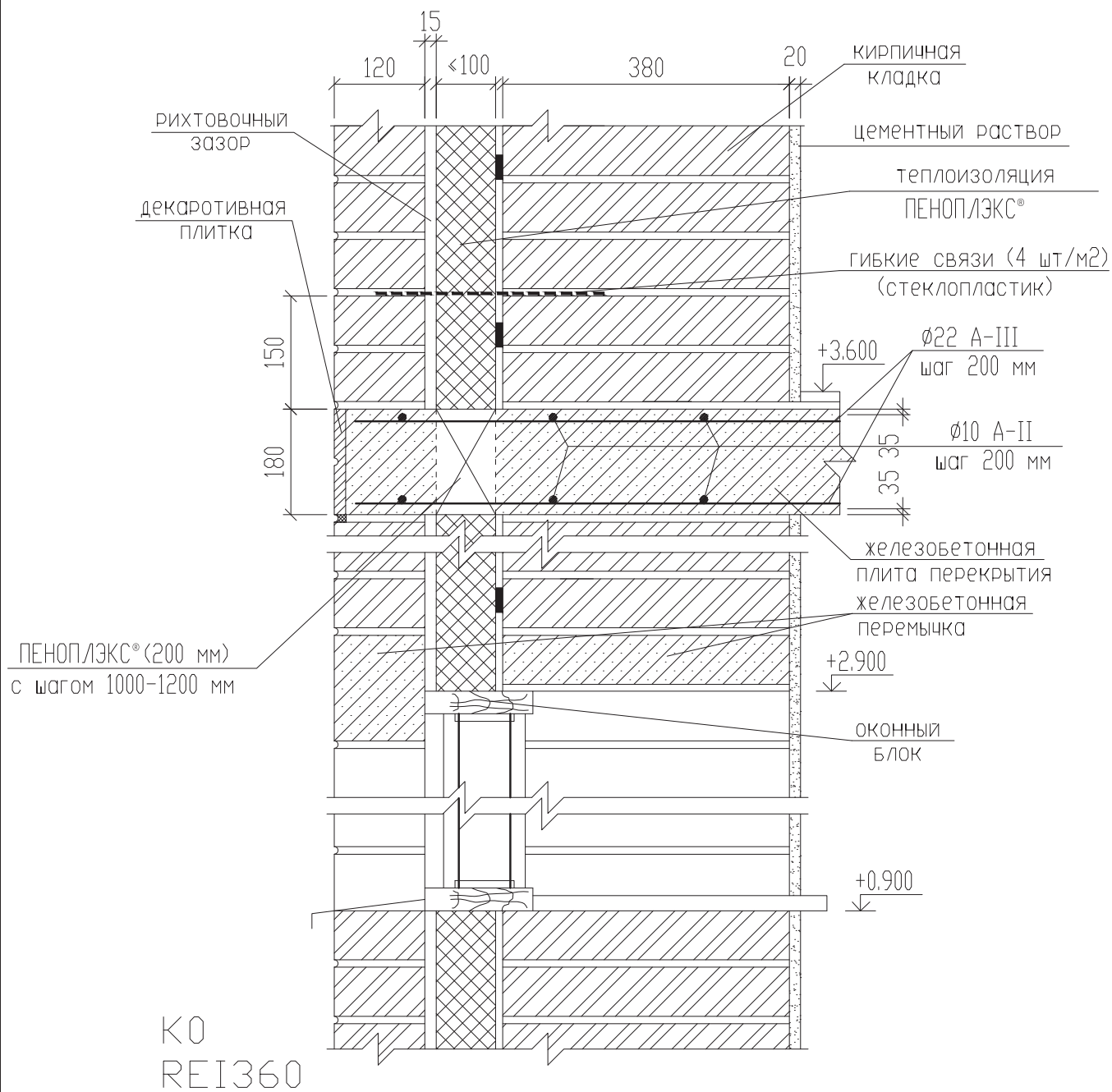


# Узел 5



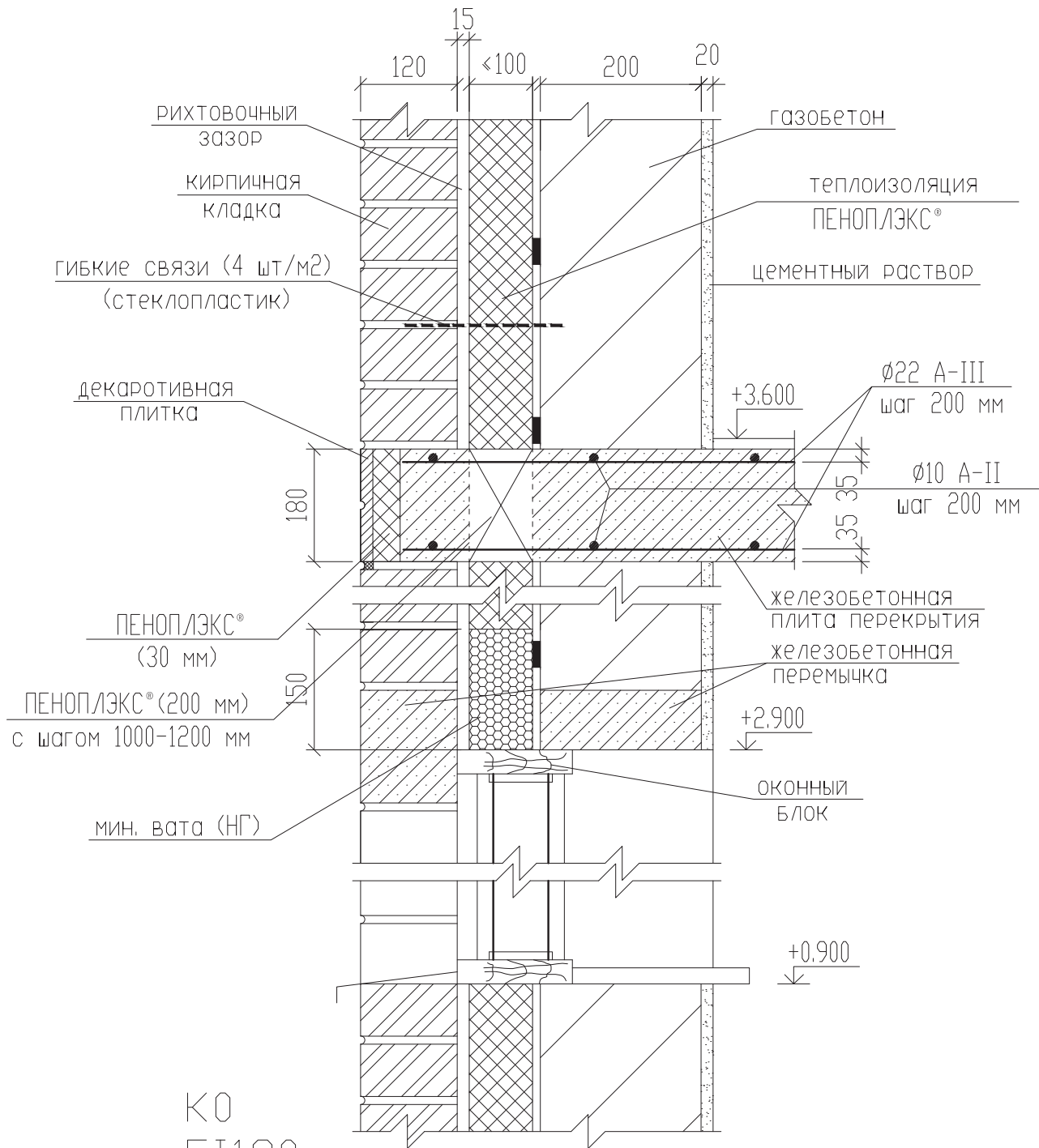
несущая наружная стена здания (до 75 м)  
кирпич-120 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич 380 мм

# Узел 6



несущая наружная стена здания (до 75 м)  
 кирпич-120 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич 380 мм

# Узел 7

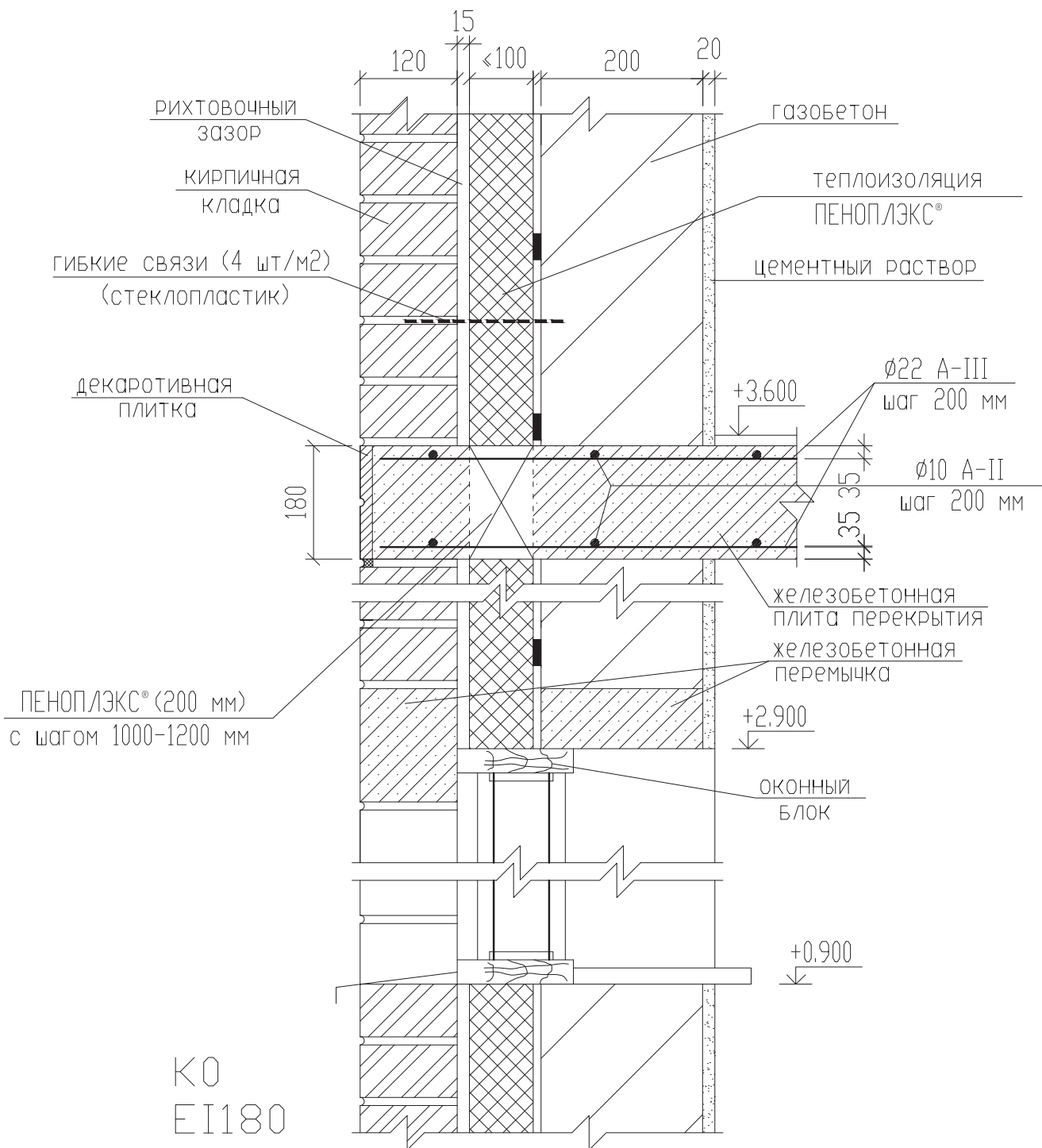


K0  
EI180

собственный вес стены : 1,13 т/пм

самонесущая наружная стена здания (до 75 м)  
газобетон-200 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич-120 мм

