

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И РАСЧЕТУ
ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПОМЕЩЕНИЙ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДЕНИЯ**

Р 1.04. *115* .13

Срок действия с "*14*" *10.* 2013 г.
до "*14*" *10.* 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор Государственного предприятия
"Институт жилища - НИПТИС им. Атаева С.С."

В.М. Пилипенко



19 *03* 2013 г.

Минск 2013

МИНИСТЕРСТВО АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
НАУЧНО-ПРОЕКТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ	
«СТРОЙТЕХНОРМ»	
ВНЕСЕН В РЕЕСТР УЧЕТНОЙ РЕГИСТРАЦИИ	
№	<i>115</i>
от	<i>14.10.2013</i>

Рекомендации по расчету приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и расчету потерь теплоты помещений через ограждения

УДК 69.02:697.133 (697.14)

Ключевые слова: расчетные параметры, приведенное сопротивление теплопередаче, тепловой поток, наружные ограждающие конструкции, внутренние ограждающие конструкции, расчетные участки ограждающих конструкций, граничные условия

Предисловие

1. РАЗРАБОТАНЫ И УТВЕРЖДЕНЫ: Государственным предприятием "ИНСТИТУТ жилища - НИПТИС им. Атаева С.С."
2. ОДОБРЕНЫ Ученым Советом Государственного предприятия "ИНСТИТУТ жилища - НИПТИС им. Атаева С.С." Протокол № 4 от "18" марта 2013 г.
3. ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ РУП «Стройтехнорм» за № ____ от ____ 2013 г.
4. Настоящие рекомендации могут внедряться (использоваться) с согласия Государственного предприятия "ИНСТИТУТ жилища - НИПТИС им. Атаева С.С."

Содержание

Введение	4
1 Область применения	6
2 Нормативные ссылки.....	6
3 Термины и определения	7
4 Условные обозначения.....	10
5 Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче	12
5.1 Общие положения	12
5.2 Размеры и количество участков, правила разбиения.....	14
5.3 Допускаемые упрощения	17
5.4 Разбиение на конечные элементы расчетных моделей участков конструкции	18
5.5 Назначение характеристик материалов элементов конструкций	20
5.6 Граничные условия.....	21
5.7 Оформление результатов расчетов.....	21
6 Учет мелкогабаритных теплопроводных элементов (МТЭ).	22
6.1 Учет швов кладки ячеистобетонных блоков	22
6.2 Дополнительный тепловой поток через анкерные устройства	23
6.3 Дополнительный тепловой поток от кронштейнов вентилируемой фасадной системы	27
7 Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций	30
7.1 Исходные данные	30
7.2 Определение расчетной температуры наружного воздуха	34
7.3 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен	35
7.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия....	43
7.5 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче цокольного перекрытия....	46
8 Определение потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений жилых зданий.....	50
Приложение А Изолинии температуры расчетных участков	54
Приложение Б Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче...	59
Библиография.....	61

Введение

Приведенное сопротивление теплопередаче, как свойство, характеризующее теплозащитные качества ограждающих конструкций, формирует ряд важных параметров зданий. Его значение формирует конструкцию ограждения с тепло-технической точки зрения, определяет трансмиссионные теплотери здания и влияет на общее энергопотребление здания. Приведенное сопротивление теплопередаче играет непосредственную роль в обеспечении параметров микроклимата эксплуатируемых помещений и состояние внутренних поверхностей ограждений. Повышение нормативного значения сопротивления теплопередаче привело к использованию в практике проектирования и строительства зданий новых конструктивных решений ограждений с использованием эффективных теплоизоляционных материалов. Вместе с тем, как показывает практика, возросло количество жалоб на качество ограждающих конструкций, которое отчасти связано с некорректными теплотехническими расчетами при проектировании объектов.

Упрощенная методика определения сопротивления теплопередаче приводит к значительным ошибкам (до 50 % фактических значений этого параметра). Температура внутренней поверхности ограждающих конструкций на стадии разработки проектной документации не контролируется. При этом возникновение областей образования конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций возможно не только в зоне теплопроводных включений, но и в области контакта нескольких многослойных конструкций, расчет которых не предусмотрен ТКП 45-2.04-43.

В настоящих рекомендациях изложена методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, позволяющая на стадии проектирования избежать перечисленных выше ошибок. Методика разработана таким образом, чтобы при ее использовании была возможность:

- учесть наиболее значимые элементы ограждающих конструкций, влияющие на значение сопротивления теплопередаче;
- обеспечить достаточный для практической значимости уровень точности результатов расчета;
- оценить возможность образования зон конденсации влаги на всех внутренних поверхностях ограждающих конструкций.

Рекомендации разработаны для выполнения расчетов приведенного сопротивления теплопередаче и потерь теплоты через ограждающие конструкции зданий – наружных стен, чердачных и цокольных перекрытий.

В основу рекомендаций положены результаты проектных работ и исследований, выполненных в Государственном предприятии «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.», опыт проектных работ, европейские и международные стандарты.

1 Область применения

Рекомендации предназначены для выполнения расчетов приведенного сопротивления теплопередаче и температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций зданий при проектировании ограждающих конструкций зданий, а также для использования полученных результатов при проектировании систем отопления и вентиляции зданий.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее — ТНПА)¹⁾:

ТКП 45-2.04-43-2006 Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-4.02-129-2009 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Правила расчета

ТКП 45-5.03-21-2006 Бетонные работы при отрицательных температурах воздуха. Правила производства

СТБ 1117-98 Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия

СТБ 1995-2009 Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты. Технические условия

СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология

СНБ 3.02.04-03 Жилые здания

СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

Примечание — При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ТНПА по Перечню технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства, действующих на территории Республики Беларусь, и каталогу, составленным по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

¹⁾ СНБ имеют статус технического нормативного правового акта на переходный период до их замены техническими нормативными правовыми актами, предусмотренными Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

3 Термины и определения

В настоящих рекомендациях применяют термины, установленные в ТКП 45-2.04-43, СНБ 3.02.04, СНБ 4.02.01, ТКП 45-2.04-129, а также следующие термины с соответствующими определениями:

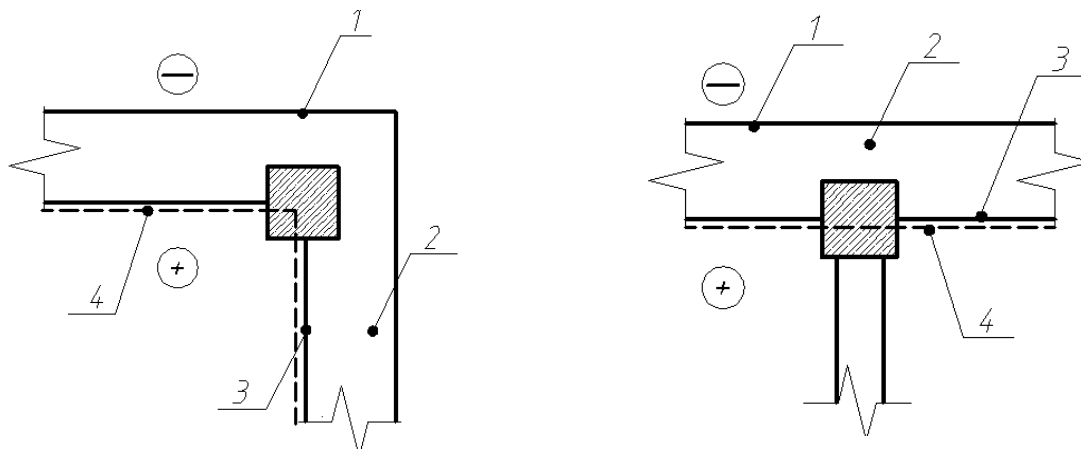
3.1 теплотехнически однородная ограждающая конструкция (или ее участок): Ограждающая конструкция, состоящая из одного или нескольких слоев материала, границы которых перпендикулярны тепловому потоку, имеют постоянную толщину и коэффициент теплопроводности материала слоя.

3.2 теплотехнически неоднородная ограждающая конструкция (или ее участок): Ограждающая конструкция, обладающая одним или несколькими конструктивными элементами с различными коэффициентами теплопроводности материалов и/или меняющейся толщиной сечения, углами, примыканиями смежных конструкций, проемами, конструктивными элементами, параллельными направлению теплового потока, с различными коэффициентами теплопроводности материала.

3.3 расчетный участок ограждающей конструкции: Характерная часть ограждающей конструкции, ограниченная плоскостями, перпендикулярными ее поверхности в соответствии с правилами, изложенными в 5.2. Расчетный участок ограждающей конструкции (далее – расчетный участок), как правило, содержит узлы примыкания смежных ограждающих конструкций (окон, перекрытий и др.).

3.4 расчетная площадь ограждающей конструкции (участка ограждающей конструкции): Площадь, по которой рассчитывают значение приведенного сопротивления теплопередаче и потери теплоты через ограждающие конструкции. Расчетную площадь ограждающей конструкции (участка ограждающей конструкции) определяют по ее внутренним размерам. Для наружных стен расчетную площадь определяют как сумму площади проекции внутренней поверхности стены на вертикальную плоскость, параллельную поверхности стены (см. рисунок 3.1), и площади внутренних откосов проемов. В случае, когда внутренние откосы проема образованы конструкциями различной толщины (например, колоннами, монолитными ригелями, стенами), площадь внутренних откосов проема определяют по наиболее узкому откосу.

Р 1.04.115.13



1 – наружная поверхность стены, 2 – наружная стена, 3 - внутренняя поверхность стены,
4 – линия вертикальной плоскости, по которой определяют расчетную площадь стены

а) в углу

б) на прямом участке

Рисунок 3.1 – Пример определения расчетной площади наружных стен в зданиях каркасной конструкции

3.5 расчетная модель участка ограждающей конструкции: Аналог участка ограждающей конструкции, соответствующий ей по геометрическим размерам и коэффициентам теплопроводности материалов ее конструктивных элементов.

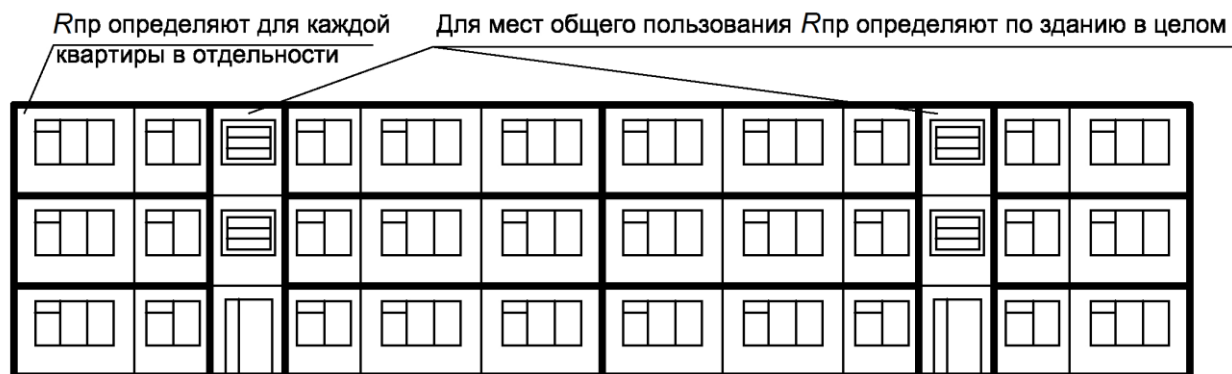
3.6 приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции: Величина, характеризующая теплозащитное свойство ограждающей конструкции в стационарных условиях теплопередачи, численно равная отношению разности температуры воздуха по обе стороны от конструкции, к усредненному по расчетной площади конструкции плотности теплового потока через нее.

Приведенное сопротивление теплопередаче определяют:

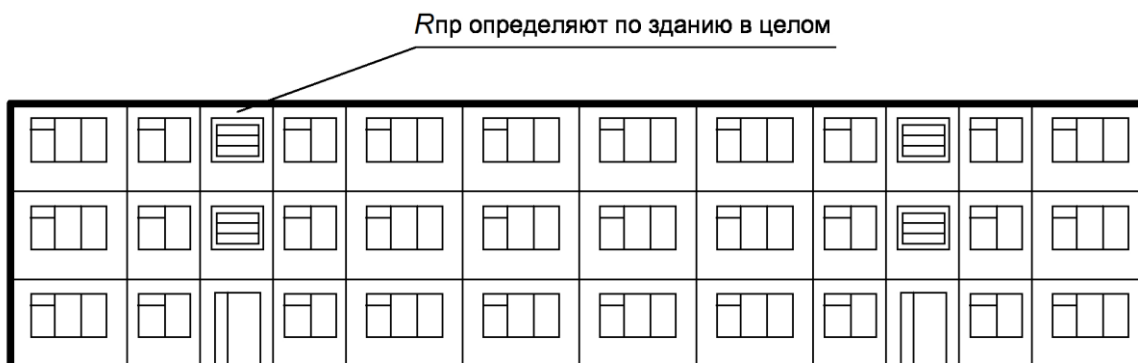
а) для ограждающих конструкций помещения, комплекса помещений, квартиры, части здания или здания в целом, оборудованного отдельным прибором учета расхода тепловой энергии;

б) для остальных ограждающих конструкций по зданию в целом в дополнение к определенным в пункте а).

Примеры определения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен приведены на рисунке 3.2.



а) здание, квартиры которого оборудованы отдельными приборами учета тепловой энергии



б) здание, оборудованное одним прибором учета тепловой энергии

Рисунок 3.2 – Пример определения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен

3.7 мелкогазмерные теплопроводные элементы (далее – МТЭ): элементы фасадных систем, расположенные в теплоизоляционном слое, имеющие контакт с подосновой и облицовочным слоем (или защитно-декоративным), характерный размер которых существенно меньше толщины теплоизоляционного слоя. Характерным размером МТЭ является сечение, перпендикулярное направлению теплового потока через ограждающую конструкцию.

К МТЭ также относят анкерные устройства фасадной системы, гибкие связи, шпонки и другие элементы, расположенные параллельно теплового потока, с характерным размером не более 20 мм.

4 Условные обозначения

Условные обозначения величин, используемых в настоящих рекомендациях, представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Условное обозначение	Единица измерения	Наименование
$R_{прі}$	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Значение приведенного сопротивления теплопередаче i -го участка ограждающей конструкции
$t_{в}$	°C	Расчетная температура внутреннего воздуха
$t_{н}$	°C	Расчетная температура наружного воздуха
F_i	м^2	Расчетная площадь i -го расчетного участка
Q_i	Вт	Тепловой поток через расчетный участок ограждающей конструкции, определяют по результатам расчета температурного поля
$Q_{iв}$	Вт	Тепловой поток через внутреннюю поверхность i -го расчетного участка
$Q_{iн}$	Вт	Тепловой поток через наружную поверхность i -го расчетного участка
$\alpha_{в}$	$\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции
$\alpha_{н}$	$\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции
$F_{в}$	м^2	Площадь внутренней поверхности i -го расчетного участка
$F_{н}$	м^2	Площадь наружной поверхности i -го расчетного участка
$R_{кi}$	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Значение термического сопротивления i -го расчетного участка ограждающей конструкции
F_i	м^2	Расчетная площадь i -го расчетного участка ограждающей конструкции
r	-	Коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции (расчетного участка ограждающей конструкции)
R_T	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, определяемое в соответствии с ТКП 45-2.04-43.

Продолжение таблицы 4.1

Условное обозначение	Единица измерения	Наименование
$\lambda_{ок}$	Вт/(м·°С)	Условный коэффициент теплопроводности заполнения проема
$\delta_{ок}$	м	Толщина окна (балконной двери) по толщине оконного профиля
$R_{ок}$	м ² ·°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции окна (балконной двери)
q_i	Вт	Дополнительный тепловой поток через i -го расчетного участка
Q_{i0}	Вт	Основной тепловой поток через i -й расчетный участок
Δq_i	Вт/шт	Дополнительный тепловой поток через один мелкогабаритный теплопроводный элемент
Q_j	Вт	Тепловой поток через участок с одним мелкогабаритным теплопроводным элементом
Q_{j0}	Вт	Тепловой поток через участок без мелкогабаритных теплопроводных элементов
R_0	м ² ·°С/Вт	Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции без теплопроводных элементов
N	шт	Количество мелкогабаритных теплопроводных элементов на расчетной площади i -го расчетного участка
Δq_t	Вт/шт (Вт/м ²)	Табличное значение дополнительного теплового потока
t_n	°С	Температура наружного воздуха
Δq_i^a	Вт	Значение дополнительного теплового потока от дюбель-анкеров теплоизоляционного слоя
Δq_i^k	Вт	Значение дополнительного теплового потока от кронштейнов фасадной системы
N^a	шт	Количество дюбель-анкеров, приходящихся на 1 м ² расчетного участка
N^k	шт	Количество кронштейнов, приходящихся на 1 м ² расчетного участка
D	-	Тепловая инерция наружных стен
R_1, R_2, \dots, R_n	м ² ·°С/Вт	Термическое сопротивление отдельных слоев ограждающей конструкции

Р 1.04.115.13

Продолжение таблицы 4.1

Условное обозначение	Единица измерения	Наименование
s_1, s_2, \dots, s_n	Вт/(м ² ·°С)	Расчетный коэффициент теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции
Q_T	Вт	Основные и добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции помещения
A	м ²	Расчетная площадь ограждающей конструкции
$t_{расч}$	°С	Расчетная температура воздуха в помещении с учетом повышения ее в зависимости от высоты для помещений высотой более 4 м
β	-	Добавочные потери теплоты в долях от основных потерь
n	-	Коэффициент, принимаемый по ТКП 45-2.04-43 в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху.

5 Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче

5.1 Общие положения

5.1.1 Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций должна соответствовать требованиям ТКП 45-2.04-43.

В настоящих рекомендациях приведена методика и примеры расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, которые согласно ТКП 45-2.04-43 относятся к неплоским конструкциям, имеют на поверхности выступы, проемы, примыкания смежных конструкций. Термическое сопротивление такой конструкции и приведенное сопротивление теплопередаче такой конструкции определяют на основании расчета температурного поля.

5.1.2 Значение приведенного сопротивления теплопередаче теплотехнически неоднородной ограждающей конструкции определяют на основании расчета теплового потока и температурного поля расчетных участков ограждающей конструкции. При этом реальную конструкцию участка заменяют расчетной моделью.

При моделировании допускается ряд упрощений, предусмотренных в 5.3.

5.1.3 Значение приведенного сопротивления теплопередаче участка ограждающей конструкции $R_{прi}$, м²·°С/Вт, определяют по результатам расчета теплового потока через участок по формуле

$$R_{прi} = \frac{(t_b - t_n) \cdot F_i}{Q_i}, \quad (5.1)$$

Тепловой поток через участок ограждающей конструкции, Q_i , Вт, определяют по результатам расчета температурного поля по формуле (5.2) или (5.3)

$$Q_i = Q_{iB} = \alpha_B \cdot (t_B - t_{B.П}) \cdot F_{iB} \quad (5.2)$$

$$Q_i = Q_{iH} = \alpha_H \cdot (t_H - t_{H.П}) \cdot F_{iH}, \quad (5.3)$$

Значение термического сопротивления участка ограждающей конструкции R_{Ki} , м²·°С/Вт, определяют по результатам расчета теплового потока через участок Q_i по формуле

$$R_{Ki} = \frac{(t_{вн} - t_{нн}) \cdot F_i}{Q_i}, \quad (5.4)$$

5.1.4 Значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, полученного на основании расчета теплового потока и температурного поля ее участков, определяют по формуле

$$R_{пр} = \frac{\sum F_i}{\sum \frac{F_i}{R_{прi}}}, \quad (5)$$

5.1.5 Коэффициент теплотехнической однородности r ограждающей конструкции (расчетного участка ограждающей конструкции) определяют по формуле (5.6):

$$r = \frac{R_{пр}}{R_T}, \quad (5.6)$$

5.1.6 Расчет теплового потока и температурного поля выполняют при следующих допущениях:

- теплообмен на поверхностях расчетных участков происходит в стационарных условиях теплопередачи;
- теплопроводность материалов элементов конструкций не зависит от температуры;
- в конструкциях отсутствует источник теплоты.

Р 1.04.115.13

5.1.7 Расчет температурного поля и теплового потока через расчетный участок рекомендуется выполнять с использованием компьютерных программ, реализующих решение стационарных задач теплопроводности.

В качестве методов расчета температурного поля и теплового потока возможно применение численных методов решения уравнения теплопроводности. Результат, как правило, выражается в виде значений температуры в узлах расчетных элементов, на которые предварительно разбивается расчетная модель, а также тепловых потоков через участок.

5.1.8 Численный метод решения должен обеспечивать:

- а) возможность расчета значений теплового потока через расчетный участок, температуры на поверхностях и в сечениях расчетных участков;
- б) сходимость результатов;
- в) необходимую точность: если используется метод итераций, процесс итерации должен продолжаться до получения суммы всех тепловых потоков (положительных и отрицательных) участка, деленной на 1/2 суммы абсолютных значений указанных тепловых потоков, будет менее 0,001 [1].

5.2 Размеры и количество участков, правила разбиения

5.2.1 Количество участков определяют, исходя из конфигурации конструкций в соответствии с положениями, изложенными ниже.

5.2.2 Границы участка должны быть образованы секущими плоскостями, перпендикулярными поверхности ограждающей конструкции.

Рекомендуемое размещение границ участков наружных стен по их длине:

- по оси симметрии элементов конструкции стены (по центру проемов, колонн, простенков);
- на расстоянии от двух до трех толщин стены от внутреннего угла;
- на расстоянии двух толщин стены от откоса проема или примыкания смежной конструкции (например, стен лоджий);
- на расстоянии двух толщин стены от плоскости контакта элементов конструкций из различных материалов (например, контакта железобетонной стены и кладки из ячеистобетонных блоков).

Рекомендуемое размещение границ участков наружных стен по высоте – по центру заполнения проемов.

Допускается уменьшать указанное расстояние при условии достижения стабилизации температурного поля на расстоянии не менее 100 мм у границы участка.

5.2.3 Для наружных стен, как правило, выделяют участки с характерными элементами стен:

- углы;
- простенки;
- примыкание к проемам;
- примыкание перекрытий;
- примыкание стен лоджий;
- участки стен из материалов с различной теплопроводностью (например, железобетонные колонны, контактирующие с кладкой стен).

5.2.4 При расчете фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой металлические элементы несущих конструкций системы, проходящие сквозь теплоизоляционный слой (например, кронштейны), должны учитываться в расчетной модели с учетом их расположения в теплоизоляционном слое и вентилируемой прослойке.

5.2.5 Пример разбиения наружных стен на расчетные участки приведены на рисунках 5.1- 5.2.

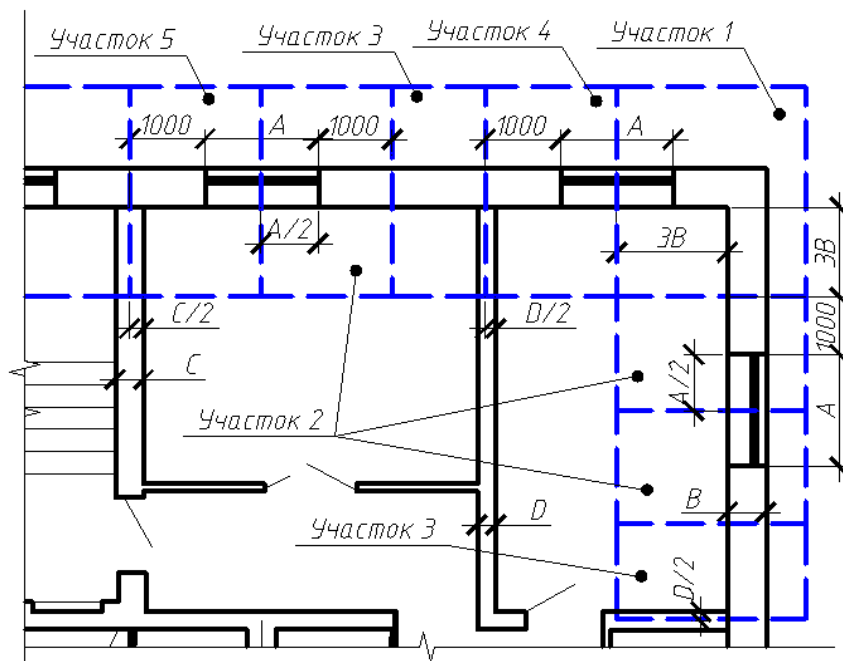
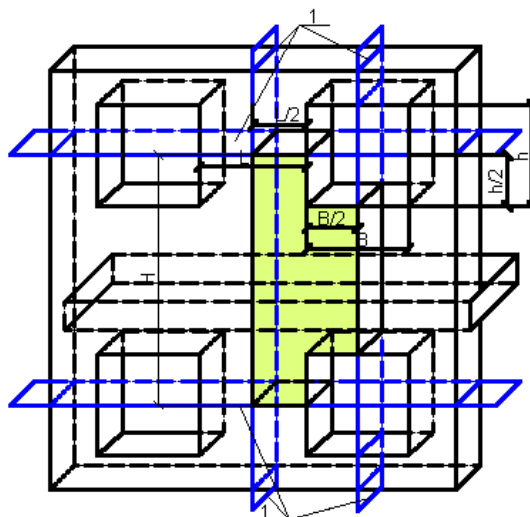


Рисунок 5.1 - Пример разбиения на расчетные участки наружных стен на фрагменте плана этажа



1 – секущие плоскости расчетного участка

Рисунок 5.2 - Пример разбиения на расчетные участки наружных стен (общий вид)

5.2.6 Для конструкций перекрытия (покрытия), как правило, используют три вида расчетных участков - угловой, линейный и рядовой (см. рисунок 5.3). При необходимости используют дополнительные участки примыкания к смежным конструкциям (вентиляционным шахтам, опорным конструкциям кровли).

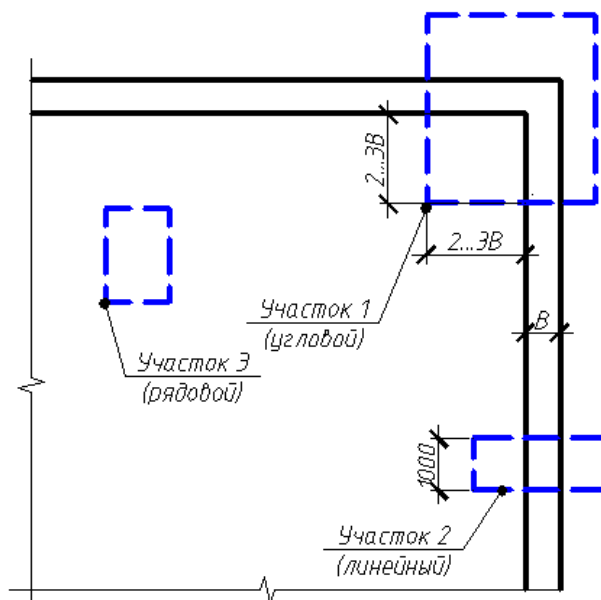


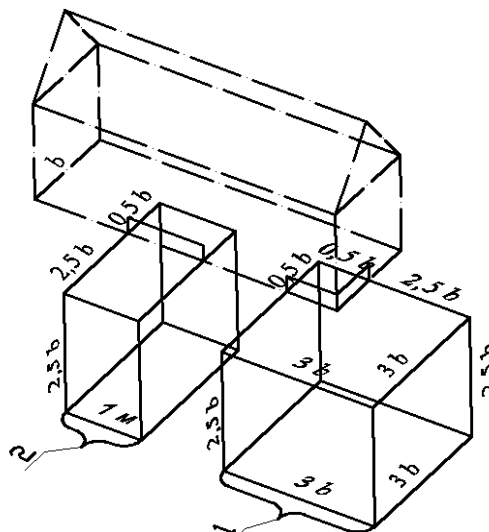
Рисунок 5.3 – Пример разбиения на расчетные участки перекрытий

5.2.7 Для расчета конструкции полов по грунту применяют следующие виды расчетных участков:

- для прямоугольного в плане здания – два типа расчетного участка – углового (1) и рядового (2) (см. рисунок 5.4);
- для квадратного в плане здания - один угловой расчетный участок;

- для зданий более сложной конфигурации с углами различного размера – количество расчетных участков в зависимости от количества типоразмеров углов.

Размеры расчетных участков – углового (1) и рядового (2) определяют в зависимости от ширины здания b в соответствии с рисунком 5.4.



1 – угловой расчетный участок, 2 – рядовой расчетный участок

Рисунок 5.4 – Определение границ расчетных участков пола по грунту и заглубленных участков стен

5.2.8 При построении расчетной модели участка учитывают конструкции заглубленных стен и пола по грунту, вид и глубину залегания грунтов основания. Допускается учитывать также среднюю толщину снежного покрова в соответствии с СНБ 2.04.02. Высоту надземного участка стен принимают не менее 1,0 м.

5.3 Допускаемые упрощения

5.3.1 При назначении размеров расчетной модели расчетного участка перепады поверхности и стыков слоев элементов расчетного участка, допускается не учитывать, если они не превышают 10 мм.

5.3.2 Заполнения проемов (окна, балконные двери) при определении приведенного сопротивления теплопередаче стен допускается принимать в виде пластин постоянной толщины по высоте и длине проема. Условный коэффициент теплопроводности заполнения проема, $\lambda_{ок}$, Вт/(м·°С), определяют по формуле

$$\lambda_{ок} = \frac{\delta_{ок}}{R_{ок} - \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_H}\right)}, \quad (5.7)$$

При этом в расчете приведенного сопротивления участка наружной стены с заполнением проемов по формуле (5.1) тепловой поток через проемы не учитывают.

Р 1.04.115.13

5.3.3 Допускается учитывать влияние МТЭ ограждающих в виде дополнительного теплового потока q_i к основному тепловому потоку через участок Q_{j0} так, что суммарный тепловой поток через участок Q_j определяют по формулам

$$Q_j = q_i + Q_{j0} \quad (5.8)$$

$$q_i = \Delta q_i \cdot N \quad (5.9)$$

Дополнительный тепловой поток через один МТЭ, Δq_i , Вт/шт, определяют по формуле

$$\Delta q_i = Q_j - Q_{j0}, \quad (5.10)$$

Тепловой поток, Q_{j0} , Вт, через участок без МТЭ, определяют на участке площади теплового потока Q_j . Допускается Q_{j0} рассчитывать по формуле:

$$Q_{j0} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot F_j}{R_0}, \quad (11)$$

Порядок и примеры учета наиболее распространенных МТЭ представлены в разделе 6.