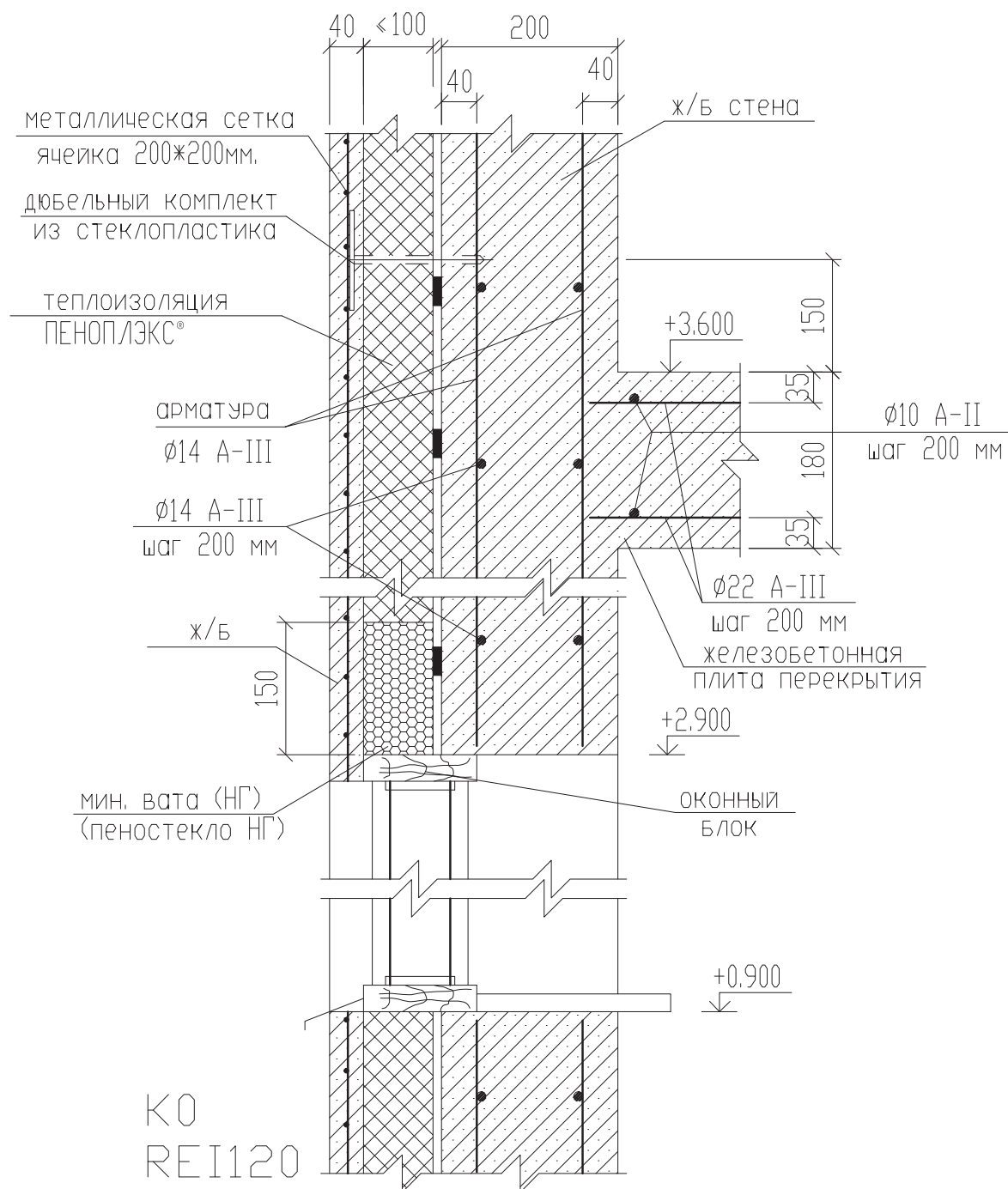
# Узел 8



собственный вес стены : 1,13 т/пм

самонесущая наружная стена здания (до 75 м)  
 газобетон-200 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич-120 мм

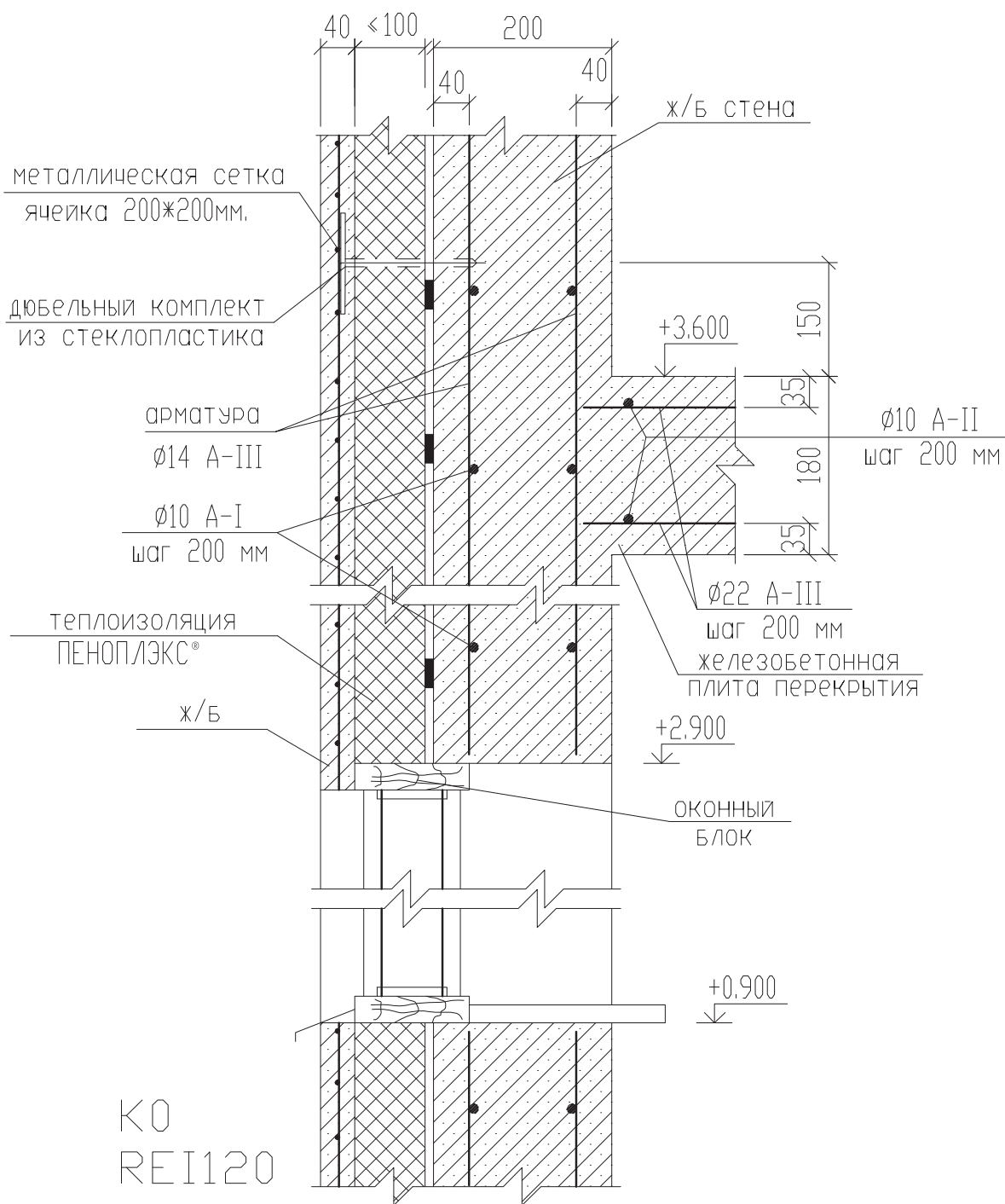
# Узел 9



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
ж/б-200 мм + ПЕНОПЛЭКС® + ж/б-40 мм

# Узел 10

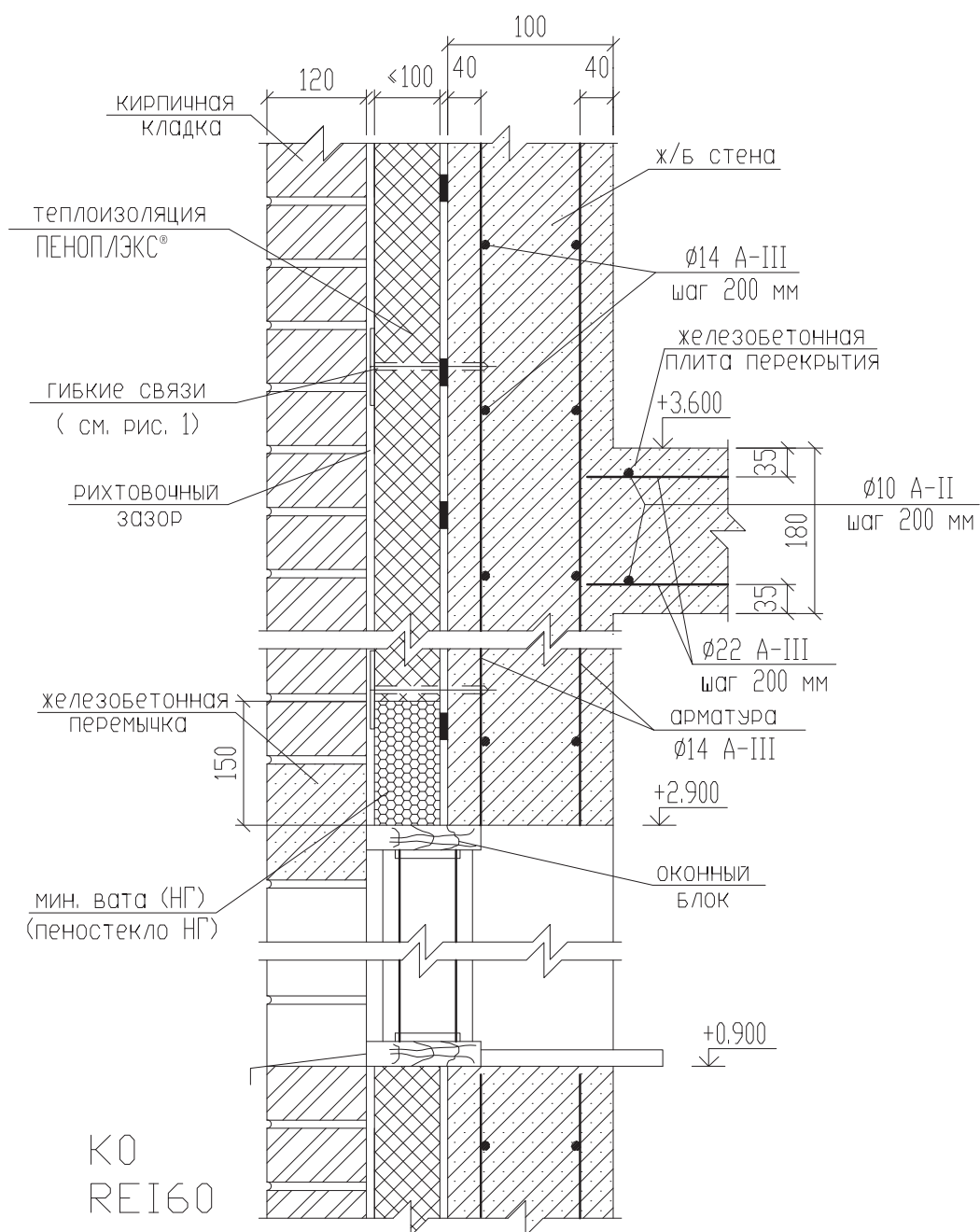


собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
ж/б-200 мм + ПЕНОПЛЭКС® + ж/б-40 мм