5.4 Разбиение на конечные элементы расчетных моделей участков конструкции

5.4.1 Разбиение на конечные элементы расчетных моделей участков конструкции рекомендуется выполнять при соблюдении следующих условий:

– расчетная модель участка должна учитывать материалы основных конструктивных элементов, обладающих различными коэффициентами теплопроводности (несущий слой, слой утеплителя); слои, перпендикулярные тепловому потоку, с коэффициентом теплопроводности не более 3 Вт/(м·°С), толщина которых не превышает 5 мм, допускается не учитывать;

– размеры конструктивных элементов должны соответствовать принятым в проекте;

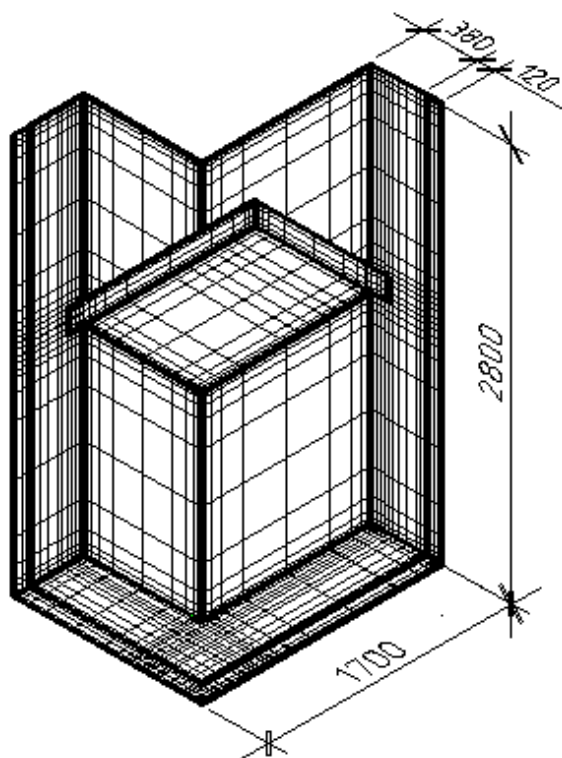
– шаг разбиения на конечные элементы по длине (ширине, высоте) отдельного конструктивного элемента зависит от его размеров и коэффициента теплопроводности материала; минимальное количество шагов разбиения, как правило, принимают не менее 2-х;

– величина минимального шага разбиения на конечные элементы по длине (ширине, высоте) как правило, составляет от 1 до 10 мм;

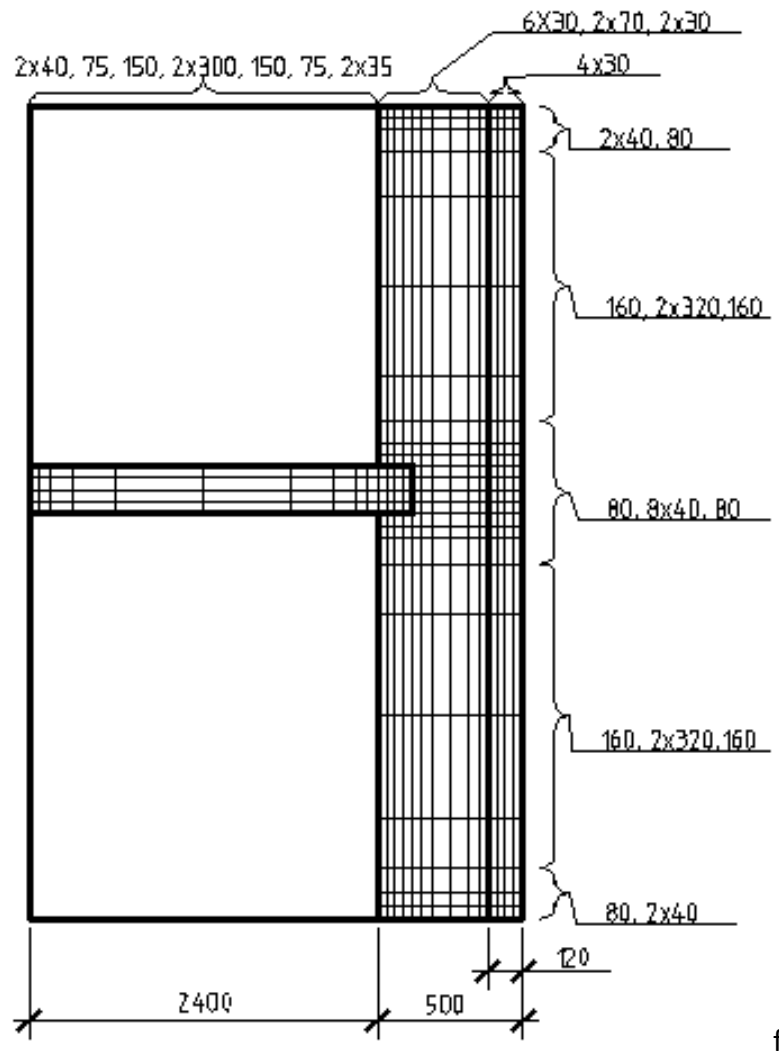
–изменение шага разбиения по длине (ширине, высоте) зависит от толщины и коэффициента теплопроводности материала элемента: в зоне контакта разнородных по теплопроводности материалов конструкций разбиение производится с меньшей величиной шага; большая величина шага назначается в зоне предполагаемой стабилизации температурного поля. Переход от шага с меньшей величиной к шагу с большей величиной рекомендуется производить без резких изменений;

–критерием правильного разбиения является расчет значений теплового потока и температурного поля с удвоенным количеством шагов по сравнению с принятым. Если разница между значениями теплового потока не превысит 2 %, а значения температуры в идентичных точках 0,005 °С, шаги приняты правильно [1,2].

5.4.2 Пример разбиения расчетной модели кирпичных наружных стен толщиной 510 мм, утепленных снаружи теплоизоляционным слоем толщиной 100 мм, приведен на рисунках 5.5 - 5.6.



а) общий вид



б) вертикальное сечение

Рисунок Н.7 - Пример разбиения расчетной модели участка наружной стены

5.5 Назначение характеристик материалов элементов конструкций

5.5.1 Значения коэффициента теплопроводности материалов конструкций принимают в соответствии с ТКП 45-2.04-43 (приложение А). Допускается принимать значения коэффициента теплопроводности материалов при условиях эксплуатации ограждающих конструкций в соответствии с ТКП 45-2.04-43 по данным изготовителей этих материалов, подтвержденные протоколами испытаний аккредитованных организаций.

При определении теплопроводности грунтов основания учитывают их вид, плотность и влажность в соответствии с результатами геологических изысканий объекта, а также наличие зоны промерзания глубиной, установленной в СНБ 2.04.02.

При определении коэффициентов теплопроводности грунта допускается использовать данные ТКП 45-4.02-129 и ТКП 45-5.03-21.

При отсутствии сведений о грунте коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м·°С), может быть принят равным:

- 1,2 — для маловлажных грунтов;
- 1,8 — для грунтов средней влажности;
- 2,3 — для сильновлажных грунтов.

5.6 Граничные условия

5.6.1 Условия теплообмена на поверхностях расчетных участков конструкций задаются в виде расчетных температур окружающего воздуха и расчетных коэффициентов теплообмена поверхностей (граничные условия третьего рода) в соответствии с параметрами, указанными в таблице 5.1.

5.6.2 На границах расчетных участков с нулевым тепловым потоком назначают адиабатные условия.

Таблица 5.1

Наименование характеристики, обозначение, единицы измерения	Значения
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, $\alpha_{в}$, Вт/(м ² ·°С)	ТКП 45-2.04-43 (таблица 5.4)
Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, $\alpha_{н}$, Вт/(м ² ·°С)	ТКП 45-2.04-43 (таблица 5.7)
Температура внутреннего воздуха, $t_{в}$, °С	ТКП 45-2.04-43 (раздел 4)
Расчетная температура наружного воздуха	То же
Температура грунта на глубине ниже 10 м, $t_{гр}$, °С	9,0

5.7 Оформление результатов расчетов

При оформлении результатов указывают:

- а) исходные данные по конструктивным решениям ограждающих конструкций и коэффициентам теплопроводности материалов их элементов;
- б) параметры граничных условий в соответствии с таблицей 5.1;
- в) результаты расчета в виде:
 - значений теплового потока через расчетные участки ограждающей конструкции;
 - точности расчета;
 - расчетной площади участка ограждающей конструкции;

Р 1.04.115.13

- температурных полей внутренней поверхности расчетных участков с анализом зон возможной конденсации влаги;
- значений приведенного сопротивления теплопередаче расчетных участков;
- значений приведенного сопротивления теплопередаче и расчетной площади ограждающих конструкций помещений здания;
- значений приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции здания в соответствии с заданием на проектирование.

6 Учет мелкогазобетонных теплопроводных элементов (МТЭ).

6.1 Учет швов кладки ячеистобетонных блоков

В ТКП 45-2.04-43 (приложение А) расчетные значения коэффициента теплопроводности приведены для материала блоков. Влияние растворных швов для кладки из стеновых ячеистобетонных блоков рекомендуется принимать по таблице 6.1 в виде эквивалентного коэффициента теплопроводности кладки.

Таблица 6.1

Вариант плотности бетона ячеистобетонных блоков	Условия эксплуатации	Коэффициент теплопроводности растворного шва, Вт/(м·°С)	Коэффициент теплопроводности бетона блоков Вт/(м·°С)	Толщина шва, мм	Значение эквивалентного коэффициента теплопроводности кладки, Вт/(м·°С)
ρ=400	А	0,76	0,12	10	0,15
				3	0,13
ρ=400	Б	0,93	0,13	10	0,17
				3	0,14
ρ=500	А	0,76	0,15	10	0,18
				3	0,16
ρ=500	Б	0,93	0,16	10	0,20
				3	0,17
ρ=600	А	0,76	0,18	10	0,21
				3	0,19
ρ=600	Б	0,93	0,19	10	0,22
				3	0,20

6.2 Дополнительный тепловой поток через анкерные устройства

6.2.1 Расчетная площадь участка с одним МТЭ должна соответствовать проектной схеме расположения МТЭ в конструкции. Границы указанного участка назначают из условия его повторяемости по площади конструкции (см. примеры на рисунке 6.1, на котором показаны размеры участка, приходящегося на $\frac{1}{4}$ дюбель-анкера).

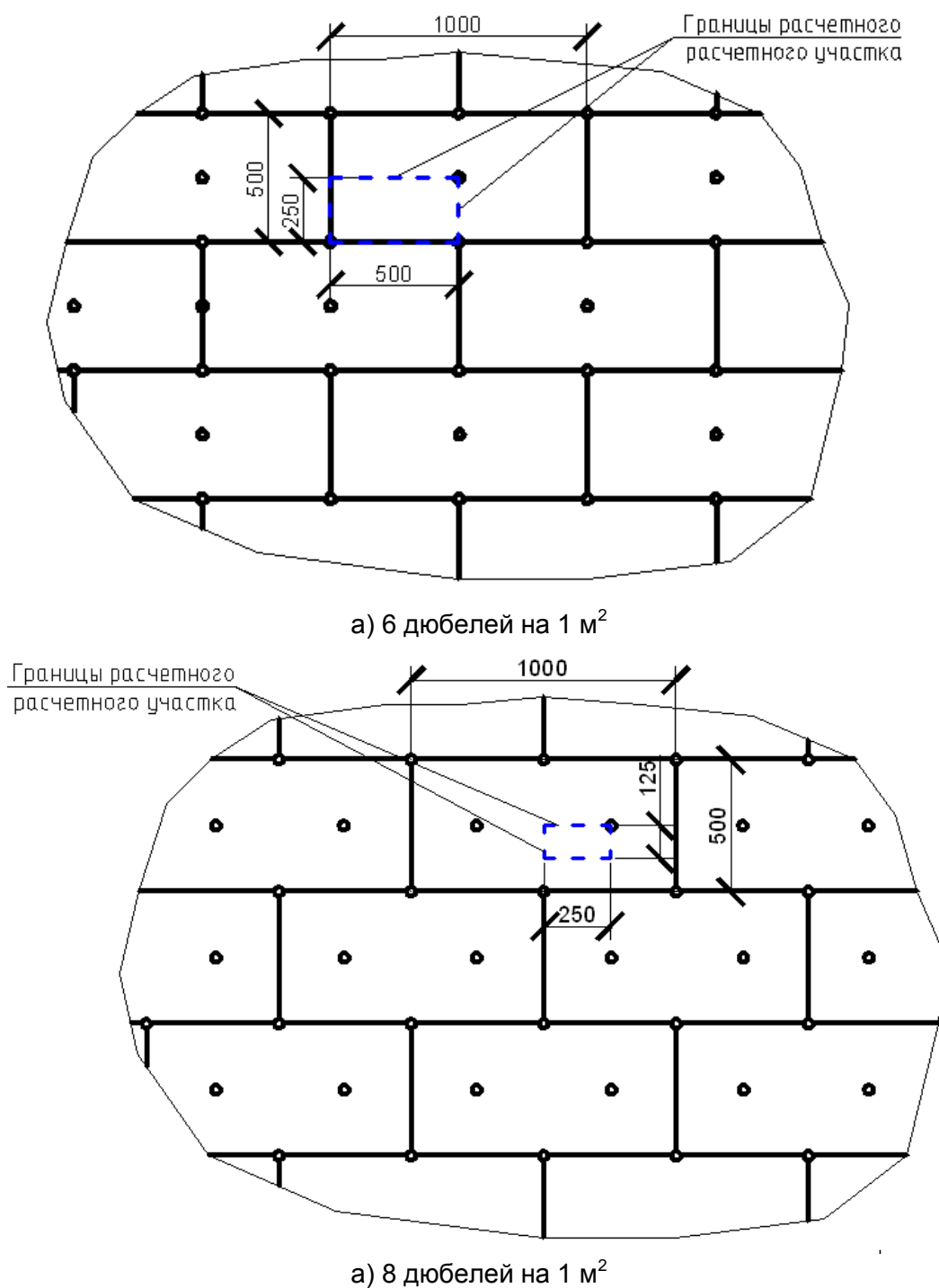


Рисунок 6.1 – Пример определения размеров расчетного участка для определения дополнительного теплового потока через дюбель-анкеры

Р 1.04.115.13

6.2.2 В таблице 6.2 приведены характеристики материалов для вариантов штукатурной системы утепления наружной стены, с различной подосновой, видом и толщиной утепления.

Крепление утеплителя к подоснове предусмотрено дюбель-анкерами с металлическим или базальтопластиковым сердечником в полиамидной втулке (см. рисунок 6.2) с расходом 6 и 8 дюбелей-анкерами на 1 м².

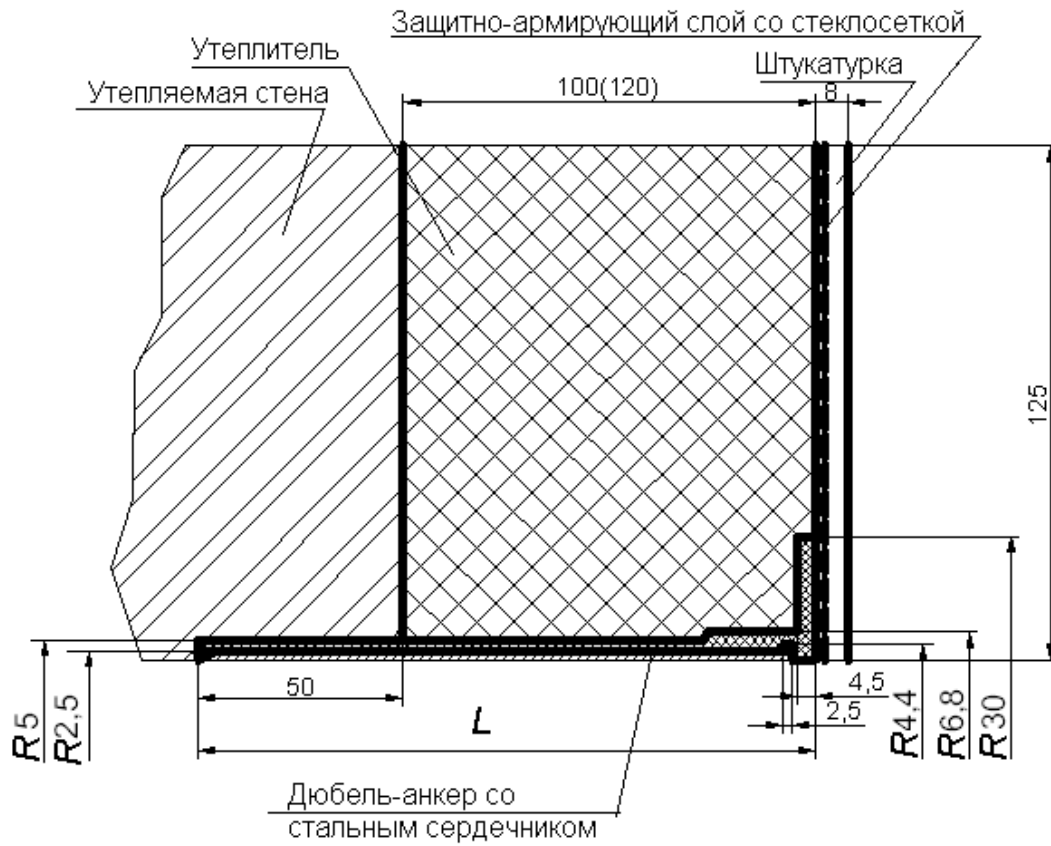
6.2.3 Результаты расчета дополнительного теплового потока на 1 дюбель-анкер для легких штукатурных фасадных систем в соответствии с разделом 6, приведены в таблице 6.3.

6.2.4 Расчетная температура наружного воздуха определена в соответствии ТКП 45-2.04-43 (раздел 5) в зависимости от тепловой инерции конструкции. Данные в таблице 6.3 приведены для условий эксплуатации г. Минска.

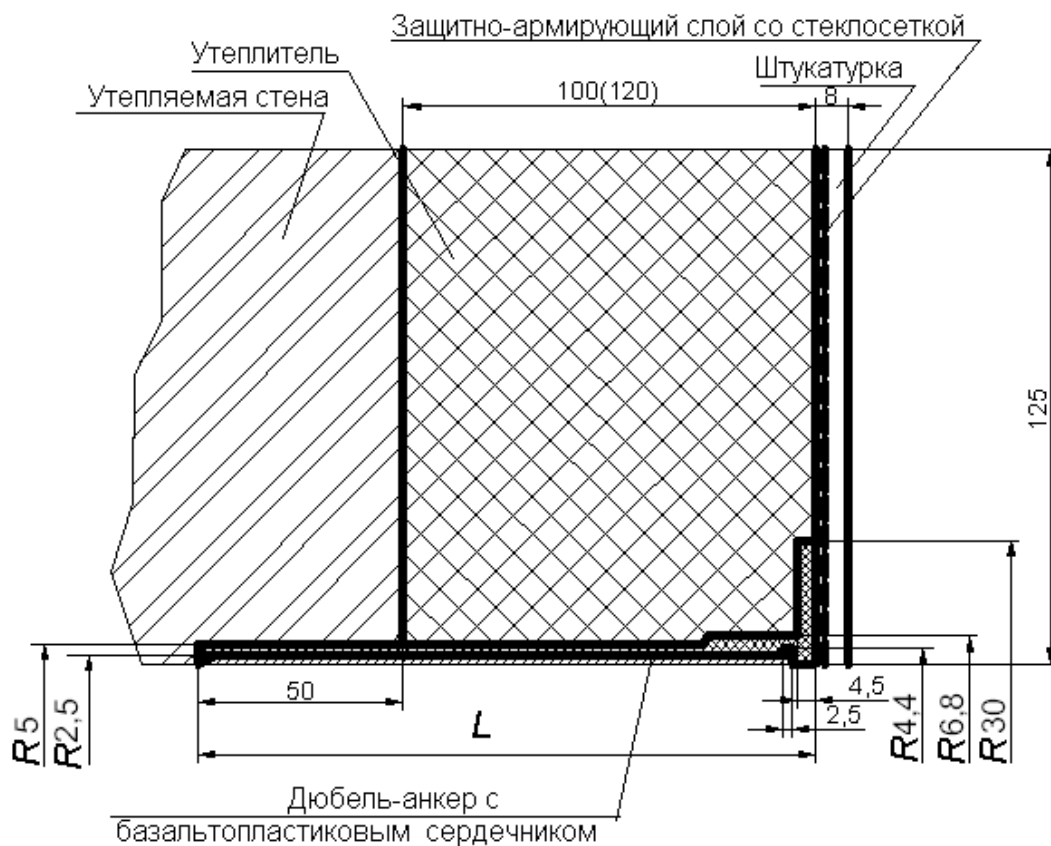
6.2.5 Пересчет дополнительного теплового потока Δq_i при других значениях температуры наружного воздуха выполняют по формуле

$$\Delta q_i = \Delta q_{Ti} \cdot \frac{t_B - t_T}{t_B - t_H}, \quad (6.1)$$

Значение дополнительного теплового потока, Δq_{Ti} , Вт/шт (Вт/м²) указано в таблице 6.3.



а) дюбель-анкером со стальным сердечником



б) дюбель-анкером с базальтопластиковым сердечником

Рисунок 6.2 – Крепление теплоизоляционного слоя штукатурной фасадной системы

Р 1.04.115.13

Таблица 6.2 – Характеристики материалов

Наименование материала	Плотность ρ , кг/м ³	λ , условия эксплуатации Б, Вт/(м ² ·°С)	Обоснование
Кладка из полнотелого глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе	1800	0,81	ТКП 45-2.04-43 (приложение А)
Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе	1800	1,16	То же
Сталь	7850	58,00	То же
Базальтопластик		0,46	Данные производителя [3]
Плиты пенополистирольные	35	0,05	ТКП 45-2.04-43 (приложение А)
Плиты минераловатные БЕЛТЕП, Фасад 12, $\rho=135$ кг/м ³	135	0,0433	Данные производителя [4]
Полимерцементная штукатурка	1800	0,93	ТКП 45-2.04-43 (приложение А, применительно)
Полиамид	1100	0,30	[5]

Таблица 6.3 – Результаты расчета дополнительного теплового потока

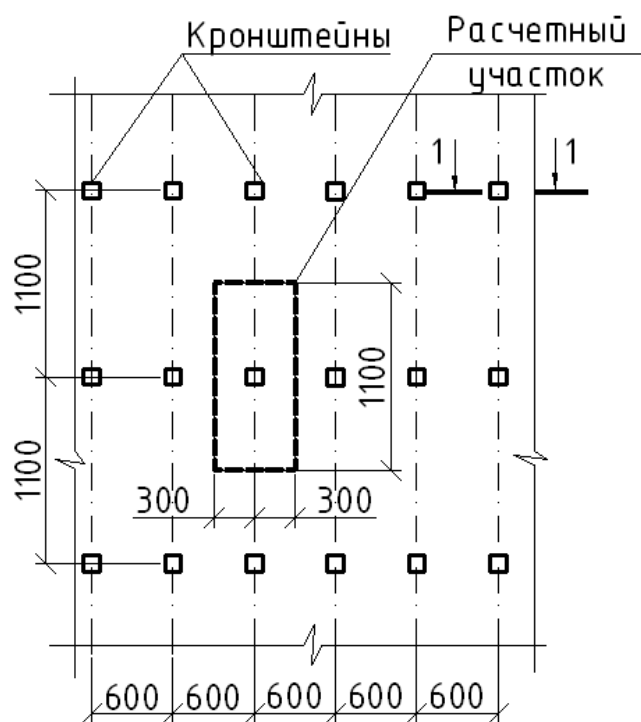
Подоснова (стена)	Теплоизоляционный материал		Тепловой поток на 1 дюбель-анкер, Δq_i , Вт/°С
	Наименование	Толщина слоя, мм	
Расход дюбелей 6 шт/м²			
Кладка из полнотелого глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм	Пенополистирол	100	0,00513
		120	0,00510
Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм		100	0,00575
		120	0,00562
Кладка из полнотелого глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм	Плиты минераловатные	100	0,00519
		120	0,0054
Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм		100	0,00637
		120	0,00616

Продолжение таблицы 6.3

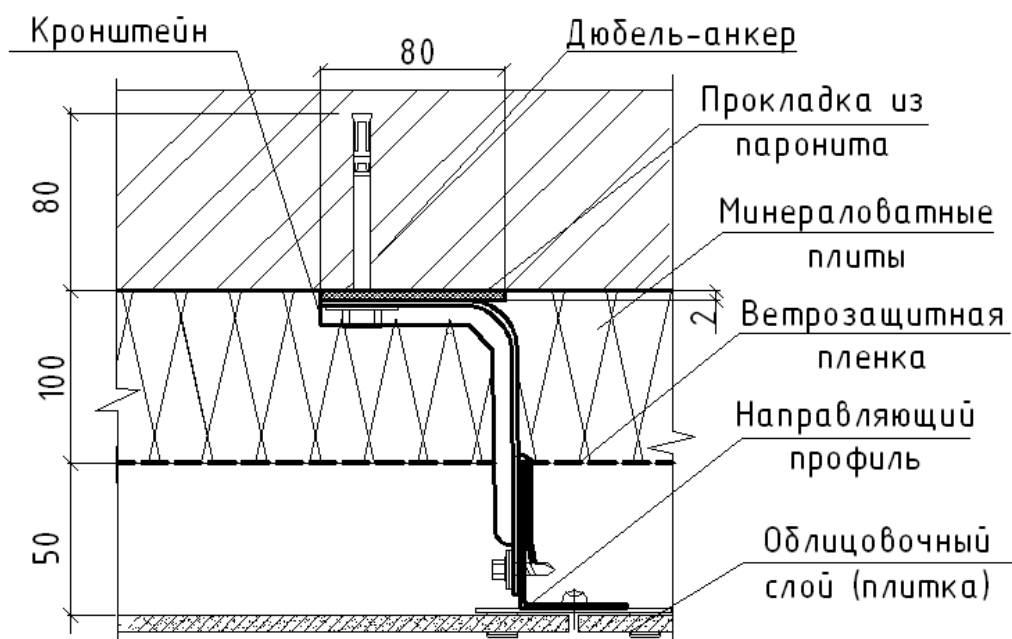
Подоснова (стена)	Теплоизоляционный материал		Тепловой поток на 1 дюбель-анкер, Δq_i , Вт/°С
	Наименование	Толщина слоя, мм	
Расход дюбелей 8 шт/м ²			
Кладка из полнотелого глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм	Пенополистирол	100	0,00518
		120	0,00515
Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм		100	
Кладка из полнотелого глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм	Плиты минераловатные	100	0,00554
		120	0,00546
Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм		100	0,00643
		120	0,00622

6.3 Дополнительный тепловой поток от кронштейнов вентилируемой фасадной системы

6.3.1 В таблице 6.5 представлены результаты расчета дополнительного теплового потока Δq_i от кронштейнов вентилируемой фасадной системы. Стальные кронштейны сплошного сечения с толщиной стенки 2 мм расположены на наружных стенах с шагом, показанным на рисунке 6.3. Ширина стального кронштейна составляет 80 мм.



а) размеры расчетного участка
1-1



б) конструкция вентилируемого фасада

Рисунок 6.3 - Схема расположения несущих кронштейнов на наружной стене здания и конструктивное решение фасадной системы

6.3.2 Характеристики материалов, принятые в расчет, показаны в таблице 6.4.

6.3.3 Площадь расчетного участка, соответствующая схеме расположения кронштейнов, приведенной на рисунке 6.3, составляет 0,72 м². Расчетная температура наружного воздуха, соответствующая значениям Δq_i , равна минус 24 °С.

Таблица 6.4 – Характеристики материалов

Наименование материала	Плотность ρ , кг/м ³	λ , условия эксплуатации Б, Вт/(м ² ·°С)	Обоснование
Кладка из полнотелого глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе	1800	0,81	ТКП 45-2.04-43 (приложение А)
Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе	1800	1,16	То же
Сталь	7850	58,00	То же
Плиты минераловатные БЕЛТЕП Вент	70	0,0418	[4]
Паронит	1900	0,43	[6]

Таблица 6.5 – Результаты расчета дополнительного теплового потока

Материал подосновы (стены)	Теплоизоляционный материал, толщина слоя, мм	Δq_{π} (на 1 кронштейн), Вт/°С	Коэффициент теплотехнической однородности, r
Кладка из полнотелого глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе (380 мм)	Минераловатные плиты, 100 мм	0,069	0,76
Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе (380 мм)		0,071	0,76
Кладка из полнотелого глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе (510 мм)		0,027	0,88
Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе (510 мм)		0,033	0,87

6.3.4 Расчет теплового потока с другой температурой наружного воздуха следует выполнять по формуле (6.1).

6.3.5 При расчете вентилируемой фасадной системы дополнительный тепловой поток от элементов крепления рассчитывают по формуле

$$q_i = \Delta q_i^a \cdot N^a + \Delta q_i^k \cdot N^k \quad (6.2)$$

7 Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

7.1 Исходные данные

7.1.1 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче выполнен для наружных стен типового этажа одной секции жилого здания с несущими поперечными стенами из керамического пустотного кирпича толщиной 380 мм. Наружные продольные стены из ячеистобетонных блоков толщиной 500 мм опираются на сборные железобетонные ригели толщиной 480 мм.

7.1.2 Наружные стены утеплены легкой штукатурной системой с утеплителем из минераловатных плит «БелТеп» марки «Фасад 12» по СТБ 1995 плотностью 135 кг/м^3 толщиной 100 мм.

7.1.3 Наружные торцевые поперечные стены утеплены минераловатными плитами "БелТеп" марки "Фасад 12" плотностью 135 кг/м^3 толщиной 120 мм по СТБ 1995, на остальных наружных поперечных кирпичных стенах тот же утеплитель толщиной 100 мм с защитой легкой штукатурной системой.

7.1.4 Утеплитель крепится к стене при помощи дюбель-анкеров со стеклопластиковым сердечником с расходом 6 шт. на 1 м^2 .

7.1.5 Чердак холодный, чердачное и цокольное перекрытия – железобетонные, с утеплителем.

7.1.6 Расчетную температуру наружного воздуха определяли в соответствии с ТКП 45-2.04-43 (раздел 4). Температура внутреннего воздуха помещений принята $18 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха 55 %.

7.1.7 Заполнение оконных проемов выполнено оконными блоками с одинарным переплетом и двухкамерными стеклопакетами (сопротивление теплопередаче $1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$).

7.1.8 Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стен принимают $\alpha_{в}=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, коэффициент теплоотдачи наружной поверхности стен принимают $\alpha_{н}=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. При расчете участков техподполья и чердака коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности принимают $\alpha_{в}=12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

7.1.9 Требуемое сопротивление теплопередаче согласно требованиям ТКП 45-2.04-43 составляет при строительстве новых жилых зданий:

- наружных стен - $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$;

- цокольных перекрытий - $2,5 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$;
- чердачных перекрытий - $6,0 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$.

7.1.10 План типового этажа представлен на рисунке 7.1. Разрезы 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5, 6-6 представлены на рисунках 7.2-7.7.