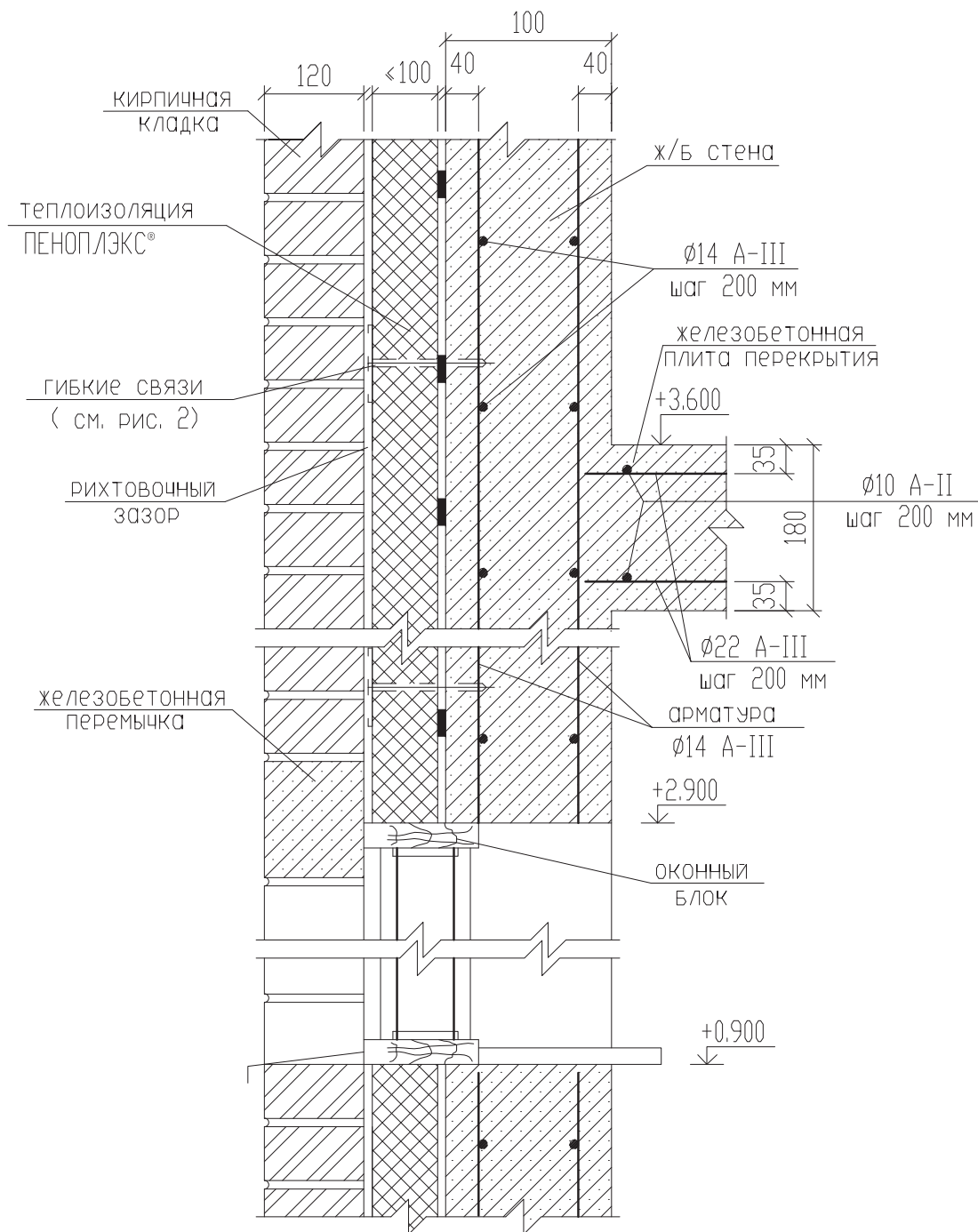
# Узел 11



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
ж/б-200 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич-120 мм

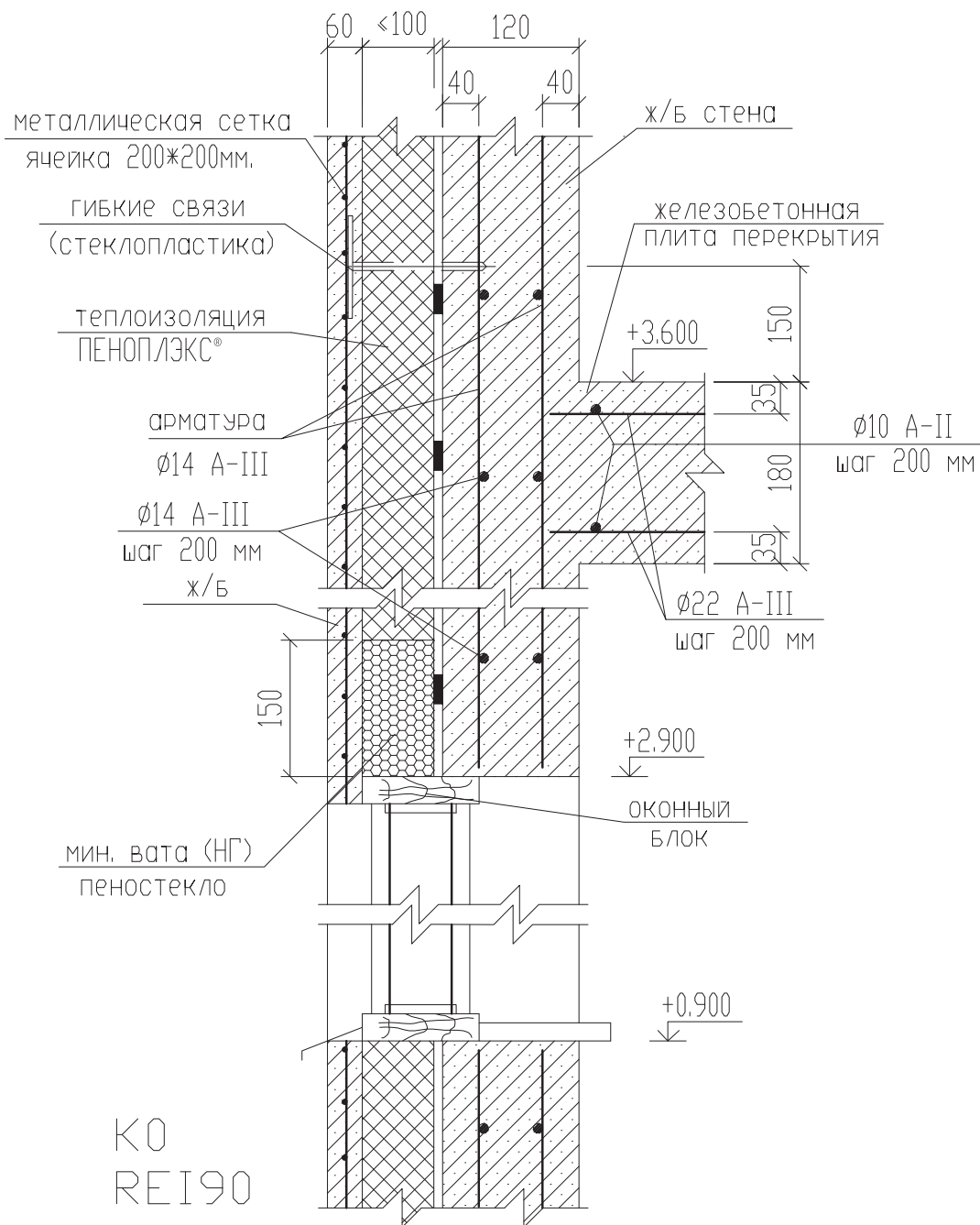
# Узел 12



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
ж/б-200 мм + ПЕНОПЛЭКС® + кирпич-120 мм

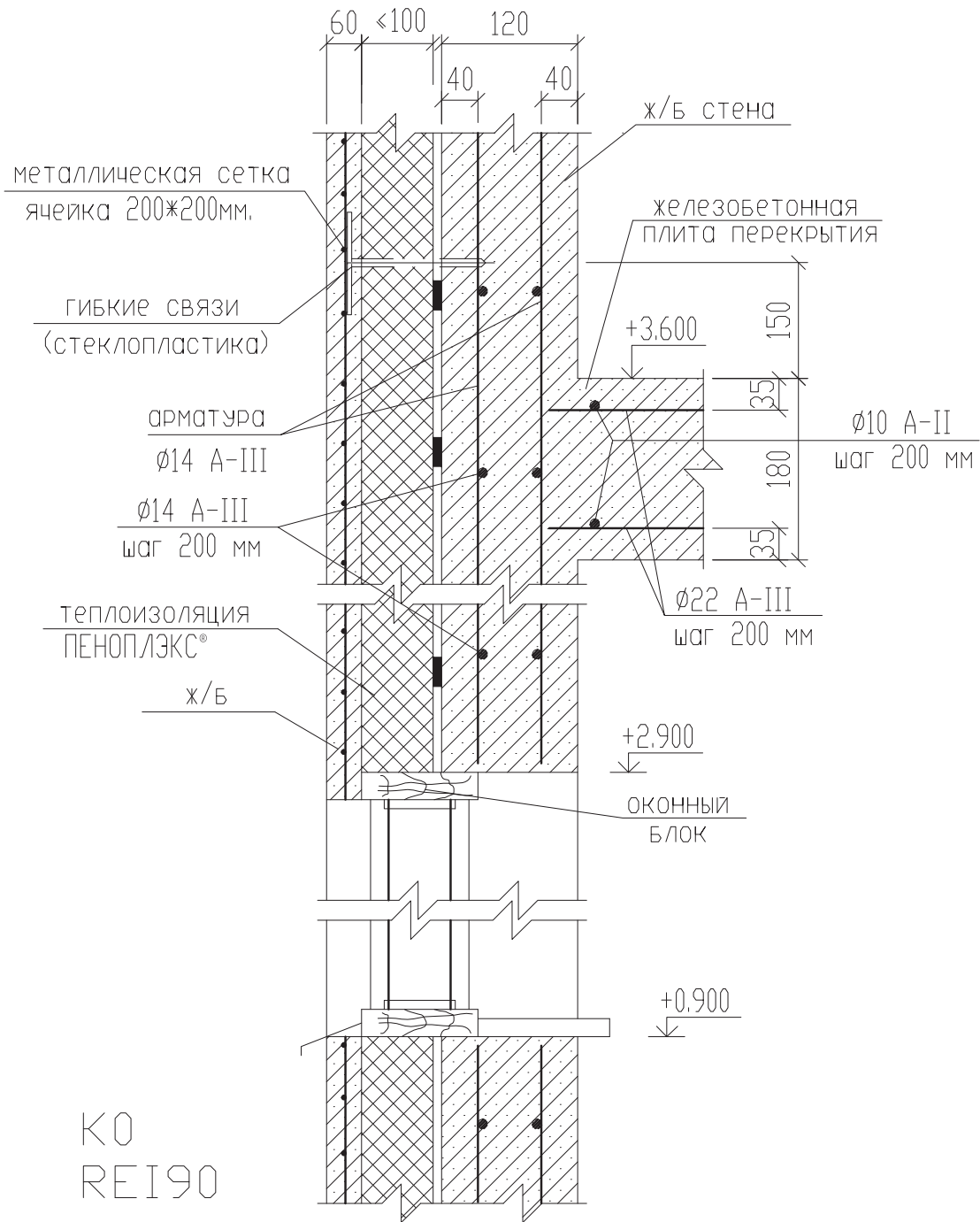
# Узел 13



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
ж/Б-120 мм + ПЕНОПЛÉКС® + ж/Б-60 мм

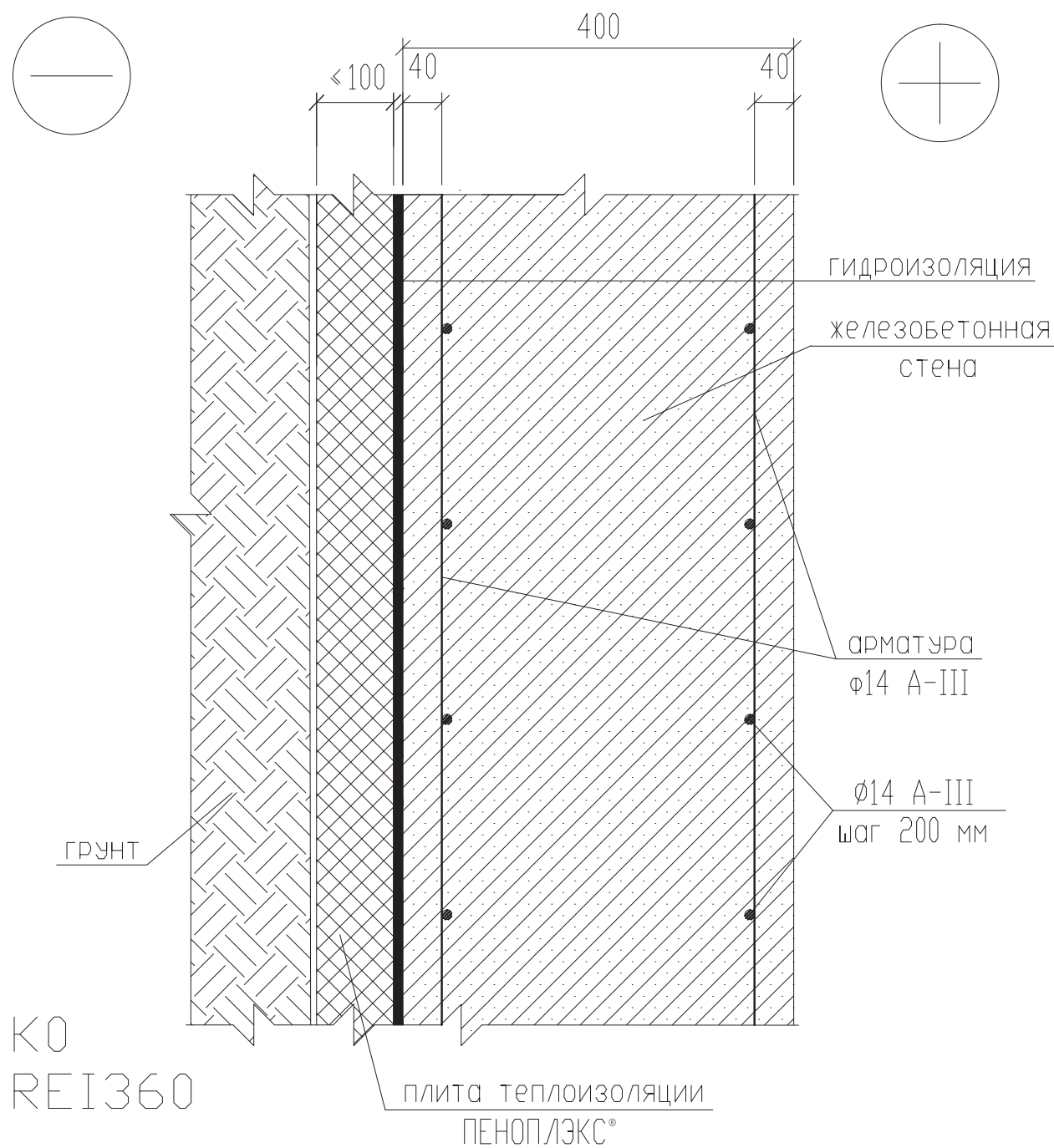
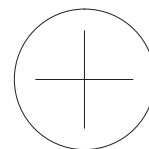
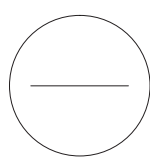
# Узел 14