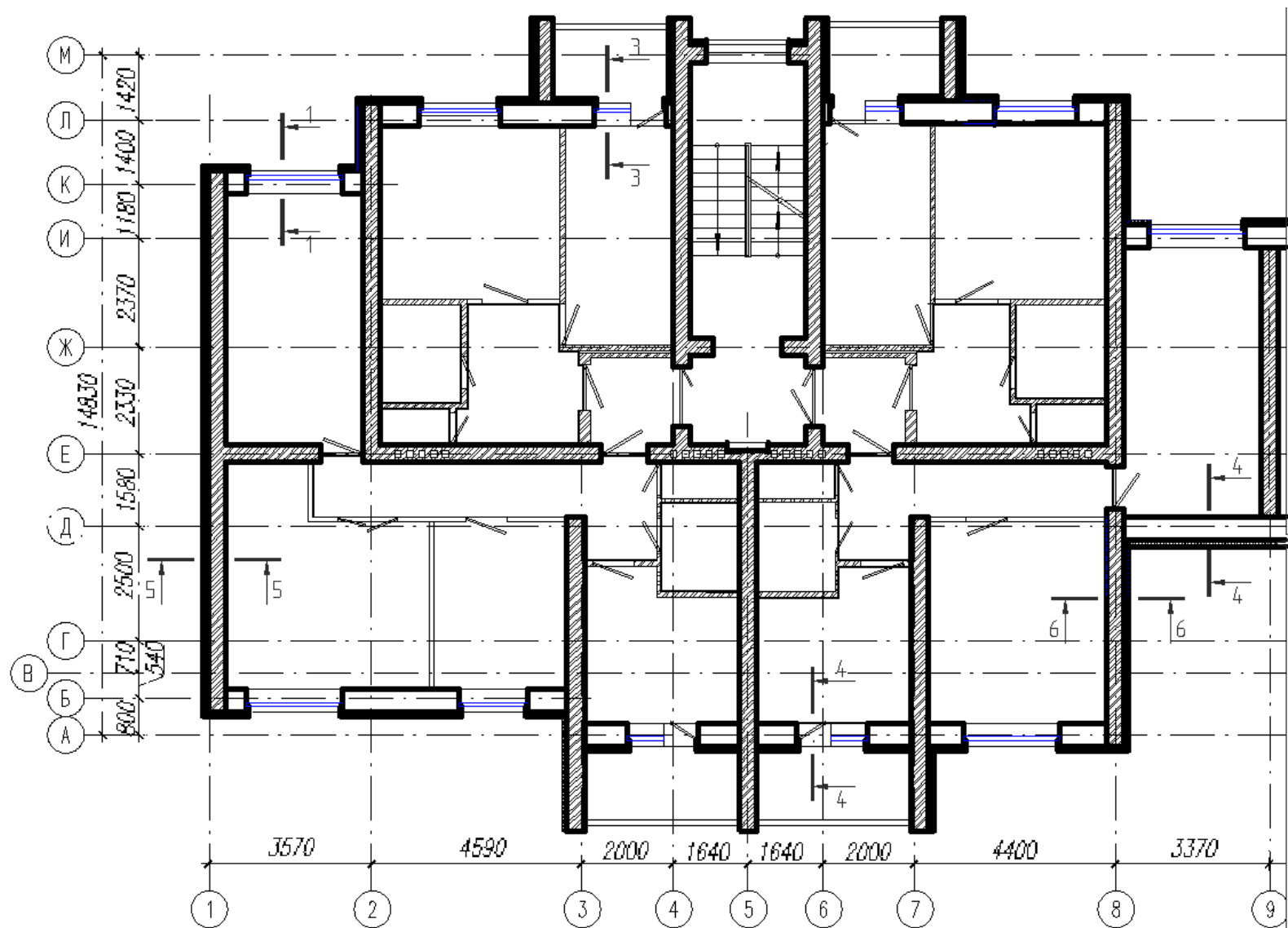


Рисунок 7.1 – План типового этажа

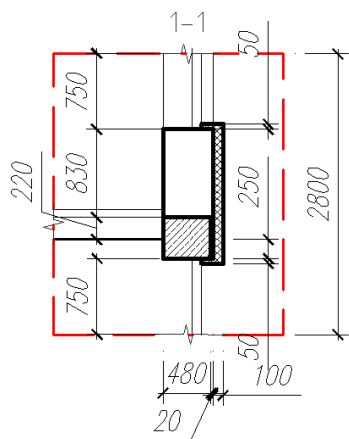


Рисунок 7.2 – Разрез 1-1

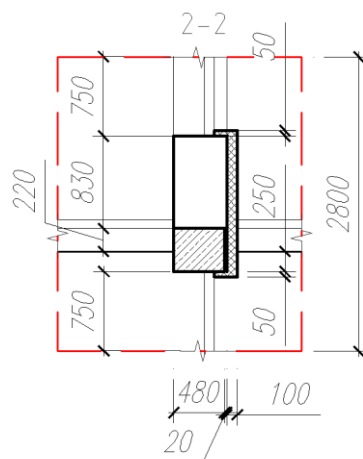


Рисунок 7.3 – Разрез 2-2

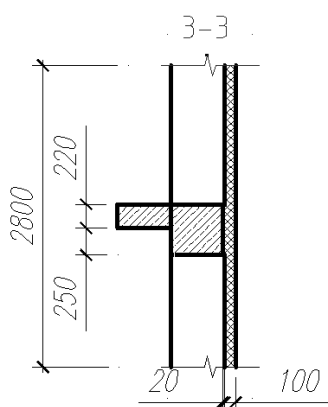


Рисунок 7.4 – Разрез 3-3

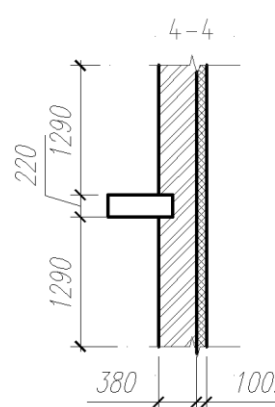


Рисунок 7.5 – Разрез 4-4

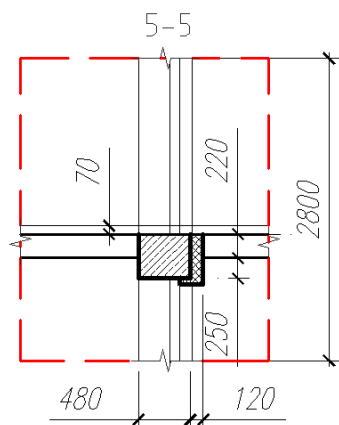


Рисунок 7.6 – Разрез 5-5

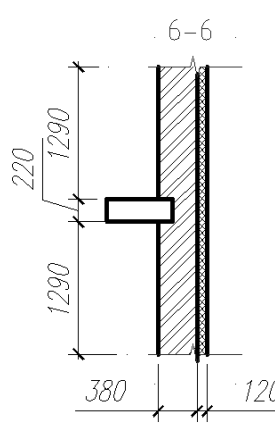


Рисунок 7.7 – Разрез 6-6

7.1.11 Характеристики материалов наружных стен приняты для условий эксплуатации Б согласно ТКП 45-2.04-43 (приложение А). Расчетные характеристики материалов приведены в таблице 7.1.

Р 1.04.115.13

Таблица 7.1

Наименование материала стены	Расчетный коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)	Расчетный коэффициент теплоусвоения, s , Вт/(м ² ·°С)	Толщина, δ , мм
Продольные наружные стены			
Кладка из ячеистобетонных блоков категории 2 по СТБ 1117 (на клею)	0,20*	2,95	500
Минераловатные плиты "Бел-Теп" марки "Фасад 12" плотностью 135 кг/м ³	0,0433	0,65	100
Торцевые наружные стены			
Кирпичная кладка из кирпича пустотного плотностью 1400 кг/м ³	0,78	8,48	380
Минераловатные плиты "Бел-Теп" марки "Фасад 12" плотностью 135 кг/м ³	0,0433	0,65	120
Поперечные наружные стены			
Кирпичная кладка из кирпича пустотного плотностью 1400 кг/м ³	0,78	8,48	380
Минераловатные плиты "Бел-Теп" марки "Фасад 12" плотностью 135 кг/м ³	0,0433	0,65	100
* приведенное значение, определено расчетом			

7.2 Определение расчетной температуры наружного воздуха

7.2.1 Расчетные условия определены согласно ТКП 45-2.04-43.

7.2.2 Тепловая инерция определялась для участков наружных стен конструкции, указанной в таблице 7.2.

Таблица 7.2

Наименование материала стены	Толщина, δ , мм	Термическое сопротивление слоя, R_i , м ² ·°С/Вт	Тепловая инерция D
Продольные наружные стены			
Кладка из ячеистобетонных блоков категории 2 по СТБ 1117 (на клею)	500	2,5*	7,4
Минераловатные плиты "БелТеп" марки "Фасад 12" плотностью 135 кг/м ³	100	2,3	1,5
Итого			8,9

Продолжение таблицы 7.2

Наименование материала стены	Толщина, δ , мм	Термическое сопротивление слоя, R_i , м ² ·°С/Вт	Тепловая инерция D
Торцевые наружные стены			
Кирпичная кладка из кирпича пустотного плотностью 1400 кг/м ³	380	0,5	4,1
Минераловатные плиты "БелТеп" марки "Фасад 12" плотностью 135 кг/м ³	120	2,8	1,9
Итого			6,0
Поперечные наружные стены			
Кирпичная кладка из кирпича пустотного плотностью 1400 кг/м ³	380	0,5	4,1
Минераловатные плиты "БелТеп" марки "Фасад 12" плотностью 135 кг/м ³	100	2,3	1,5
Итого			5,6
* приведенное значение, определено расчетом			

7.2.3 Так как значение тепловой инерции наружных стен выше 4-х, в соответствии с ТКП 45-2.04-43 за расчетную температуру наружного воздуха для наружных стен принята средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 минус 24 °С.

7.3 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен

7.3.1 Расчет производился в соответствии с методикой раздела 1 с применением программного комплекса «Темпер 3d».

7.3.2 Разбиение ограждающих конструкций на расчетные участки приведены на рисунках 7.8 – 7.10.

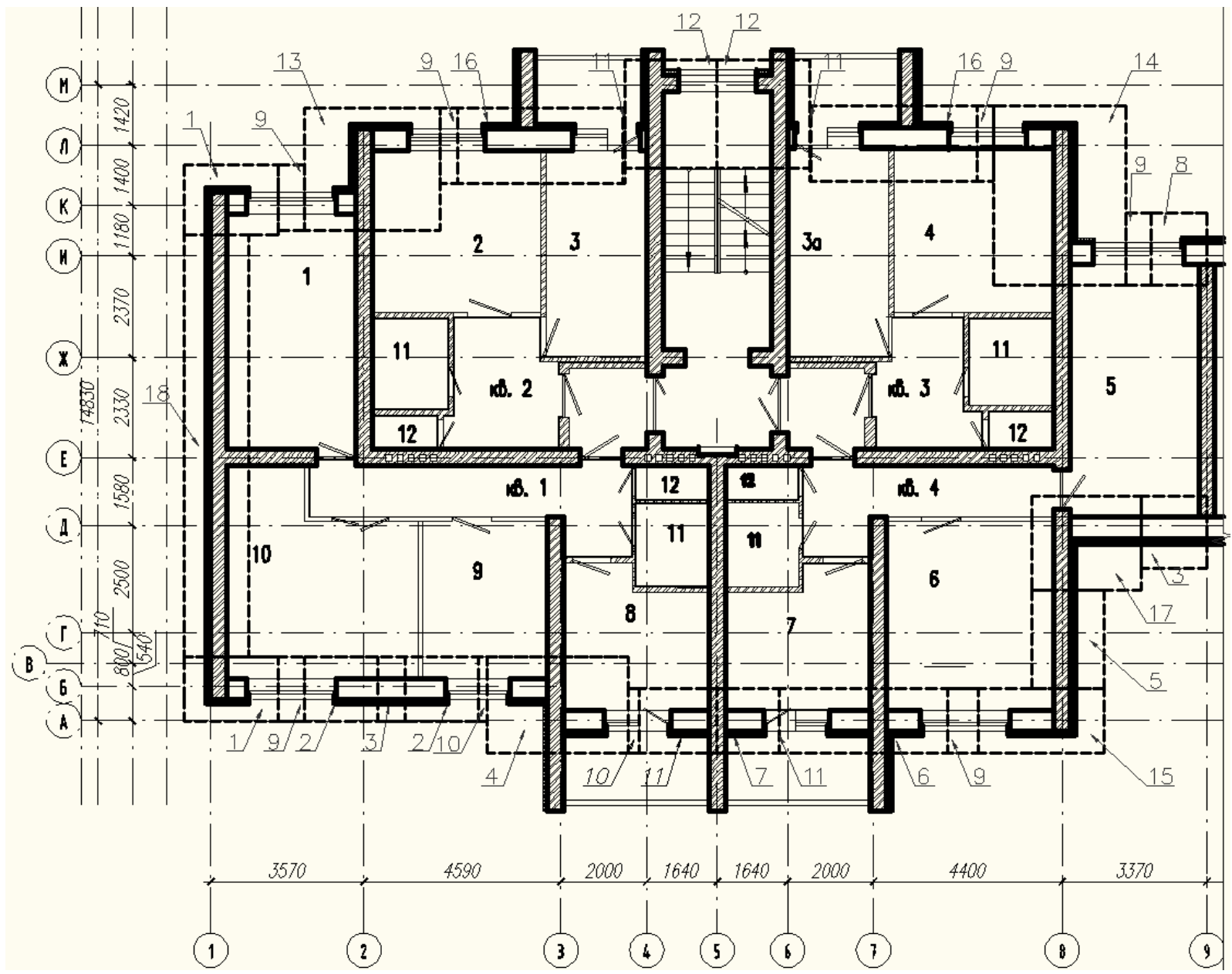


Рисунок 7.8 – Пример разбиения наружных стен типового этажа на расчетные участки

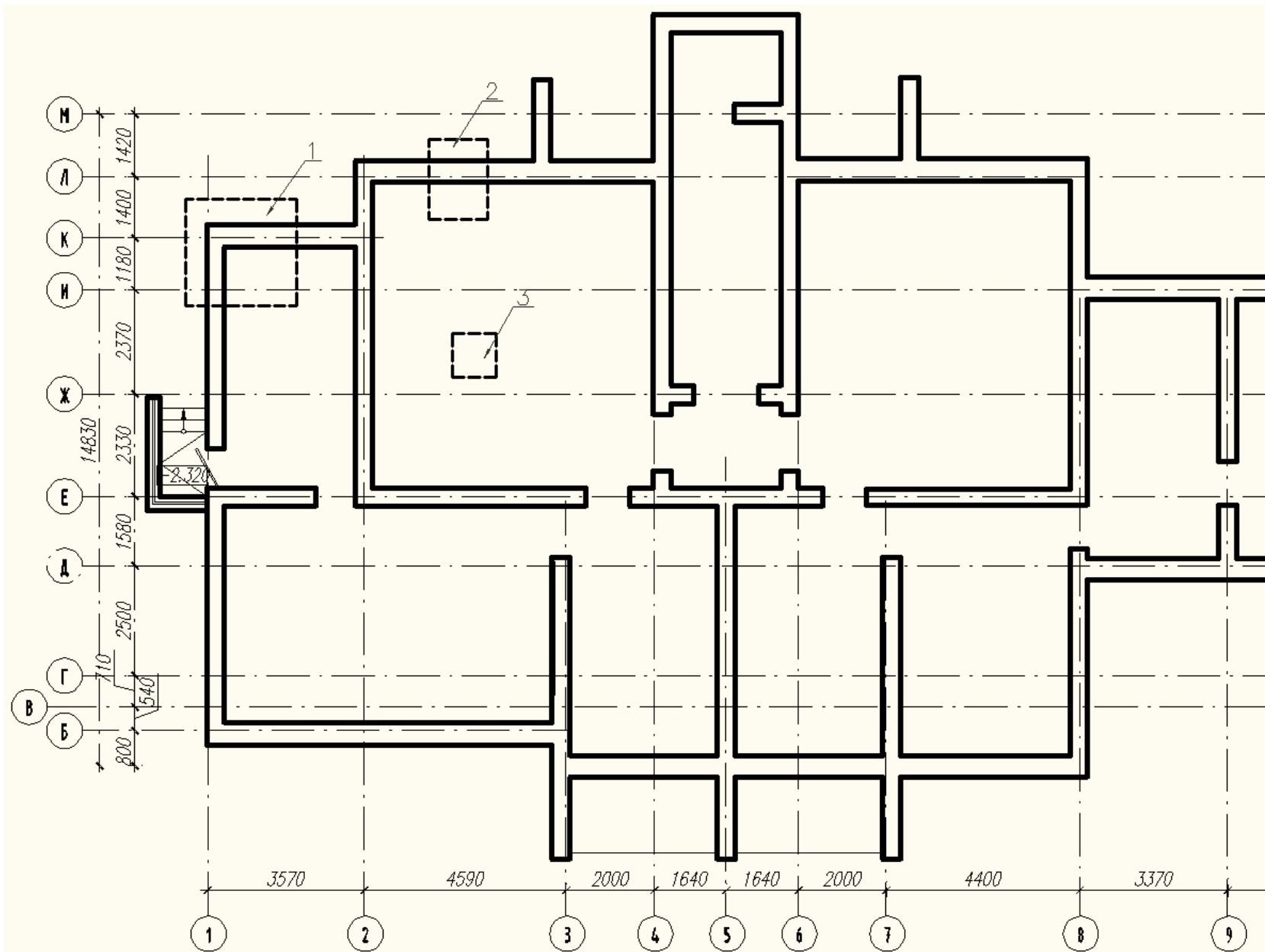


Рисунок 7.9 – Пример разбиения наружных стен цокольного этажа на расчетные участки

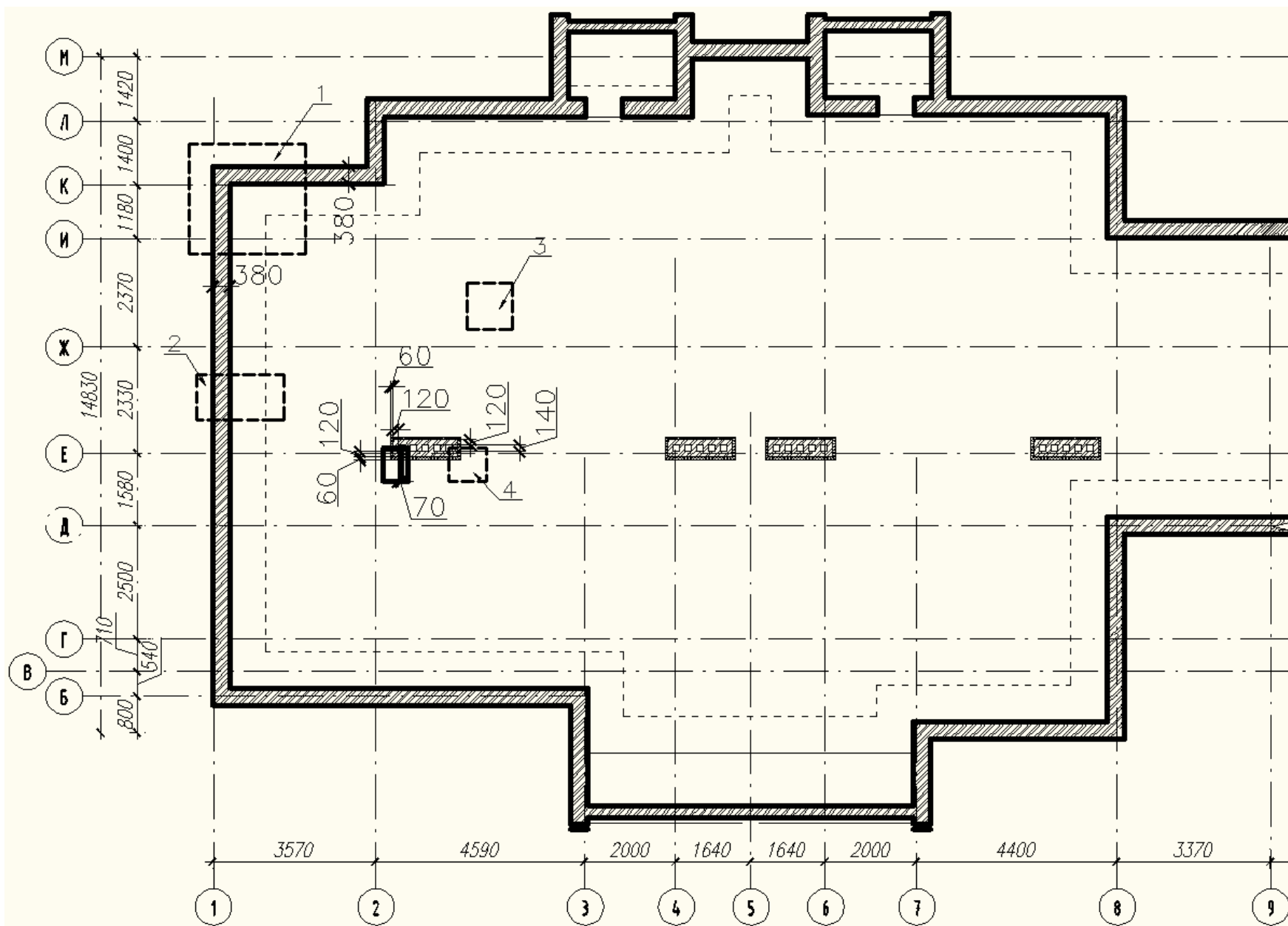


Рисунок 7.10 – Пример разбиения наружных стен чердачного перекрытия на расчетные участки

7.3.3 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен помещений производится на основании плана типового этажа здания (см. рисунок 7.1). Разбиение наружных стен на расчетные участки приведено на рисунке 7.8.

7.3.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен выполнялся в соответствии с разделом 6 с использованием программного комплекса «Temper 3D».

7.3.5 так как откосы наружных стен помещений участвуют в процессе теплообмена, при определении площади наружных стен расчетных участков площадь откосов наружных стен помещения учитывается при определении теплотерь помещений через наружные стены. Данная площадь в связи с участием откосов в процессе теплообмена также учитывается.

7.3.6 Результаты расчета представлены в таблице 7.3. Температура поверхностей (изолинии температуры) расчетных участков приведены в приложении А (рисунки А.1 – А.40).

7.3.7. Как видно, в зоне теплопроводных включений и откосов проемов температура внутренней поверхности наружных стен составляет от 15°C до 18°C , что выше температуры точки росы равной $8,83^{\circ}\text{C}$, которая соответствует относительной влажности воздуха 55 %.

7.3.8 Для дальнейшего использования результатов при определении теплотерь помещений были рассчитаны значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен отдельных помещений и квартир. Результаты сведены в таблицу 7.4.

Приведенное значение сопротивления теплопередаче наружных стен помещения определялось по полученным значениям площади и сопротивления теплопередаче соответствующих участков.

При определении теплотерь помещений через наружные стены расчет площади наружных стен аналогичен расчету приведенного сопротивления теплопередаче расчетных участков.

7.3.9 Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен помещений приведены в таблице 7.4. План типового этажа здания с указанными значениями приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен помещений и площадей наружных стен с учетом площади внутренних откосов приведен в приложении Б.

Р 1.04.115.13

7.3.10 Приведенное сопротивление теплопередаче фасада определяется на основании значений сопротивления теплопередаче наружных помещений и составляет $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$, что соответствует требованиям ТКП 45-2.04-43.

Таблица 7.3 – Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче расчетных участков наружных стен

Обозначение расчетного участка	Площадь, м ²				Средняя температура, °С		Тепловой поток, Вт				R, (м ² °С)/Вт	Точность расчета, %
	стен	окон	откосов	ИТОГО	наружной поверхности	внутренней поверхности	через стены и окна	дополнительный	через окна	Общий через стены		
1	4,76	1,13	0,87	4,51	-23,58	16,460	115,22	0,23	44,41	71,04	2,66	0,00015
2	4,76	1,13	0,87	4,51	-23,55	17,120	88,52	0,16	44,34	44,34	4,27	0,00010
3	1,40	-	-	1,40	-23,57	17,110	13,83	0,05	-	13,87	4,24	0,00272
4	11,31	1,65	1,51	11,17	-23,57	17,120	194,65	0,44	64,47	130,62	3,59	-0,00002
5	1,68	-	-	1,68	-23,37	16,700	24,01	0,17	-	24,18	2,92	0,00060
6	10,98	3,04	2,17	10,11	-23,51	16,860	263,70	0,35	120,70	143,35	2,96	0,00021
7	4,06	0,86	0,89	4,09	-23,47	16,650	102,36	0,14	33,91	68,60	2,50	-0,00015
8	3,61	1,13	0,87	3,36	-23,51	17,180	79,52	0,12	44,26	35,38	3,99	0,00009
9	2,80	1,50	0,29	1,59	-23,50	17,110	81,08	0,06	60,58	20,56	3,25	0,00019
10	2,80	1,50	0,29	1,59	-23,65	17,110	81,07	0,06	60,58	20,55	3,25	0,00019
11	2,80	2,33	0,29	0,76	-23,02	15,410	126,83	0,09	93,56	33,36	0,96	0,00001
12	1,99	0,84	0,87	2,02	-23,30	17,040	55,19	0,06	32,13	23,12	3,67	-0,00003
13	12,99	2,25	1,74	12,48	-23,52	17,250	221,75	0,60	88,52	133,83	3,92	0,00033
14	16,13	2,25	1,74	15,62	-23,48	17,200	268,74	0,93	88,63	181,04	3,62	-0,00029
15	6,36	1,13	0,87	6,10	-23,58	16,640	130,93	0,29	44,37	86,85	2,95	0,00013
16	10,81	3,04	2,17	9,94	-23,50	16,730	264,12	0,35	120,80	143,67	2,91	0,00018
17	10,70	-	-	10,70	-23,47	17,270	93,40	0,49	-	93,89	4,78	0,00025
18	1,68	-	-	1,68	-23,46	16,89	20,75	0,15	-	20,90	3,38	0,00029

Р 1.04.115.13

Таблица 7.4 – Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен помещений и квартир

Номер квартиры	Номер помещения	Номер участка	$F_i, \text{м}^2$	$R_{пр}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$
1	1	1	4,51	2,66
		18	14,53	3,38
		9	1,13	3,25
		13	3,92	3,92
	ИТОГО		24,08	3,28
	10	1	4,51	2,66
		2	5,49	4,27
			1,82	4,24
		18	12,99	3,38
		9	1,13	3,25
	ИТОГО		25,93	3,41
	8	4	6,40	3,59
		7	4,09	2,50
		10	0,47	3,25
		1	0,63	0,96
	ИТОГО		11,58	2,75
	9	2	3,53	4,27
		4	4,77	3,59
		9	0,38	3,25
ИТОГО		8,67	3,82	
итого по квартире		70,27	3,28	
2	2	16	5,72	2,91
		9	0,75	3,25
		13	8,57	3,92
	ИТОГО		15,03	3,43
	3	16	4,22	2,91
		11	0,03	0,96
		12	2,30	3,67
ИТОГО		6,55	3,10	
итого по квартире		21,58	3,32	
3	3а	16	4,22	2,91
		11	0,03	0,96
		13	2,30	3,67
	ИТОГО		6,55	3,10
	4	16	5,72	2,91
		9	0,75	1,59
		14	11,45	3,62
ИТОГО		17,92	3,20	
итого по квартире		24,47	3,17	

Продолжение таблицы 7.4

Номер квартиры	Номер помещения	Номер участка	$F_i, \text{ м}^2$	$R_{пр,i}$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$)
4	5	3	4,31	4,24
		8	3,36	3,99
		9	1,13	1,59
		14	3,89	3,62
		17	5,68	3,79
	ИТОГО		18,37	3,57
	6	5	6,13	2,92
		6	4,40	2,96
		9	1,32	3,25
		15	6,10	2,95
		17	5,01	3,79
	ИТОГО		22,96	3,11
	7	6	5,70	2,96
		7	4,09	2,50
		11	0,07	0,96
	ИТОГО		9,86	2,72
	итого по квартире		51,19	3,17
	Итого по этажу		167,51	3,23

7.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия

7.4.1 Разбиение на расчетные участки выполнялось из принципа учета влияния наружных углов (участок 1) и примыканий наружных стен (участок 2). Сопротивление теплопередаче остальной площади (участок 3) определяют по ТКП 45-2.04-43 (формулы 5.6-5.7) суммированием термических сопротивлений слоев конструкции перекрытия (см. таблицу 7.5). Схема разбиения на расчетные участки представлена на рисунке 7.10

7.4.2 При назначении граничных условий расчета границы расчетных участков выбирают таким образом, чтобы определить тепловой поток через перекрытие из общего теплового потока через участок (см. рисунок 7.11).

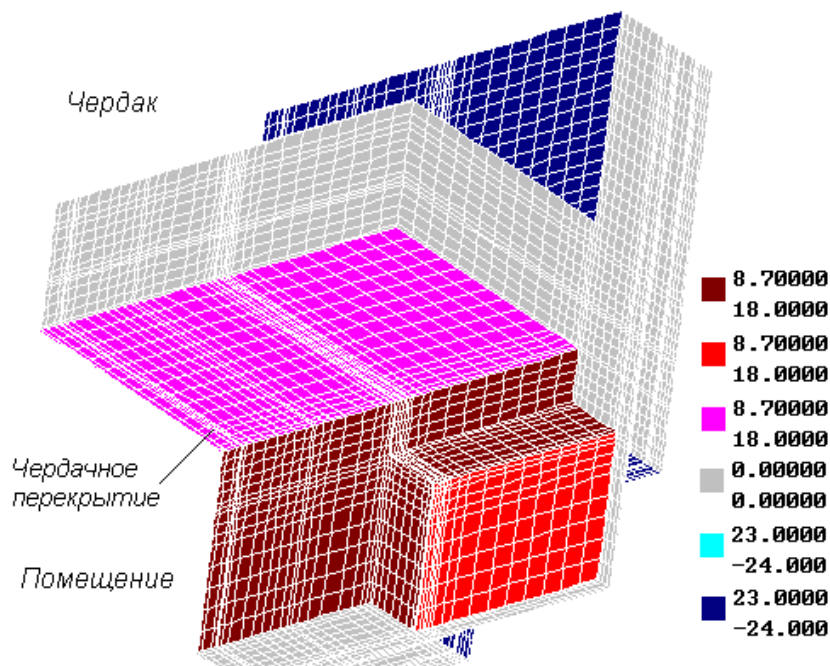


Рисунок 7.11 – Граничные условия участка 2. Цвет границы означают значения коэффициента теплоотдачи поверхности и температуру воздуха

Таблица 7.5 – Сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия

Наименование материала	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С) (условия эксплуатации А)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² ·°С/Вт
Стяжка из цементно-песчаного раствора М 100 F100	0,76	0,03	0,039
Плиты минераловатные «ФЛОР 125» СТБ 1995, плотностью 125 кг/м ³	0,042	0,27	6,43
Ж/б перекрытие	1,92	0,22	0,115
Сопротивление теплопередаче с учетом коэффициентов теплоотдачи наружной и внутренней поверхности $\alpha_n=12$ Вт/(м ² ·°С), $\alpha_v=8,7$ Вт/(м ² ·°С) - $R_c=6,78$ м ² ·°С/Вт			

7.4.3 На участках 1 и 2 учитывают дополнительное утепление перекрытия по контуру наружных стен согласно рабочим чертежам до толщины 380 мм на ширину 1,2 м от стены и дополнительное утепление кирпичных стен чердака со стороны чердака и с наружной стороны минераловатными плитами «БелТеп» марки «Фасад 12» плотностью 135 кг/м³ толщиной 100 мм.

Приведенное сопротивление теплопередаче определяют на основании расчета теплового потока через расчетные участки по методике раздела 6 с применением программного комплекса "TEMPER-3D". Результаты расчета представлены в таблице 7.6. температурные поля участков представлены в приложении А.

Таблица 7.6

Наименование показателя	Номер участка	
	1 чердак (угол)	2 чердак, (прямой участок)
Температура наружного воздуха, °С	-24	-24
Температура воздуха помещения, °С	18	18
Средняя температура наружной поверхности, °С	-20,88	- 20,76
Средняя температура внутренней поверхности, °С	16,45	17,09
Общий тепловой поток вход., Вт	21,52	18,48
Общий тепловой поток выход., Вт	21,52	18,48
Погрешность, %	0,0002	0,0029
Площадь внутренней поверхности, м ²	1,59	2,34
Приведенное сопротивление теплопередаче, м ² ·°С/ Вт	3,10	5,31

7.4.5 Для дальнейшего использования результатов при расчете теплопотерь были рассчитаны значения приведенного сопротивления теплопередаче чердачных перекрытий, относящиеся к конкретным помещениям. Результаты сведены в таблицу 7.7.

Таблица 7.7 – Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия помещений последнего этажа

Номер помещения	Обозначение площади расчетного участка	Общая площадь расчетного участка, м ²	Сопротивление теплопередаче участка, м ² ·°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия помещения, м ² ·°С/Вт
1	A_{c1}	1,44	3,10	
	A_{c2}	7,668	5,31	
	A_{c3}	9,362	6,78	
	Итого	18,47		5,61
2	A_{c1}	1,44	3,10	
	A_{c2}	3,55	5,31	
	A_{c3}	10,95	6,78	
	Итого	15,94		5,80
3	A_{c2}	3,09	5,31	
	A_{c3}	10,61	6,78	
	Итого	13,7		6,38
4	A_{c1}	1,44	3,10	
	A_{c2}	4,36	5,31	
	A_{c3}	9,25	6,78	
	Итого	15,05		5,67

Продолжение таблицы 7.7

Номер помещения	Обозначение площади расчетного участка	Общая площадь расчетного участка, м ²	Сопротивление теплопередаче участка, м ² ·°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия помещения, м ² ·°С/Вт
5	A _{с2}	8,09	5,31	
	A _{с3}	11,85	6,78	
	Итого	19,94		6,09
10	A _{с1}	1,44	3,10	
	A _{с2}	2,844	5,31	
	A _{с3}	7,046	6,78	
	Итого	11,33		5,55
11	A _{с2}	5,74	5,31	
	A _{с3}	4,61	6,78	
	Итого	10,35		6,11
12	A _{с1}	1,44	3,10	
	A _{с2}	6,81	5,31	
	A _{с3}	10,92	6,78	
	Итого	19,17		5,71
17	A _{с2}	3,44	5,31	
	A _{с3}	8,73	6,78	
	Итого	12,17		6,29
18	A _{с1}	1,44	3,10	
	A _{с2}	8,82	5,31	
	A _{с3}	9,65	6,78	
	Итого	19,91		5,61
19	A _{с3}	6,56	6,78	
	Итого			6,78
Лестничная клетка	A _{с1}	2,88	3,10	
	A _{с2}	0,49	5,31	
	A _{с3}	18,03	6,78	
	Итого	21,4		5,81
Приведенное сопротивление теплопередаче по зданию, м ² ·°С/Вт				5,92

7.5 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче цокольного перекрытия

7.5.1 Сопротивление теплопередаче перекрытия техподполья определяют с разбивкой на участки, в которых учитывали влияние наружных углов (участок 1) и примыканий наружных стен (участок 2). Сопротивление теплопередаче остальной

площади (участок 3) определяют суммированием термических сопротивлений слоев конструкции перекрытия (см. таблицу 7.8).

Таблица 7.8 – Сопротивление теплопередаче перекрытия техподполья (участок 3)

Наименование материала	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Толщина, м	Термическое сопротивление, м ² ·°С/Вт
Линолеум	0,38	0,005	0,013
Цементно - песч. стяжка	0,76	0,055	0,072
ж/б перекрытие	1,92	0,22	0,115
Плиты пенополистирола ППТ-35Н-А	0,041	0,10	2,93
Сопротивление теплопередаче с учетом коэффициентов теплоотдачи наружной и внутренней поверхности $\alpha_n=8,7$ Вт/(м ² ·°С), $\alpha_v=8,7$ Вт/(м ² ·°С) - $R_c=2,84$ м ² ·°С/Вт			

7.5.2 Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче перекрытия приведены в таблице 7.9. Приведенное сопротивление теплопередаче получают в результате расчета теплового потока через расчетные участки по методике раздела 6 с применением программного комплекса "TEMPER-3D".

7.5.3 При назначении граничных условий расчета границы расчетных участков выбирают таким образом, чтобы определить тепловой поток через перекрытие (см. рисунок 7.12).