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
ж/б-120 мм + ПЕНОПЛЭКС® + ж/б-60 мм

# Узел 15

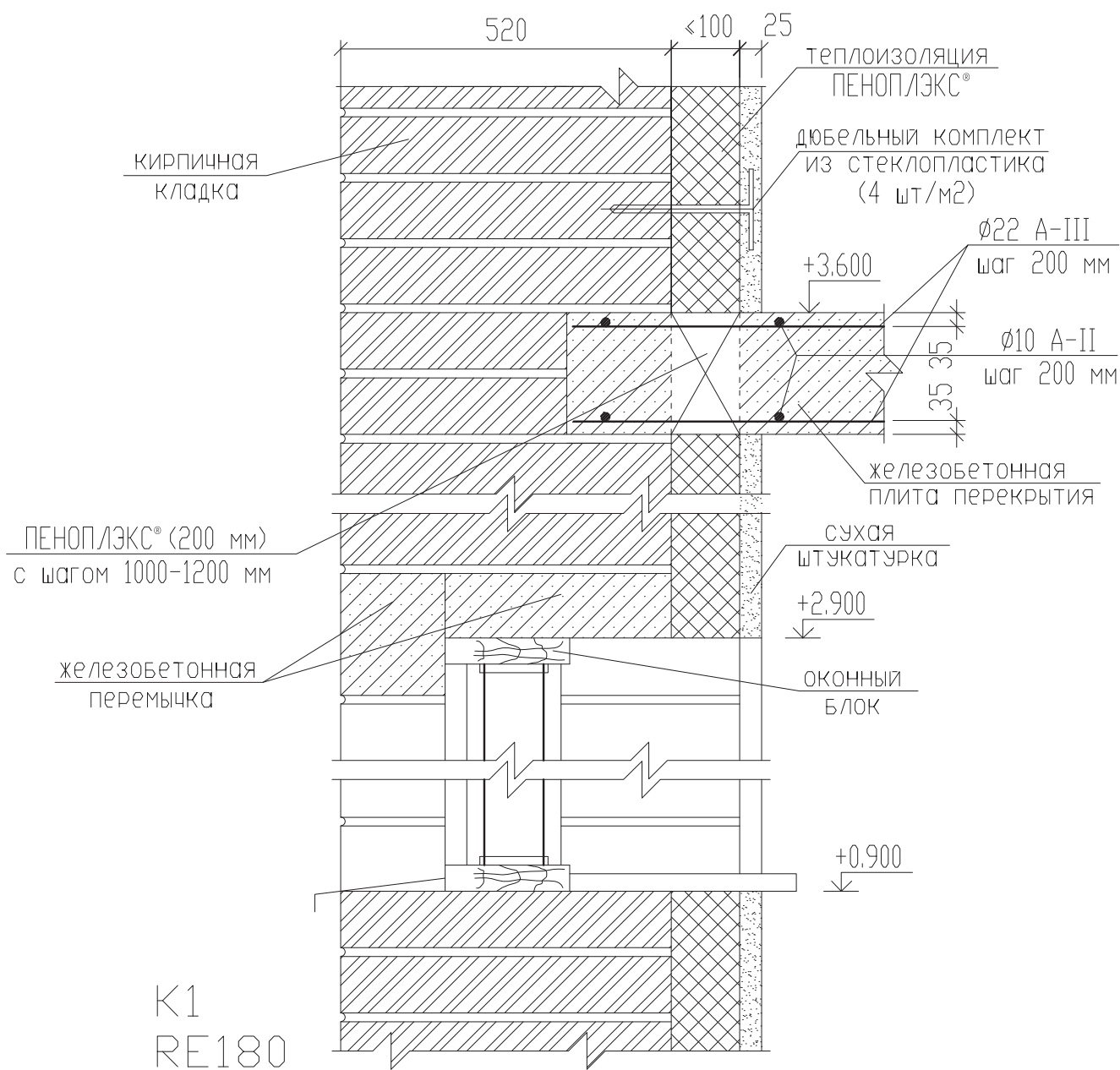
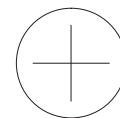
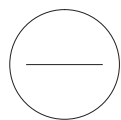


К0  
REI360

собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая стена подвала (до 75 м)  
грунт + ПЕНОПЛЭКС® + ж/Б-400 мм

# Узел 16

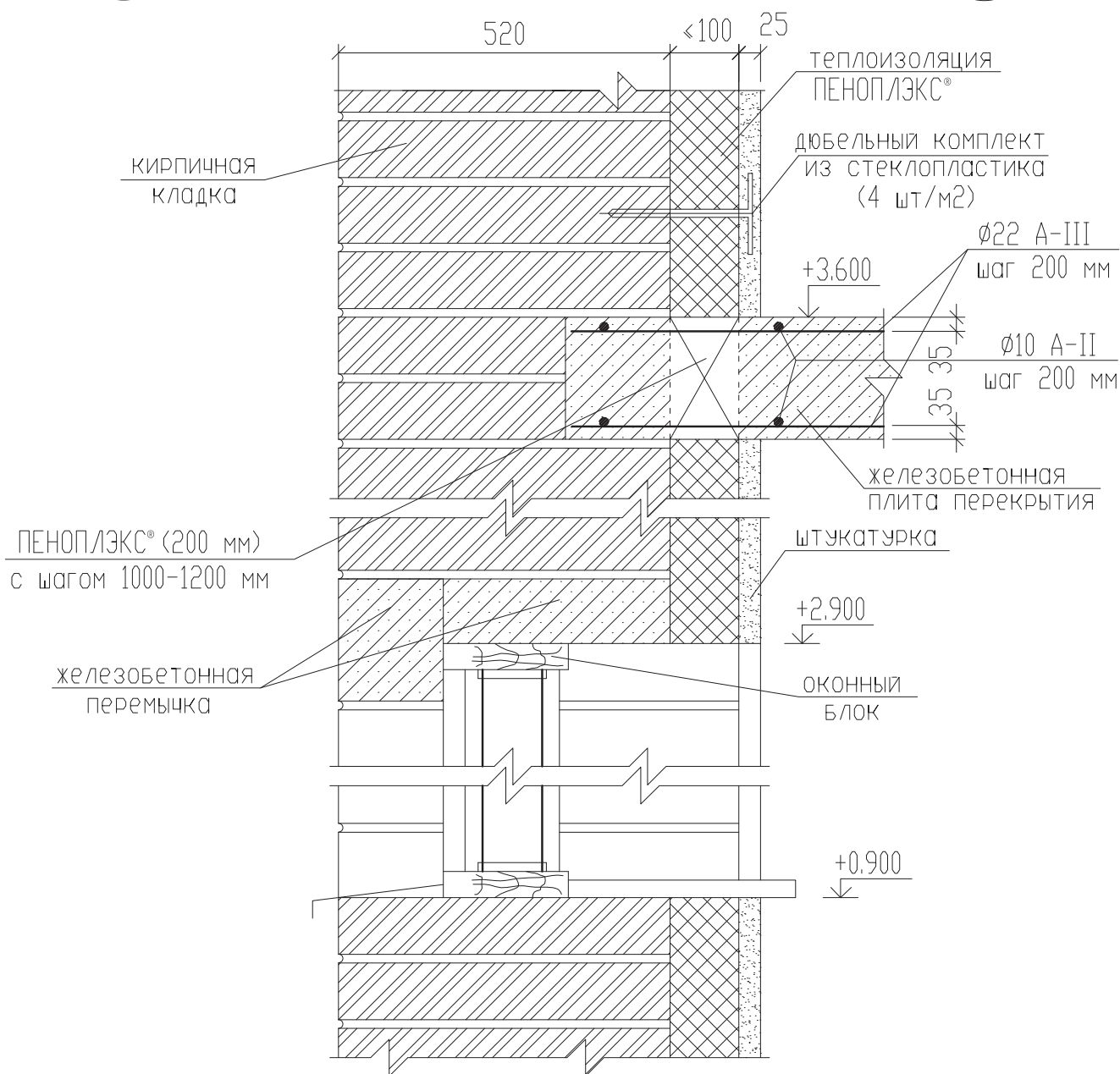
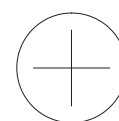
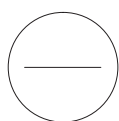


K1  
RE180

собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
кирпич-520 мм + ПЕНОПЛЭКС® + сухая штукатурка (ГКЛ)

# Узел 17

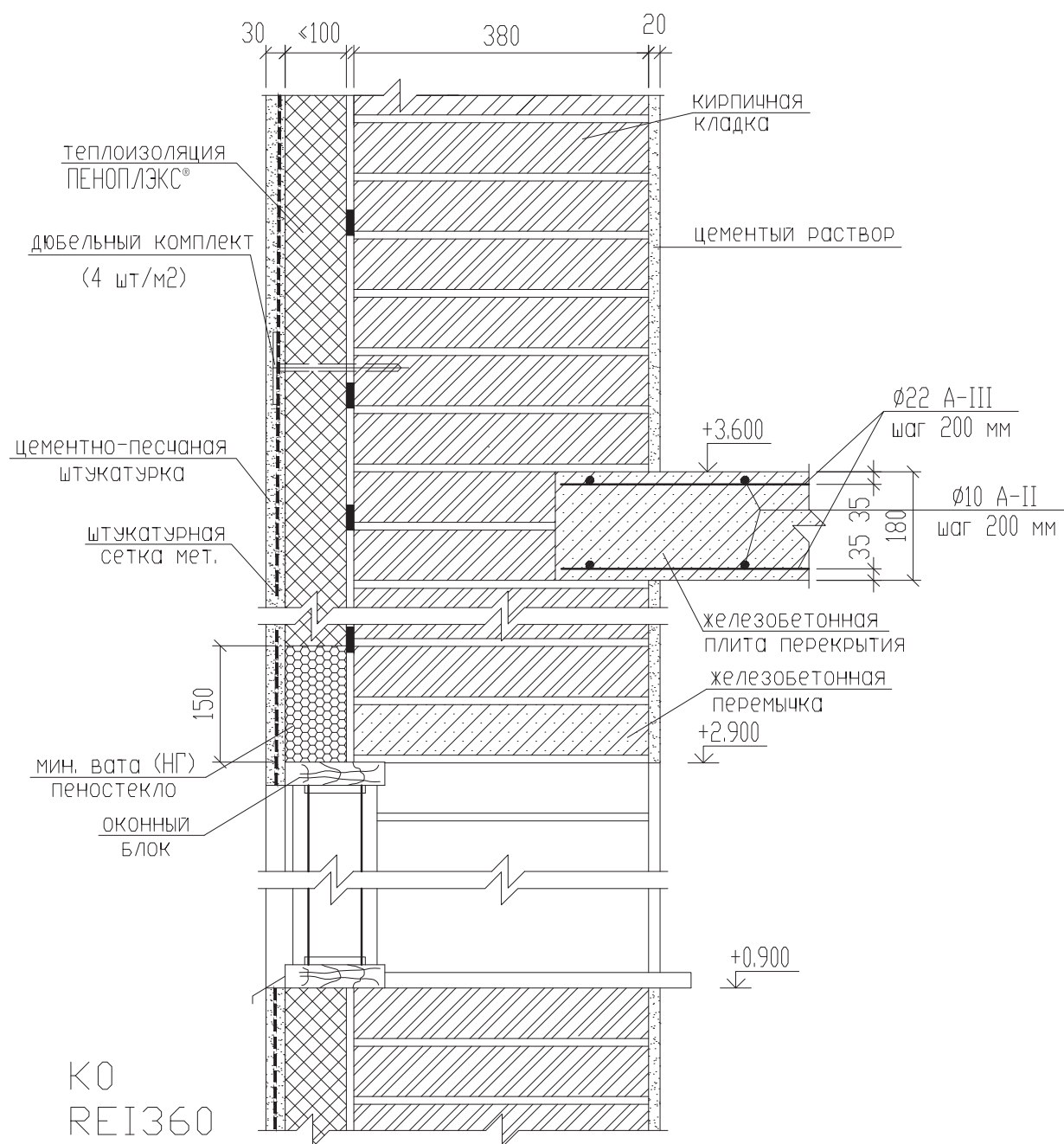


собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
кирпич-520 мм + ПЕНОПЛЭКС®



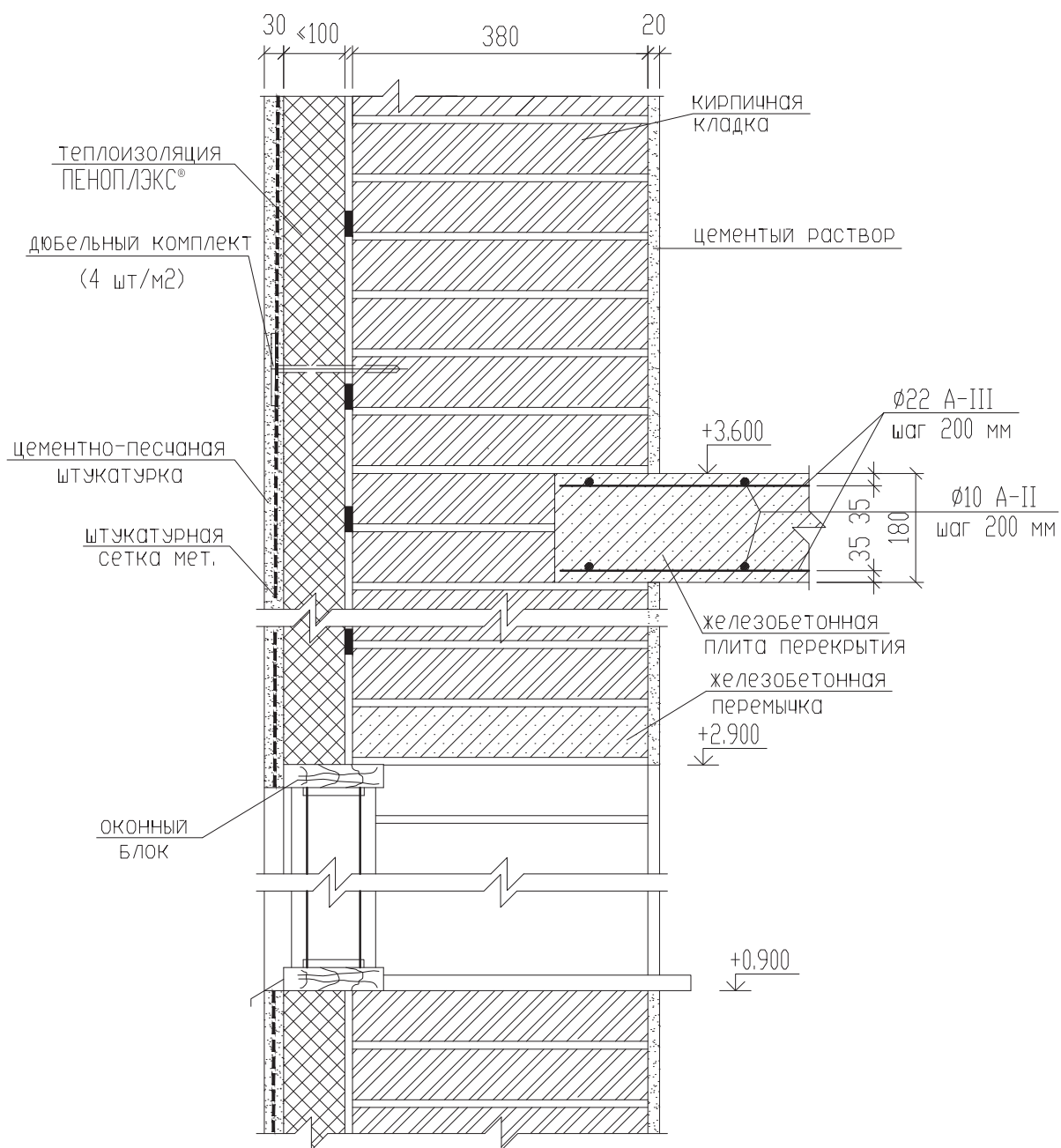
# Узел 18



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
кирпич-380 мм + ПЕНОПЛЭКС® + цементно-песчаная  
штукатурка 30 мм по метал. сетке

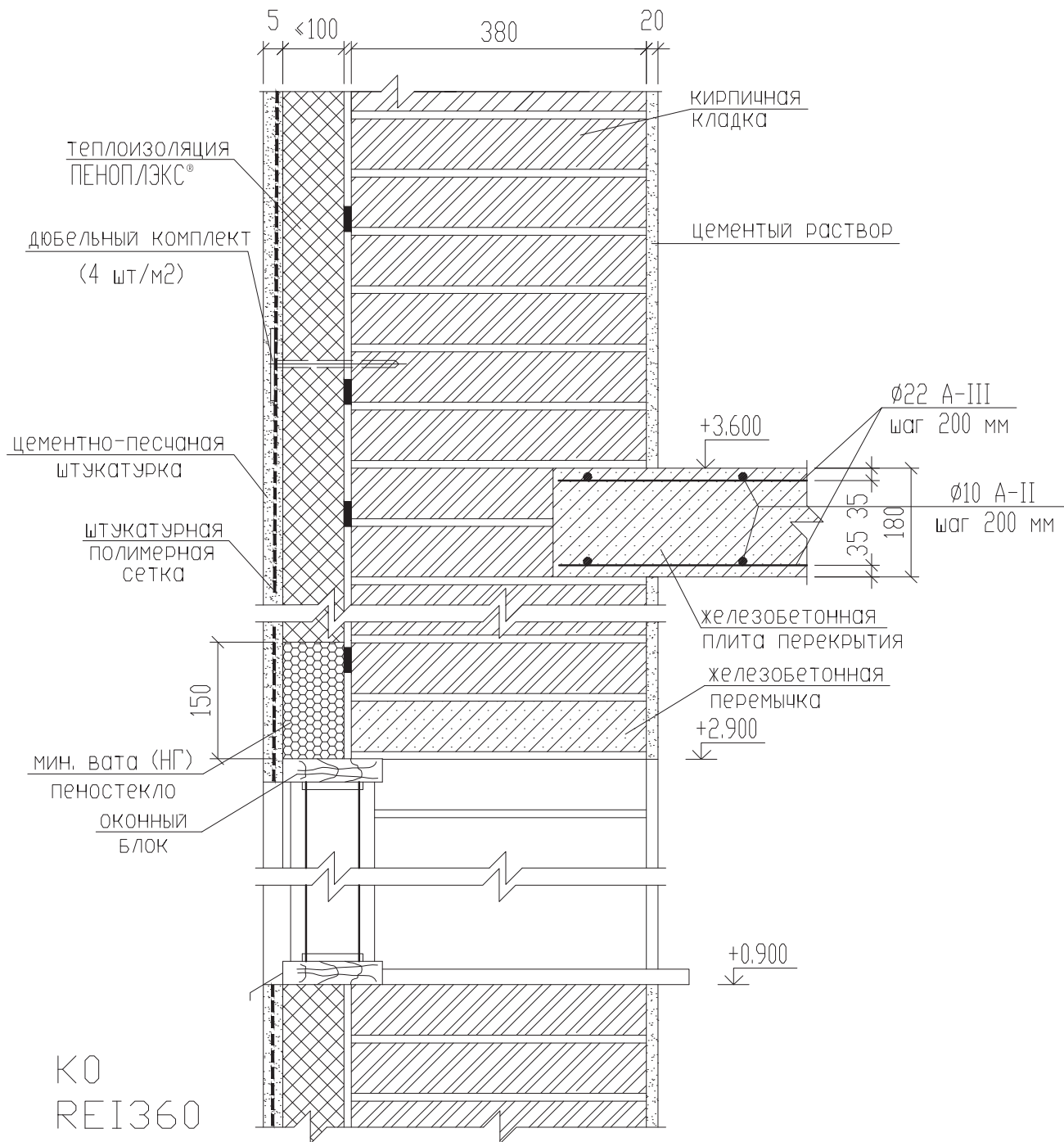
# Узел 19



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
кирпич-380 мм + ПЕНОПЛЭКС® + цементно-песчаная  
штукатурка 30 мм по метал. сетке

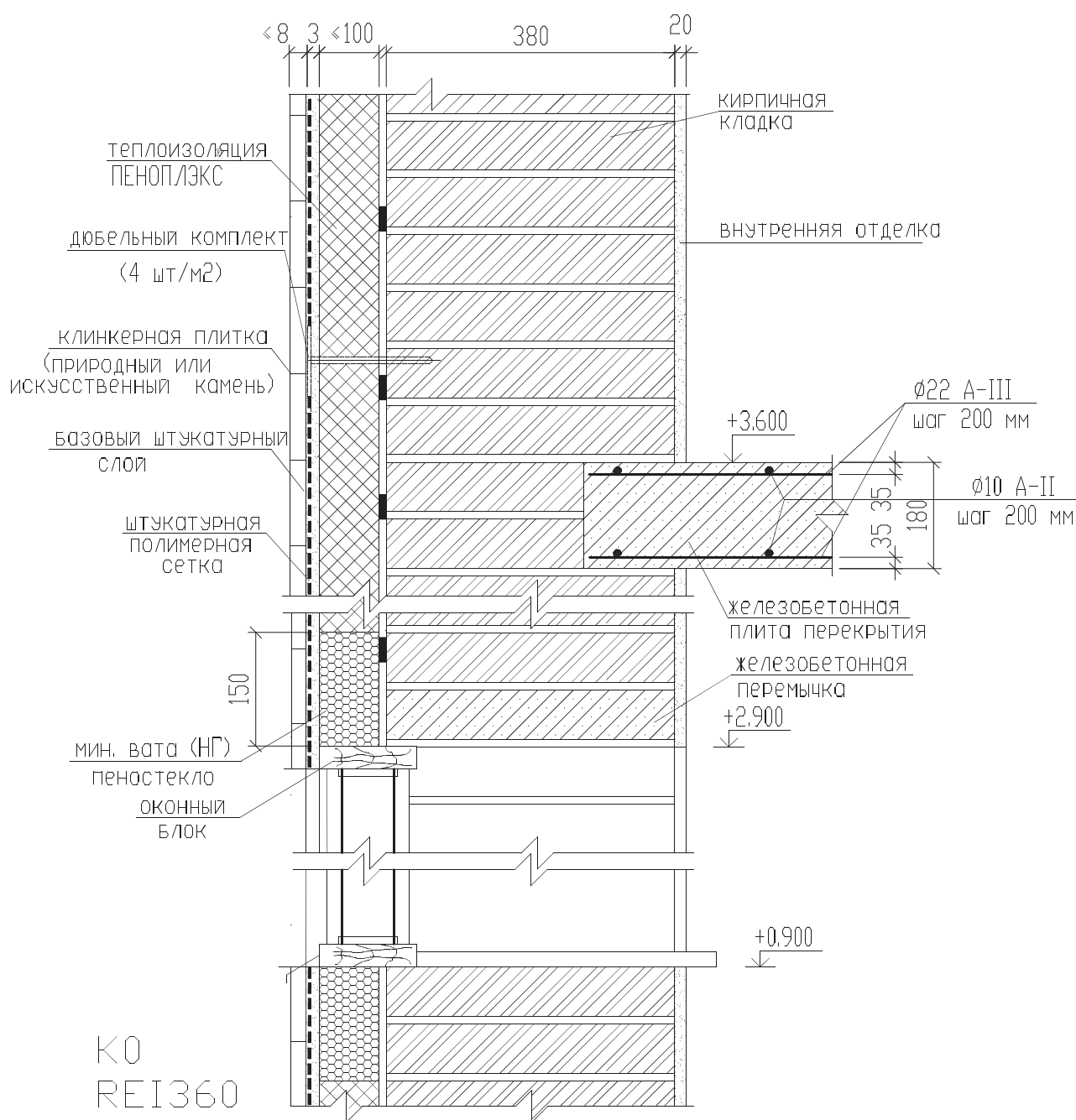
# Узел 20



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 40 м)  
кирпич-380 мм + ПЕНОПЛЭКС® + штукатурка 8 мм по полимерной сетке