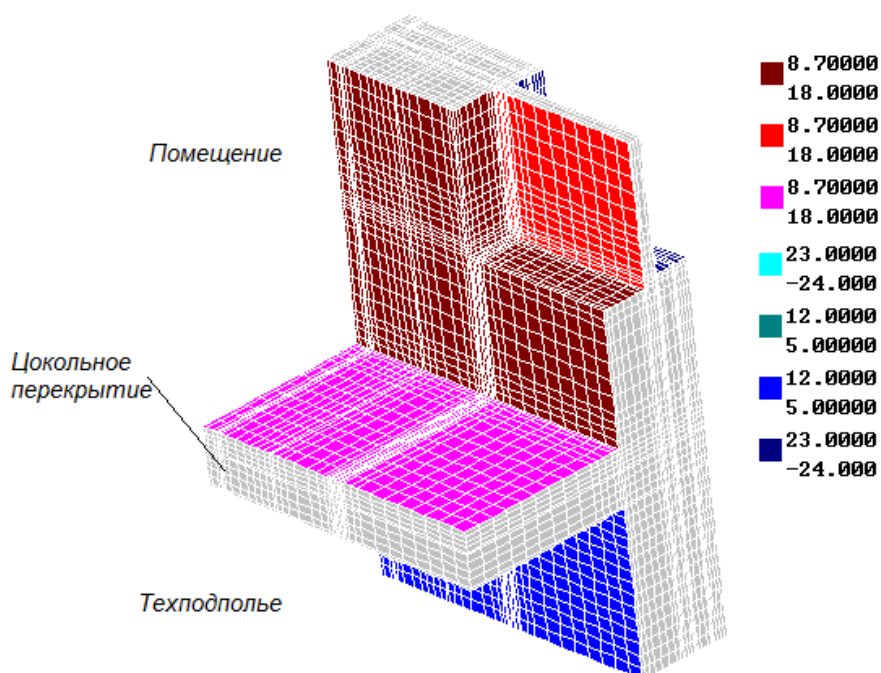


Рисунок 7.12 – Граничные условия участка 2. Цвет границы означают значения коэффициента теплоотдачи поверхности и температуру воздуха

Р 1.04.115.13

7.5.4 Результаты расчета представлены в таблице 7.9. температурные поля участков приведены в приложении А.

Таблица 7.9

Наименование показателя	Номер участка	
	1 подполье (угол)	2 подполье, (прямой участок)
Температура наружного воздуха, °С	- 24	- 24
Температура воздуха помещения, °С	18	18
Средняя температура наружной поверхности, °С	4,717	5,343
Средняя температура внутренней поверхности, °С	17,37	17,42
Общий тепловой поток вход., Вт	8,786	10,77
Общий тепловой поток выход., Вт	8,786	10,77
Погрешность, %	0,00121	0,0014
Площадь внутренней поверхности, м ²	1,595	2,145
Приведенное сопротивление теплопередаче, м ² ·°С/ Вт	2,35	2,589

7.5.6 Приведенное сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия составляет $R_{\Sigma}=2,75$ м²·°С/Вт (см. таблицу 7.10).

Таблица 7.10

Номер помещения	Обозначение площади расчетного участка	Общая площадь расчетного участка, м ²	Сопротивление теплопередаче участка, м ² ·°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия помещения, м ² ·°С/Вт
1	Ac ₁	1,44	2,35	
	Ac ₂	7,67	2,589	
	Ac ₃	9,36	2,84	
	Итого	18,47		2,69
2	Ac ₁	1,44	2,35	
	Ac ₂	3,55	2,589	
	Ac ₃	10,95	2,84	
	Итого	15,94		2,73
3	Ac ₂	3,09	2,589	
	Ac ₃	10,61	2,84	
	Итого	13, 7		2,78
4	Ac ₁	1,44	2,35	
	Ac ₂	4,36	2,589	
	Ac ₃	9,25	2,84	
	Итого	15,05		2,71
5	Ac ₂	8,09	2,589	
	Ac ₃	11,85	2,84	
	Итого	19,94		2,73

Продолжение таблицы 7.10

Номер помещения	Обозначение площади расчетного участка	Общая площадь расчетного участка, м ²	Сопrotивление теплопередаче участка, м ² ·°C/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия помещения, м ² ·°C/Вт
10	Ac ₁	1,44	2,35	
	Ac ₂	2,844	2,589	
	Ac ₃	7,046	2,84	
	Итого	11,33		2,70
11	Ac ₂	5,74	2,589	
	Ac ₃	4,61	2,84	
	Итого	10,35		2,73
12	Ac ₁	1,44	2,35	
	Ac ₂	6,81	2,589	
	Ac ₃	10,92	2,84	
	Итого	19,17		2,70
17	Ac ₂	3,44	2,589	
	Ac ₃	8,73	2,84	
	Итого	12,17		2,76
18	Ac ₁	1,44	2,35	
	Ac ₂	8,82	2,589	
	Ac ₃	9,65	2,84	
	Итого	19,91		2,68
19	Ac ₃	6,56	2,84	
	Итого			2,84
Лестничная клетка	Ac ₁	2,88	2,35	
	Ac ₂	0,49	2,589	
	Ac ₃	18,03	2,84	
	Итого	21,4		2,84
Приведенное сопротивление теплопередаче по зданию, м ² ·°C/Вт				2,75

7.5.7 Температурные поля участков чердачного и цокольного перекрытия представлены в приложении А, при этом установлено, что температура внутренней поверхности ограждающих конструкций в «критических» областях (углах, откосах) превышает температуру точки росы, что соответствует требованиям ТКП 45-2.04-43.

8 Определение потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений жилых зданий

8.1 Теплотери помещений через ограждающие конструкции здания определяют в соответствии с СНБ 4.02.01 для расчетных условий с учетом основных и добавочных потерь теплоты

8.2 Основные и добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции помещения, Q_T , Вт, определяют согласно СНБ 4.02.01 (приложение Ж) с округлением до 10 Вт по формуле

$$Q = A(t_b - t_n) \left(1 + \sum \beta n / R_{np} \right), \quad (8.1)$$

При расчете потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции за t_n , °С, принимается расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года. При расчете потерь теплоты через внутренние ограждающие конструкции за t_n , °С, принимают температуру воздуха более холодного помещения

8.3 Правила определения площади ограждающей конструкции при расчете потерь теплоты должны быть такими же, что и при расчете значений приведенного сопротивления теплопередаче.

8.4 Для цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха в них, t_c большей t_n , но меньшей t_b , а также для внутренних стен и перегородок между эксплуатируемыми помещениями с расчетной температурой воздуха t_b и помещениями с более низкой температурой воздуха t_{b1} , коэффициент n следует определять по формулам (8.2 - 8.3) соответственно:

$$n = (t_b - t_c) / (t_b - t_n) \quad (8.2)$$

$$n = (t_b - t_{b1}) / (t_b - t_n) \quad (8.3)$$

8.5 Потери теплоты через внутренние ограждающие конструкции учитывают при разнице температуры воздуха в них более 3 °С. В жилых многоквартирных зданиях учитывают потери теплоты между помещениями квартиры и помещениями общего пользования – лестнично-лифтовыми узлами, тамбурами, мусорокамерами.

8.6 Примеры расчета потерь теплоты через ограждающие конструкции двухкомнатной квартиры № 4 (см. рисунок 7.8), при ее расположении на первом, последнем и типовом этаже для условий эксплуатации здания в г. Минске, приведен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Расчет потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений двухкомнатной квартиры при температуре наружного воздуха минус 24 °С

Обозначение	Наименование помещения	Температура в помещении, $t_{в}$, °С	Параметры ограждения						Разность температур, $(t_{в} - t_{н}) \cdot n$, °С	Основные тепловые потери, $Q_{осн}$, Вт	Доля добавочных тепловых потерь, $(1 + \Sigma \beta)$	Теплопотери ограждения, $Q_{огр}$, Вт
			Наименование	Ориентация	Площадь, А, м ²	Сопротивление теплопередаче, R, м ² ·°С/Вт	Коэффициент теплопередачи, 1/R, Вт/(м ² ·°С)	Коэффициент положения, n				
Кв4 1 этаж	Комната 5 (две стены)	18	НС	ЮВ	8,37	3,57	0,28	1,0	42	98	1,13	111
			НС	СЗ	10,00	3,57	0,28	1,0	42	118	1,13	133
			Окно	ЮВ	3,15	1,00	1,00	1,0	42	132	1,13	149
			Перекрытие подвала		19,94	2,70	0,37	1,0	13	96	1,00	96
Итого											490	
	Комната 6 (угловая)	20	НС	СЗ	10,39	3,11	0,32	1,0	44	147	1,13	166
			НС	ЮЗ	12,57	3,11	0,32	1,0	44	178	1,13	201
			Окно	СЗ	3,15	1,00	1,00	1,0	44	139	1,13	157
			Перекрытие подвала		19,20	2,70	0,37	1,0	15	107	1,00	107
Итого											630	
	Кухня неугловая	18	НС	СЗ	9,86	3,17	0,32	1,0	42	131	1,08	141
			Окно на лоджии	СЗ	2,85	1,00	1,00	1,0	42	120	1,08	129
			Перекрытие подвала		11,33	2,73	0,37	1,0	13	54	1,00	54
Итого											324	
	Прихожая	18	Перекрытие подвала		9,60	2,80	0,36	1,0	13	45	-	45
	Ванная	25	Перекрытие подвала		4,00	2,84	0,35	1,0	20	28	-	28
	Туалет	18	Перекрытие подвала		2,33	2,84	0,35	1,0	13	11	-	11

Продолжение таблицы 8.1

Обозначение	Наименование помещения	Температура в помещении, $t_{в}$, °С	Параметры ограждения						Разность температур, $(t_{в} - t_{н}) \cdot n$, °С	Основные тепловые потери, $Q_{осн}$, Вт	Доля добавочных тепловых потерь, $(1 + \sum \beta)$	Теплопотери ограждения, $Q_{огр}$, Вт
			Наименование	Ориентация	Площадь, А, м ²	Сопротивление теплопередаче, R, м ² ·°С/Вт	Коэффициент теплопередачи, 1/R, Вт/(м ² ·°С)	Коэффициент положения, n				
Итого по квартире												1528
Кв4 2 этаж	Комната 5 (две стены)	18	НС	ЮВ	8,37	3,57	0,28	1,0	42	98	1,13	111
			НС	СЗ	10,00	3,57	0,28	1,0	42	118	1,13	133
			Окно	ЮВ	3,15	1,00	1,00	1,0	42	132	1,13	149
Итого												394
	Комната 6 (угловая)	20	НС	СЗ	10,39	3,11	0,32	1,0	44	147	1,13	166
			НС	ЮЗ	12,57	3,11	0,32	1,0	44	178	1,13	201
			Окно	СЗ	3,15	1,00	1,00	1,0	44	139	1,13	157
Итого												524
	Кухня неугловая	18	НС	СЗ	9,86	3,17	0,32	1,0	42	131	1,08	141
			Окно на лоджии	СЗ	2,85	1,00	1,00	1,0	42	120	1,08	129
Итого												270
Итого по квартире												1188
Кв4 5 этаж	Комната 5 (две стены)	18	НС	ЮВ	8,37	3,57	0,28	1,0	42	98	1,13	111
			НС	СЗ	10,00	3,57	0,28	1,0	42	118	1,13	133
			Окно	ЮВ	3,15	1,00	1,00	1,0	42	132	1,13	149
			Чердачное перекрытие		19,94	6,00	0,17	1,0	42	140	-	140
Итого												533
	Комната 6 (угловая)	20	НС	СЗ	10,39	3,11	0,32	1,0	44	147	1,13	166
			НС	ЮЗ	12,57	3,11	0,32	1,0	44	178	1,13	201
			Окно	СЗ	3,15	1,00	1,00	1,0	44	139	1,13	157
			Чердачное перекрытие		19,20	5,70	0,18	1,0	44	148	-	148

Продолжение таблицы 8.1

Обозначение	Наименование помещения	Температура в помещении, $t_{в}$, °С	Параметры ограждения						Разность температур, $(t_{в} - t_{н}) \cdot n$, °С	Основные теплотери, $Q_{осн}$, Вт	Доля добавочных теплотерь, $(1 + \sum \beta)$	Теплотери ограждения, $Q_{огр}$, Вт
			Наименование	Ориентация	Площадь, A , м ²	Сопротивление теплопередаче, R , м ² ·°С/Вт	Коэффициент теплопередачи, $1/R$, Вт/(м ² ·°С)	Коэффициент положения, n				
Итого												672
	Кухня неугловая	18	НС	СЗ	9,86	3,17	0,32	1,0	42	131	1,08	141
			Окно на лоджии	СЗ	2,85	1,00	1,00	1,0	42	120	1,08	129
			Чердачное перекрытие		11,33	6,11	0,16	1,0	42	78	-	78
Итого												348
	Прихожая	18	Чердачное перекрытие		9,60	6,78	0,15	1,0	42	59	-	59
	Ванная	25	Чердачное перекрытие		4,00	6,78	0,15	1,0	49	29	-	29
	Туалет	18	Чердачное перекрытие		2,33	6,78	0,15	1,0	42	14	-	14
Итого по квартире												1655

Приложение А

Изолинии температуры расчетных участков

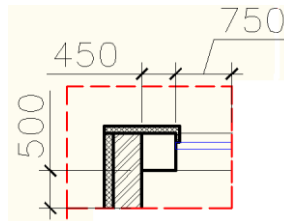


Рисунок А.1 – Размеры расчетного участка 1 (план участка)

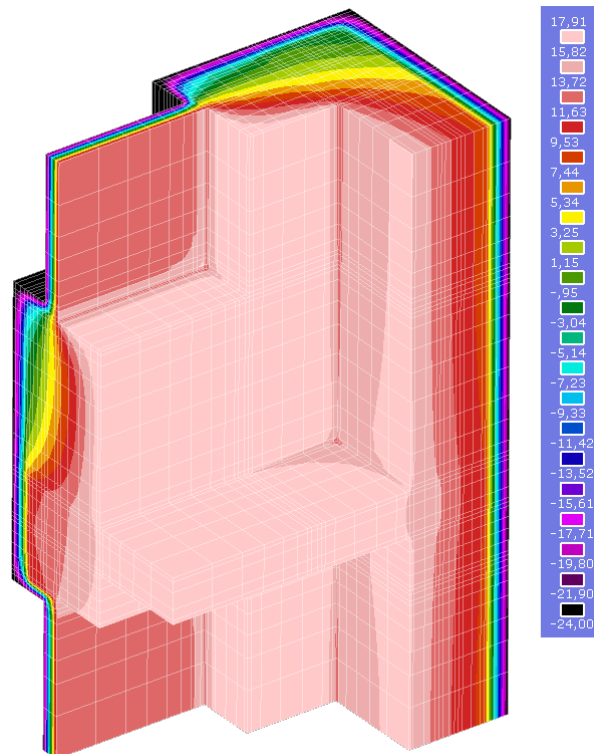


Рисунок А.2 – Изолинии температуры расчетного участка 1.