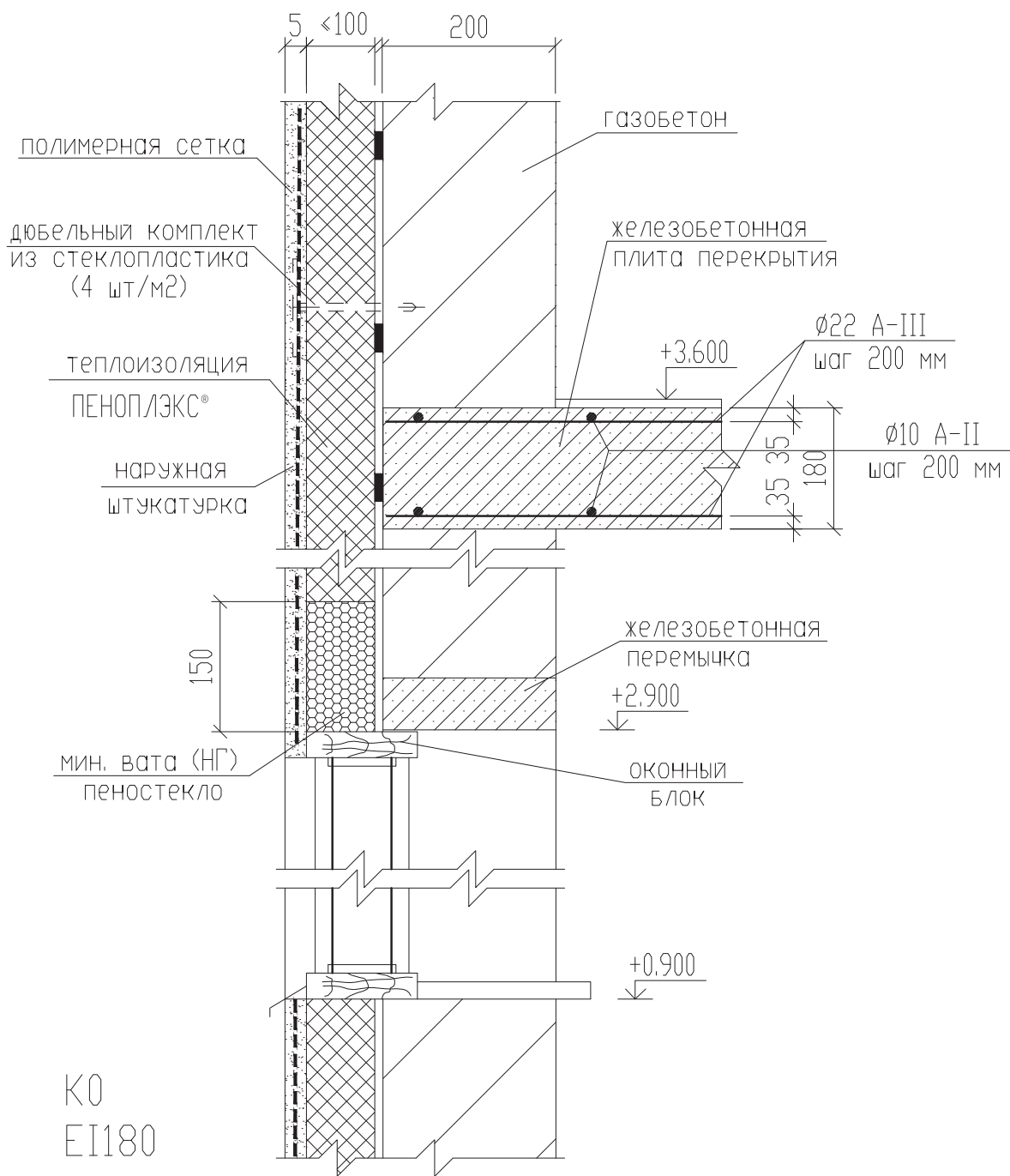
# Узел 21



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 40 м)  
 кирпич-380 мм + ПАПЭКС XPS 2 + штукатурка 3 мм по полимерной сетке+ облицовочный слой клинкерная плитка

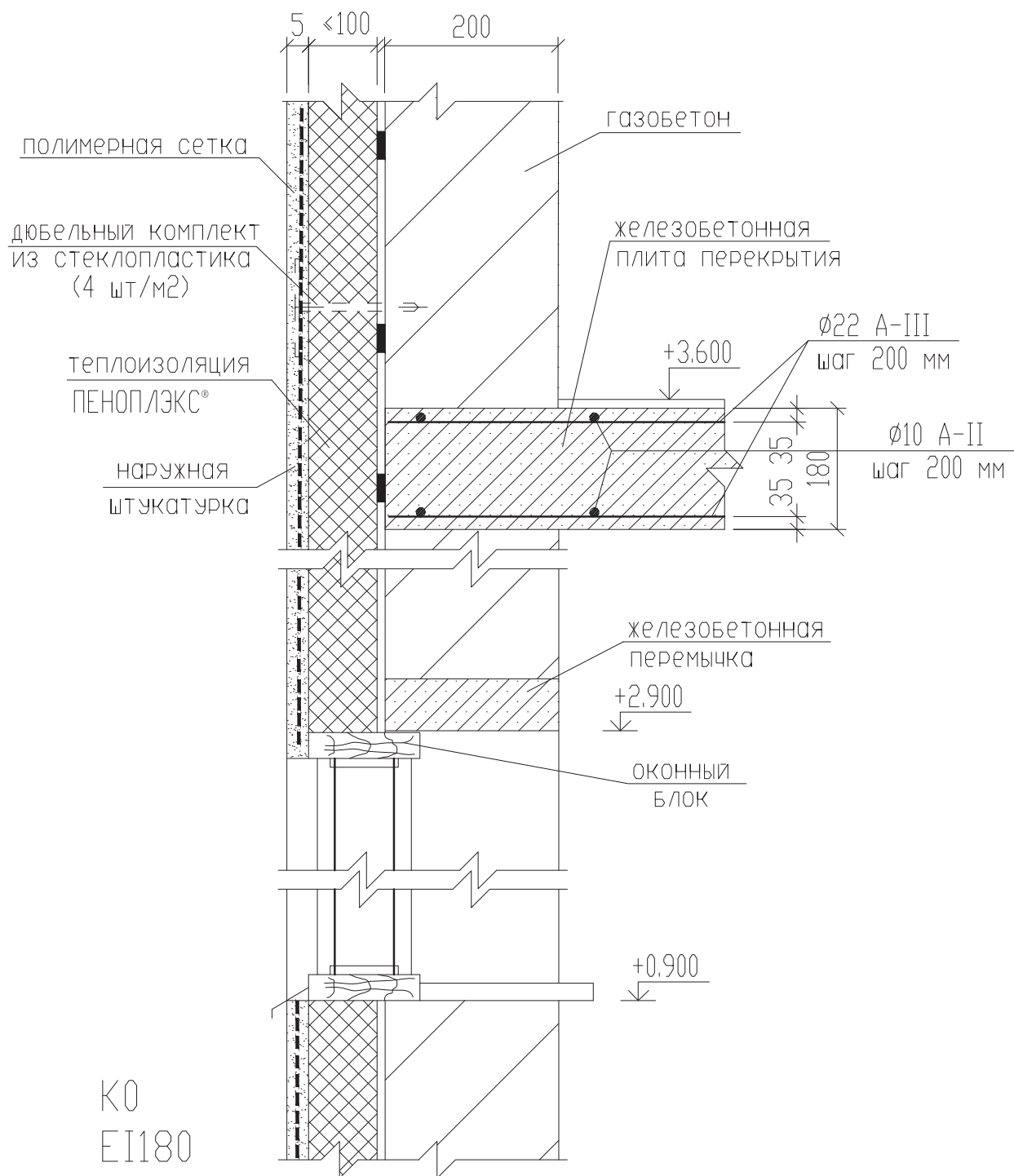
# Узел 22



собственный вес стены : 0,62 т/пм

самонесущая наружная стена здания (до 40 м)  
газобетон-200мм. + ПЕНОПЛЭКС® + штукатурка 8 мм по полимерной сетке

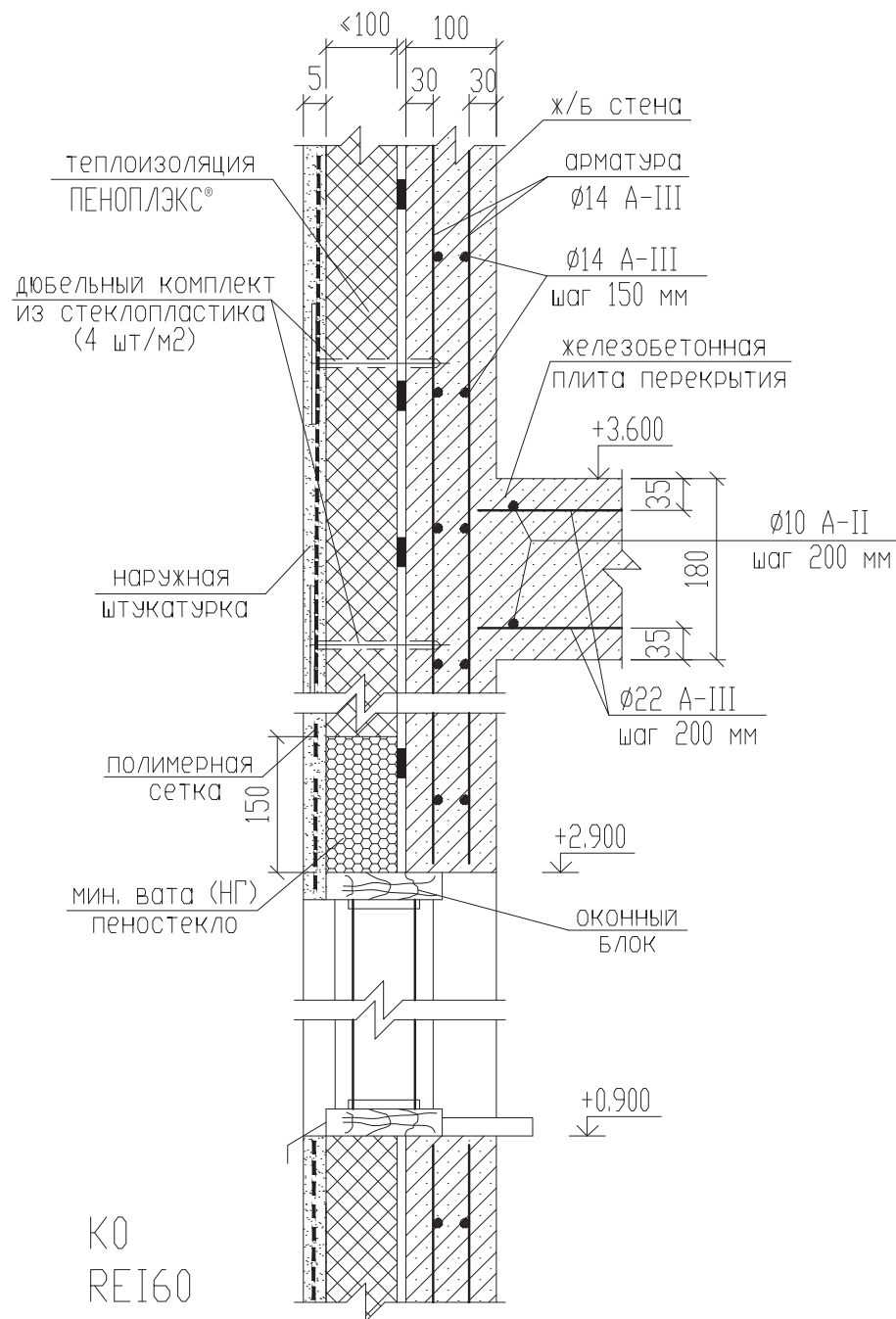
# Узел 23



собственный вес стены : 0,62 т/пм

самонесущая наружная стена здания (до 15 м)  
газобетон-200мм + ПЕНОПЛЭКС® + штукатурка 8 мм по полимерной сетке

# Узел 24

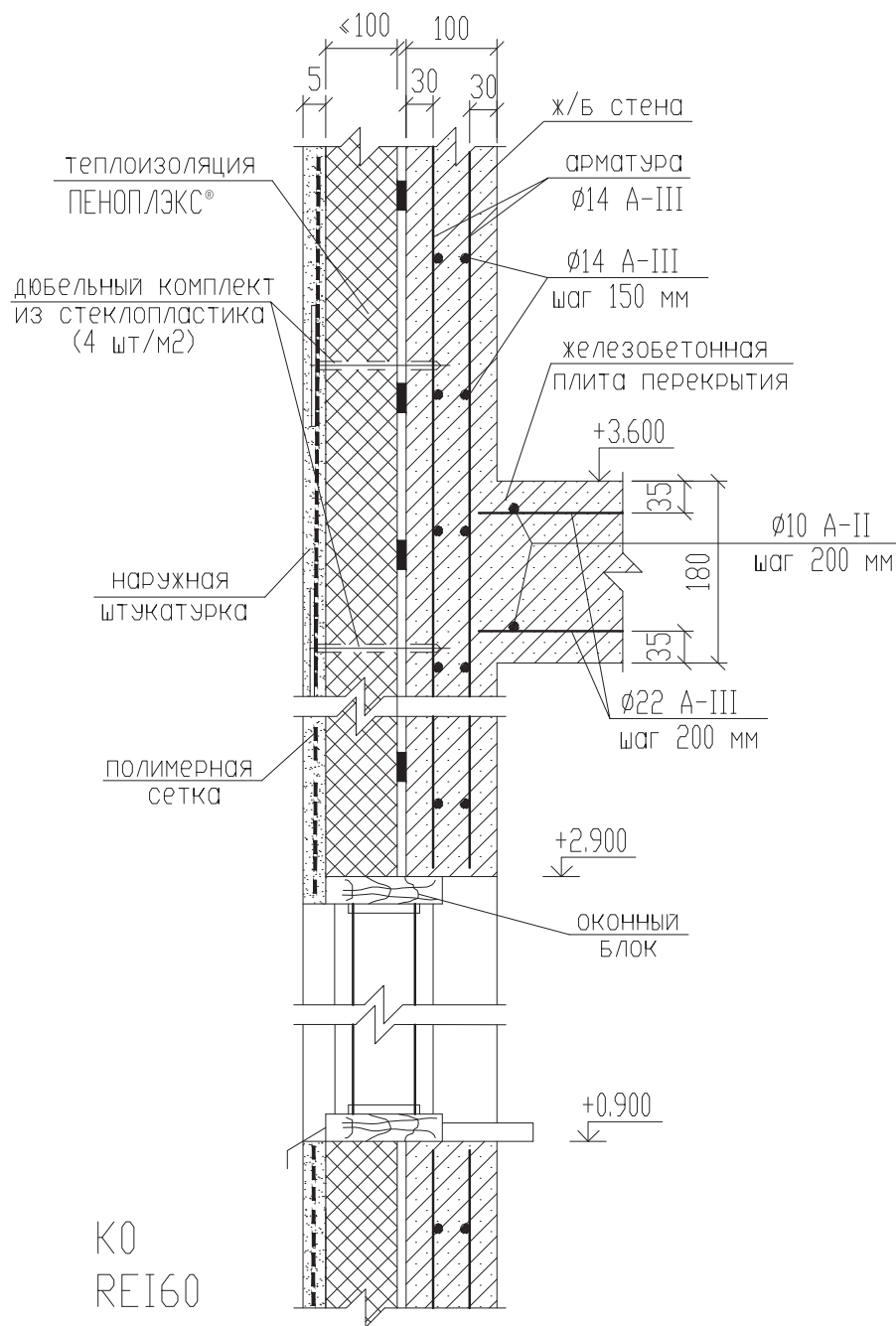


собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 40 м)  
 ж/б-100 мм + ПЕНОПЛЭКС® + штукатурка 8 мм по  
 полимерной сетке



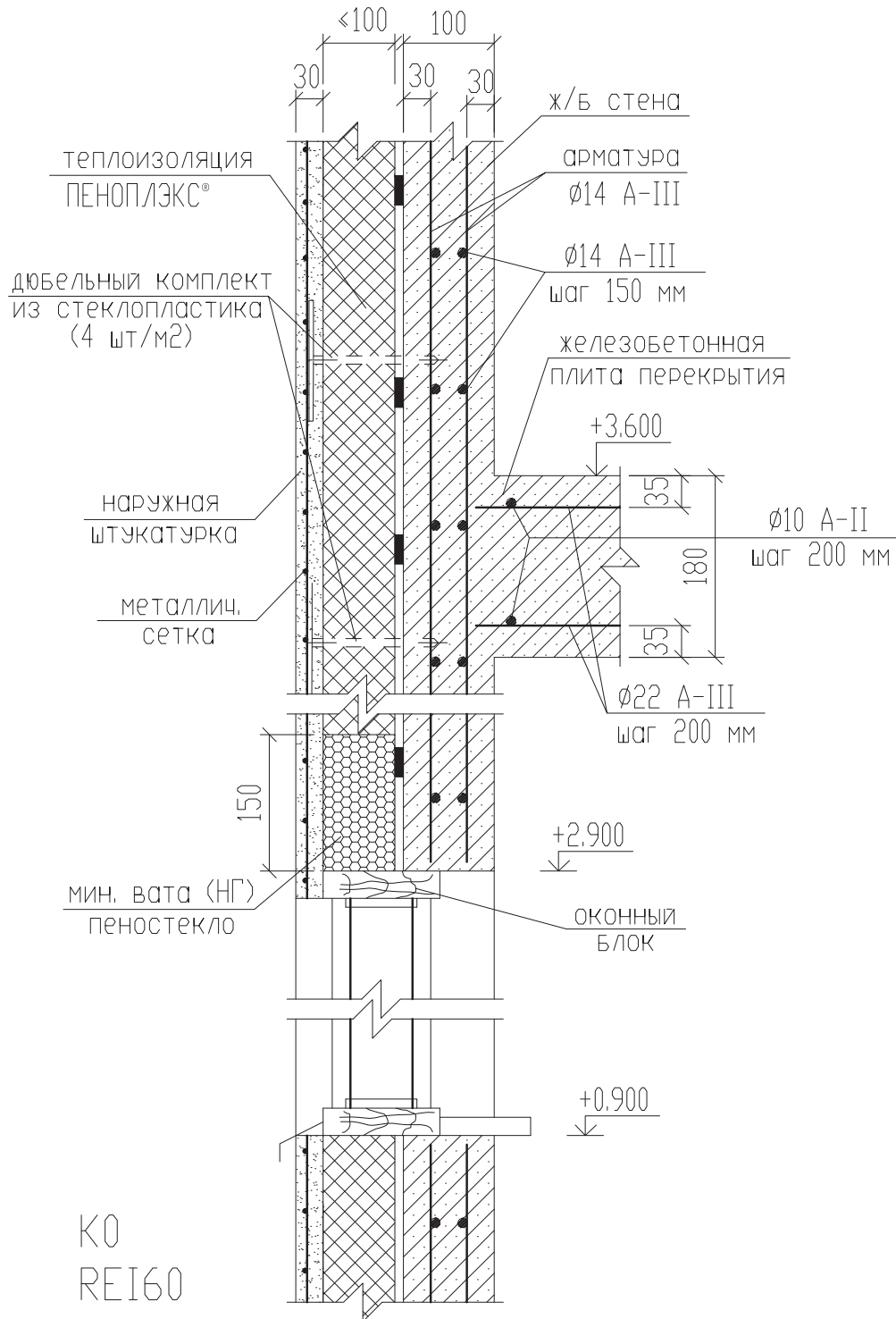
# Узел 25



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 15 м)  
 ж/б-100 мм + ПЕНОПЛЭКС® + штукатурка 8 мм по  
 полимерной сетке

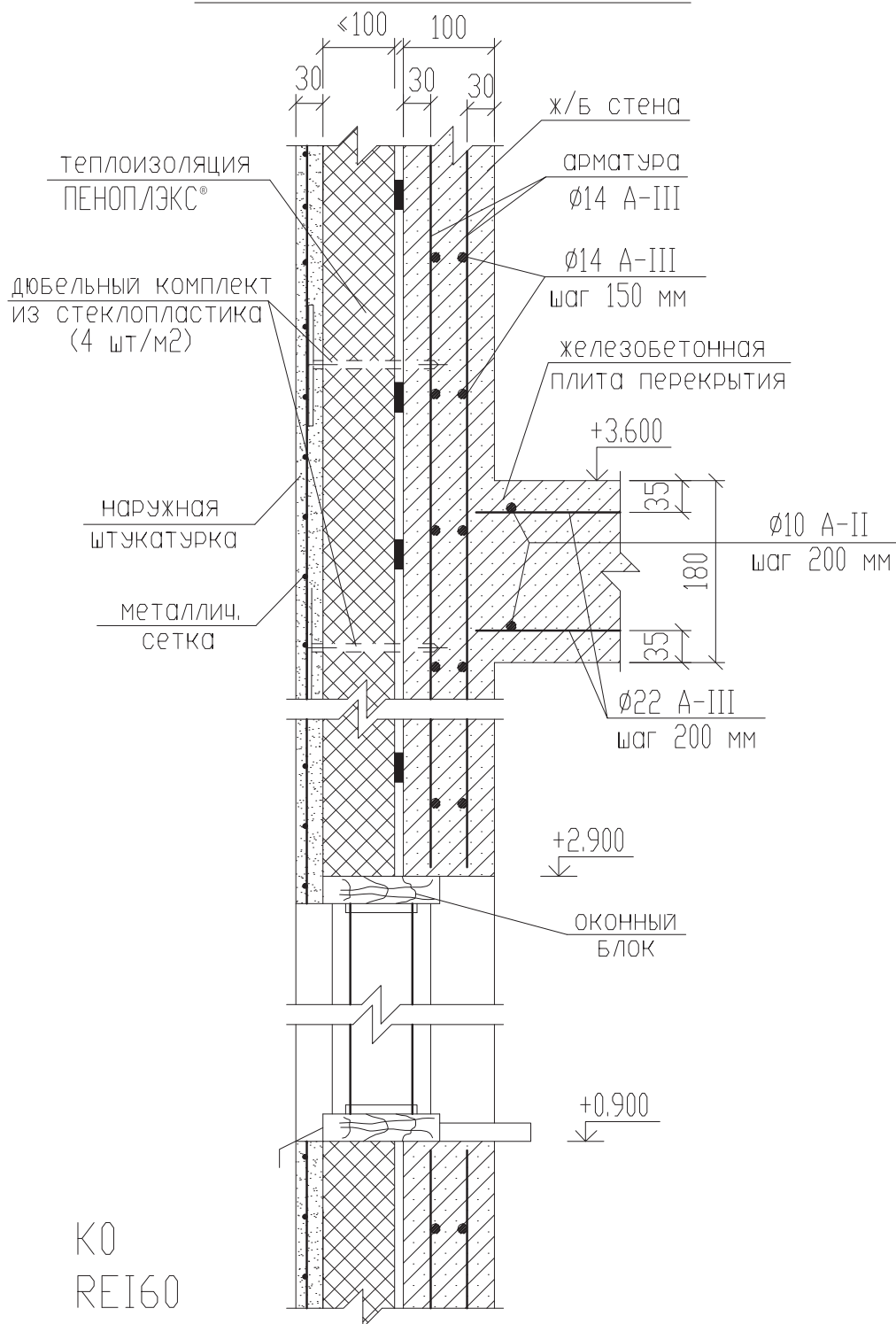
# Узел 26



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 75 м)  
 ж/б-100 мм + ПЕНОПЛЭКС® + цементно-песчаная штукатурка  
 30 мм по металлич. сетке

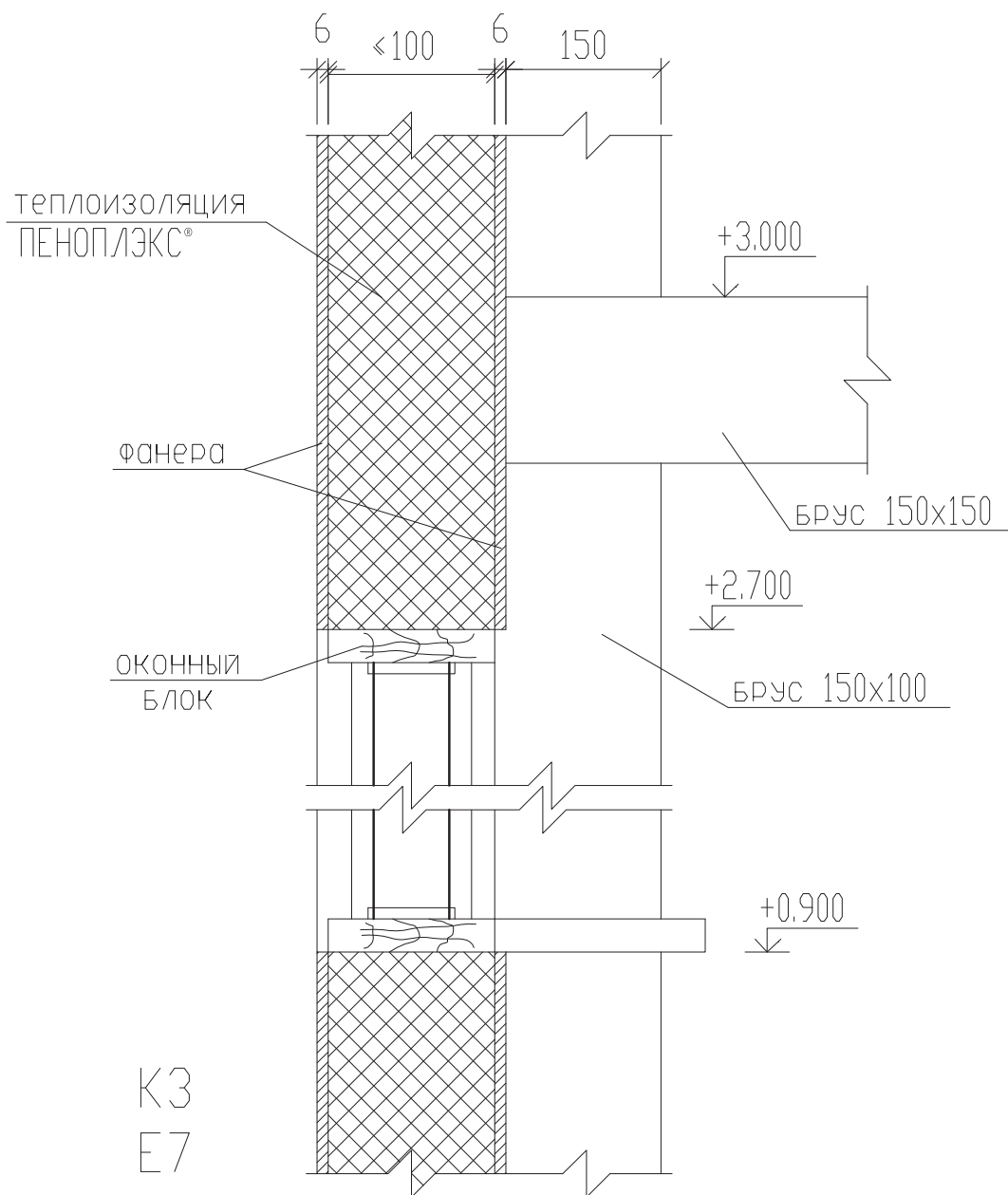
# Узел 27



собственный вес здания : до 250 т/пм

несущая наружная стена здания (до 15 м)  
 ж/б-100 мм + ПЕНОПЛЭКС® + цементно-песчаная штукатурка  
 30 мм по металлич. сетке

# Узел 28



самонесущая наружная стена здания (до 6 м)  
фанера-6 мм + ПЕНОПЛЭКС® + фанера-6 мм

## РАЗДЕЛ 4

ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»

### Раздел 4

Стандарта организации по применению ПЕНОПЛЭКС®  
в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей

**ОТЧЕТ по теме:**

**«Исследование адгезии штукатурных и клеевых составов с плитами  
ПЕНОПЛЭКС® ФАСАД». На основании заключений  
"МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА"  
(ФГБОУ ВПО "МГСУ")**

Ответственный исполнитель:  
Начальник технического отдела  
ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб»



А.В. Жеребцов

Санкт-Петербург  
2015

Системы теплоизоляции с тонким штукатурным слоем (далее – СФТК) в последние годы получили большое распространение на территории России.

Одним из основных элементов таких систем, отвечающим за теплозащиту наружных стен здания, является теплоизоляционный слой. В существующей практике в качестве теплоизоляционного материала на территории России получили широкое распространение минераловатные плиты, а также плиты на основе вспененных полистиролов.

Важно понимать, что в отдельных частях здания, таких как первые этажи, цоколи и места с постоянным скоплением и удержанием воды рекомендуется использовать только плиты с практически нулевым водопоглощением. Наряду со значительными преимуществами по стабильным теплотехническим и физико-механическим характеристикам ПЕНОПЛЭКС® обладает необходимой прочностью сцепления с клеевыми и штукатурными системами.

Следующим элементом СФТК является штукатурные и клеевые составы. Клеевые, базовые штукатурные и выравнивающие шпаклевочные составы должны соответствовать требованиям стандарта ГОСТ Р 54359-2011 и изготавливаться по технологической документации, утвержденной предприятием-изготовителем.

Одним из основных параметров определяющих долговечность СФТК является предел прочности сцепления штукатурного и клеевого состава с утеплителем.

На основании требований, предъявляемых к СФТК, были проведены исследования по определению прочности сцепления штукатурных и клеевых составов с плитами ПЕНОПЛЭКС®. Испытания проводились на базе "МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА" (ФГБОУ ВПО "МГСУ") по методике ГОСТ Р 55412-2013. "Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Методы испытаний". Также была изучена морозостойкость контактной зоны (способность затвердевших составов сохранять прочность сцепления (адгезию) с плитами ПЕНОПЛЭКС® при многократном переменном замораживании и оттаивании (50 циклов)).

Технические требования предъявляемые к штукатурным составам, в системах теплоизоляции с тонким штукатурным слоем представлены в ГОСТ Р 54359-2011 “Составы клеевые, базовые штукатурные, выравнивающие шпаклевочные на цементном вяжущем для фасадных теплоизоляционных композиционных систем с наружными штукатурными слоями. Технические условия”.

На основании п.4.6. ГОСТ Р 54359-2011 системы теплоизоляции с тонким штукатурным слоем должны соответствовать следующим требованиям:

- Прочность сцепления (адгезия) затвердевшего состава с пенополистиролом в проектном возрасте должна быть для клеевых составов не менее 0,1 МПа, для базовых штукатурных составов – не менее 0,12 МПа.
- Клеевые и выравнивающие шпаклевочные составы должны иметь марку по морозостойкости не ниже F50, базовые штукатурные составы – не ниже F75.

**Исследованные составы:**

1. Клеевая и армирующая смесь MapeithermAR2  
(Изготовитель: ЗАО «МАПЕИ»)
2. Клеевая и армирующая смесь БоларсТеплоконтакт  
(Изготовитель: ООО «БОЛАРС-Маркетинг»)
3. Клеевая и армирующая смесь BaunitStarcontact  
(Изготовитель: ООО «Баумит»)
4. Клеящий состав на цементной основе ISOFIX  
(Изготовитель: ООО «Бергауф Строительные Технологии»)
5. Клеевая смесь Weber.thermS100  
(Изготовитель: ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус»)
6. Штукатурно-клеевая смесь Knauf-Севенер  
(Изготовитель: ООО «КНАУФ ГИПС»)
7. Штукатурно-клеевая смесь CeresitCT 85  
(Изготовитель: ООО «ХенкельБаутехник»)
8. Клеящий состав на цементной основе Capatect-Klebe- und Spachtelmasse 190  
(Изготовитель: ООО «ДАВ-Русланд»)
9. Эластичный клей для создания базового армирующего слоя ПЛИТОНИТ-Термофасад С-тф  
(Изготовитель: MS-Bauchemie)
10. Клеящий состав на цементной основе Styrobond DPLC  
(Изготовитель: ООО «ТЕРРАКО-ШВЕЦИЯ»)
11. Двухкомпонентный клей ЛАЭС №1  
(Изготовитель: ЗАО ПК «ЛАЭС»)
12. Двухкомпонентный клей ЛАЭС №2  
(Изготовитель: ЗАО ПК «ЛАЭС»)

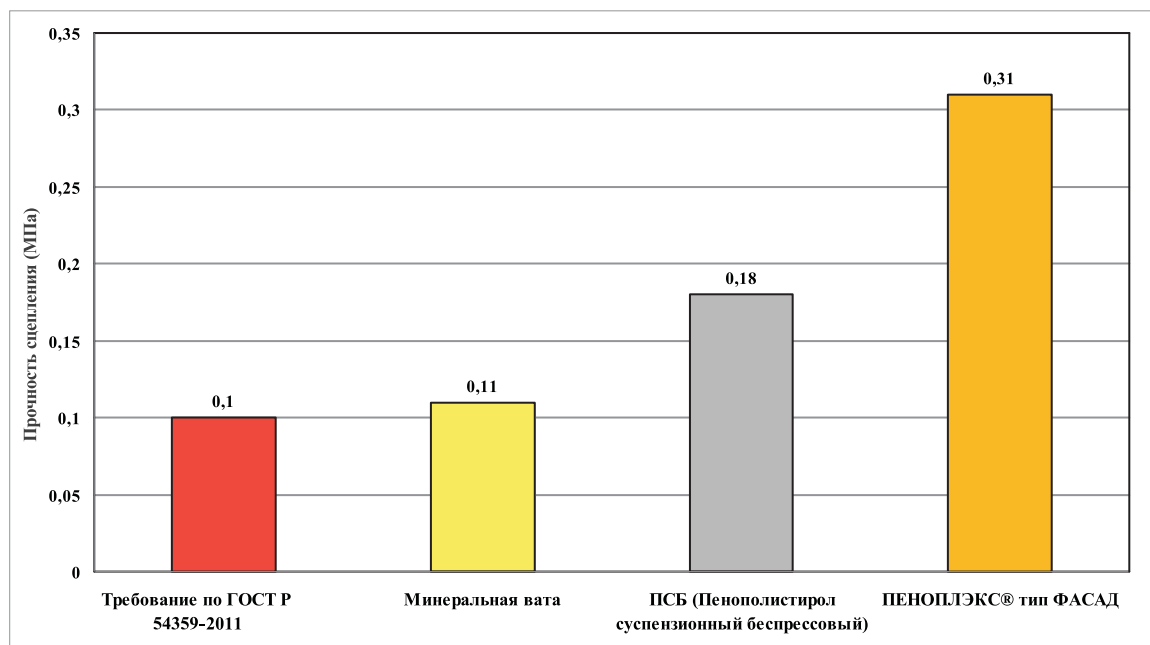


## Результаты испытаний:

Экспериментальные исследования показали, что среднее значение адгезии представленных штукатурных и клеевых составов к плитам ПЕНОПЛЭКС® тип ФАСАД составляет 0,255 МПа, разрыв по схеме АТС-1(адгезионный), а морозостойкость контактной зоны не мене 50 (F50). Подтверждено протоколом испытаний МГСУ.

Ниже приведен график с приводимыми в литературе значениями по адгезии штукатурных и клеевых составов к различным теплоизоляционным материалам.

Таблица 1. Оценка адгезии штукатурных и клеевых составов с плитами ПЕНОПЛЭКС® ФАСАД (на основании заключений ФГБОУ ВПО «МГСУ»)



Как видно из графика, средняя величина адгезии штукатурных и клеевых составов с ПЕНОПЛЭКС® составляет 0,31 МПа, что с запасом удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 54359-2011.

Таблица 2. Оценка адгезии штукатурных и клеевых составов с плитами ПЕНОПЛЭКС® ФАСАД (на основании заключений ФГБОУ ВПО «МГСУ»)

п.п.	Наименование состава	Ед. изм.	Определяемая характеристика	
			Прочность сцепления (адгезия) с основанием (плиты ПЕНОПЛЭКС®) ГОСТ 31356	Морозостойкость контактной зоны.* (50 циклов) ГОСТ 31356
1	Клеевая и армирующая смесь Mapeitherm AR2 (Изготовитель : ЗАО «МАПЕИ».)	МПа	0,28	0,27
2	Клеевая и армирующая смесь Боларс Теплоконтакт (Изготовитель : ООО «БОЛАРС-Маркетинг»)	МПа	0,2	0,2
3	Клеевая и армирующая смесь Baumit Starcontact (Изготовитель : ООО «Баумит»)	МПа	0,26	0,26
4	Клеящий состав на цементной основе ISOFIX (Изготовитель : ООО «Бергауф Строительные Технологии»)	МПа	0,22	0,21
5	Клеевая смесь Weber.therm S100 (Изготовитель : ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус»)	МПа	0,27	0,26
6	Штукатурно-клеевая смесь Knauf-Севенер (Изготовитель : ООО «КНАУФ ГИПС»)	МПа	0,26	0,24
7	Штукатурно-клеевая смесь Ceresit СТ 85 (Изготовитель : ООО «Хенкель Баутехник»)	МПа	0,26	0,25
8	Клеящий состав на цементной основе Sapatect-Klebe- und Spachtelmasse 190 (Изготовитель : ООО «ДАВ-Русланд»)	МПа	0,25	0,24
9	Эластичный клей для создания базового армирующего слоя ПЛИТОНИТ-Термофасад С-тф (Изготовитель : MS-Bauchemie)	МПа	0,24	0,23
10	Клеящий состав на цементной основе Styrobond DP LC (Изготовитель : ООО «ТЕРРАКО-ШВЕЦИЯ»)	МПа	0,26	0,24
11	Двухкомпонентный клей ЛАЭС №1 (Изготовитель : ЗАО ПК «ЛАЭС»)	МПа	0,25	0,25
12	Двухкомпонентный клей ЛАЭС №2 (Изготовитель : ЗАО ПК «ЛАЭС»)	МПа	0,31	0,31

\*- (прочность сцепления (адгезия) с плитами ПЕНОПЛЭКС® при многократном переменном замораживании и оттаивании.)

*Для записей*

*Для записей*