Вид со стороны помещения

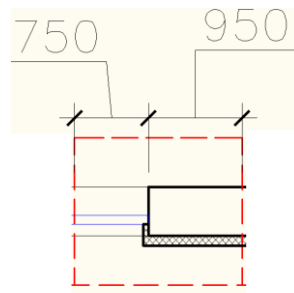
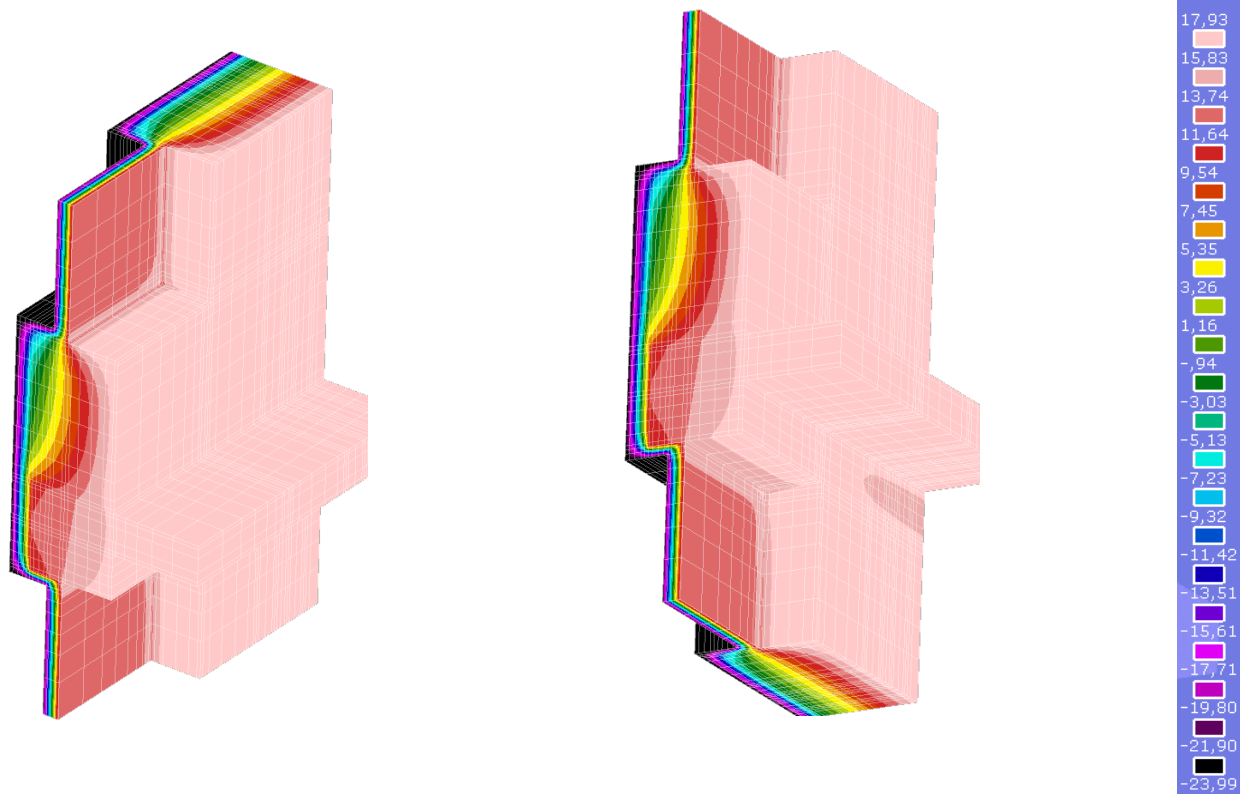


Рисунок А.3 – Размеры расчетного участка 2 (план участка)



а) Вид на нижний откос окна

б) Вид на верхний откос окна

Рисунок А.4 – Изолинии температуры расчетного участка 2

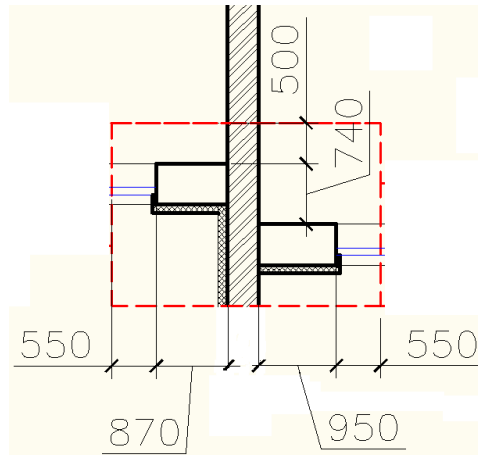


Рисунок А.5 – Размеры расчетного участка 4 (план участка)

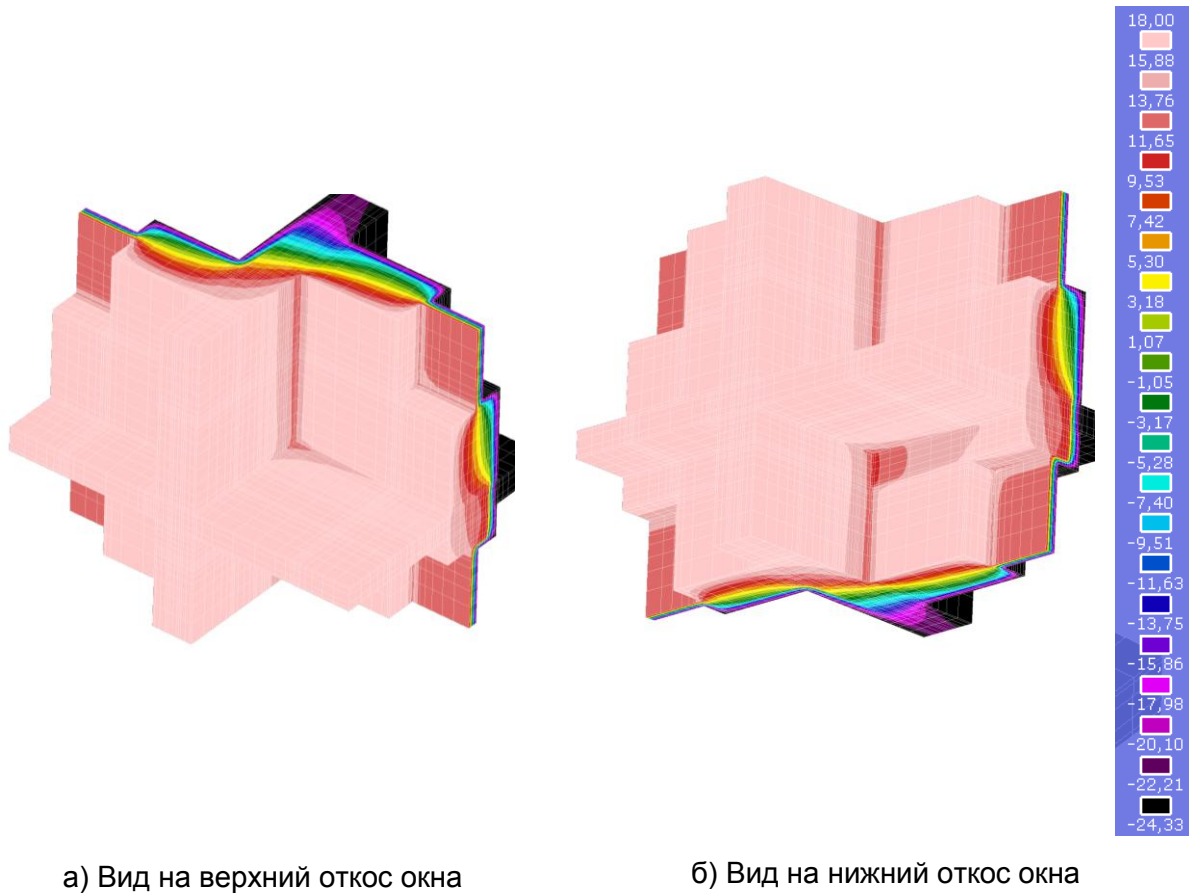


Рисунок А.6 – Изолинии температуры расчетного участка 4.

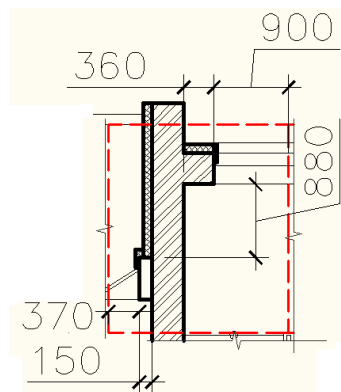


Рисунок А.7 – Размеры расчетного участка 12 (план участка)

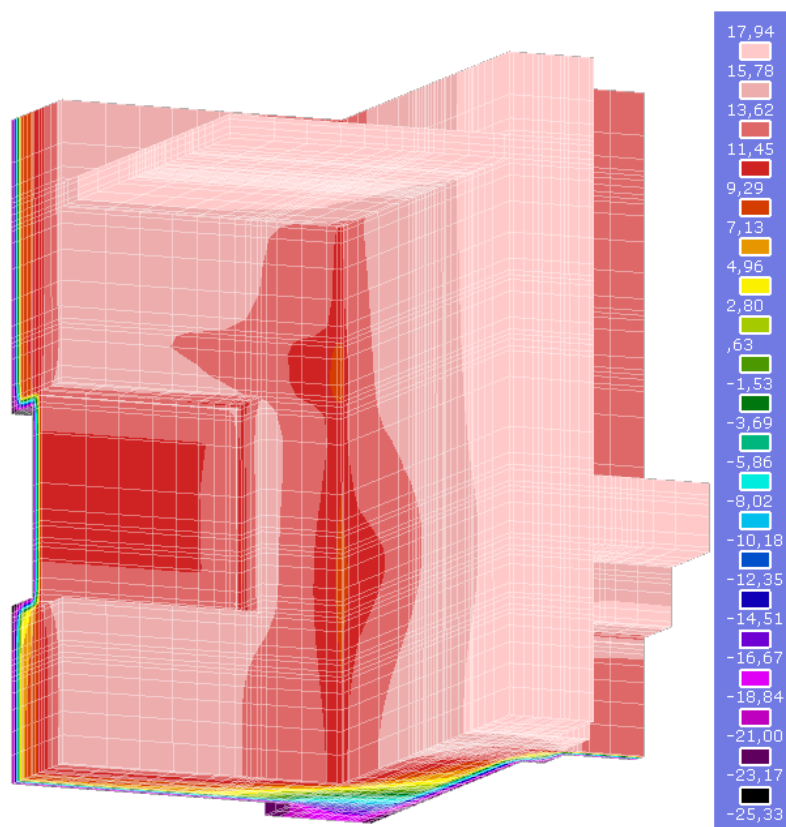


Рисунок А.8 – Изолинии температуры расчетного участка 12.
Вид со стороны лестницы

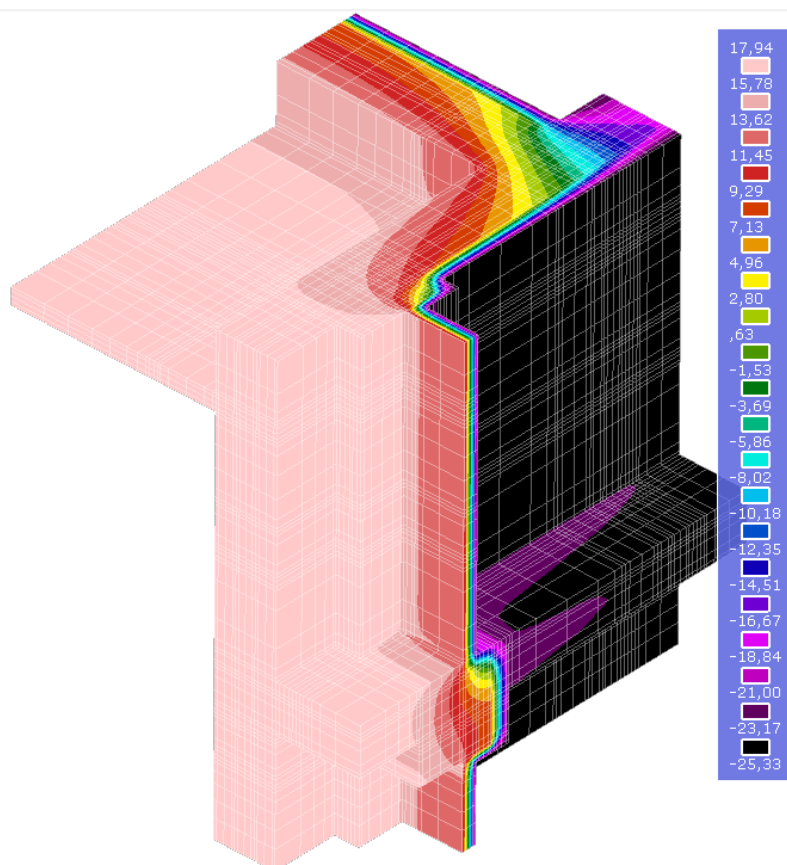


Рисунок А.9 – Изолинии температуры расчетного участка 12.
Вид со стороны помещения

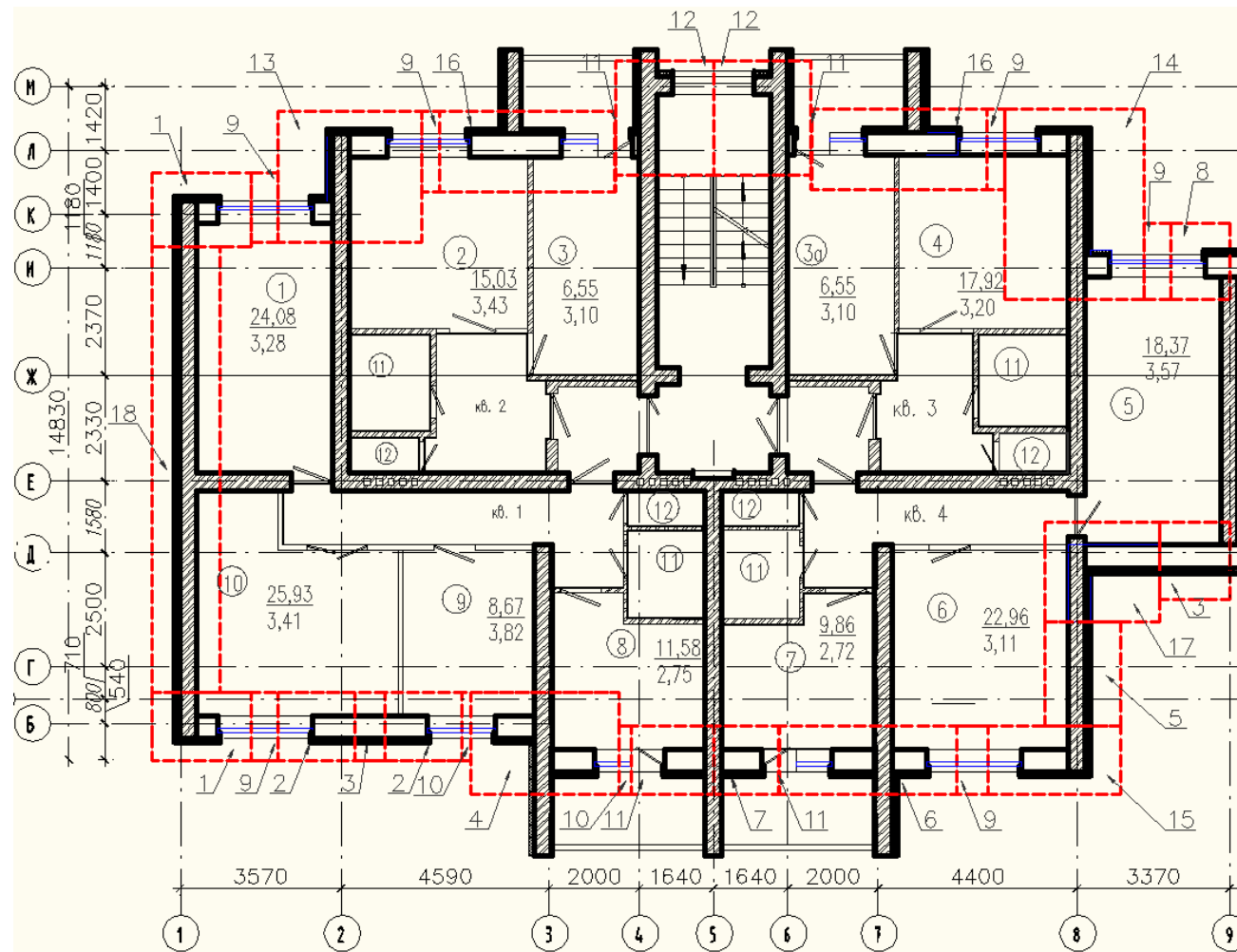
Приложение Б
(справочное)
Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче

Б.1 Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче приведены на рисунке Б.1, на котором показана схема размещения расчетных участков на основе плана типового этажа и значения $R_{пр}$ помещений.

Б.2 Значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен здания составляет $R_{пр}=3,2 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$.

Б.3 Площади наружных стен рассчитаны по внутренней поверхности с учетом откосов проемов. При расчете теплотерь через наружные стены использовать указанные на плане значения площади и сопротивления теплопередаче (см. условные обозначения).

Б.4 Условные обозначения приведены на рисунке Б.2.



Условные обозначения
 18,37 - площадь наружных стен помещения, м²
 3,57 - приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°C/Вт
 5 - номер расчетного участка
 ⑤ - обозначение помещения в таблице теплотерь

Рисунок Б.1 – Исходные данные для расчета теплотерь через наружные стены помещений

Библиография

- [1] ISO 10211:2007 Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Detailed calculations
(Мостики тепловые в зданиях. Тепловые потоки и температура поверхности. Подробные расчеты)
- [2] 2012.ОТ.561 НИР Выполнить экспериментальную проверку методики определения приведенного сопротивления теплопередаче и температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций зданий в лабораторных условиях. Подготовить первую редакцию изменения ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования» и выполнить рассылку на отзывы
- [3] ООО «Гален», Режим доступа <http://galen.su/produktsiya/gibkiye-svyazi/>, Дата доступа 15.03.2013
- [4] ОАО Гомельстойматериалы, Режим доступа <http://www.aoagsm.by/?q=ru/product/beltep-fasad-t-beltep-fasad-beltep-fasad-12-beltep-fasad-15>, Дата доступа 15.03.2013
- [5] Корпоративный сайт POLYMERY.RU, Режим доступа <http://www.polymer.ru>, Дата доступа 15.03.2013
- [6] Энциклопедия современной техники; Строительство, Режим доступа <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-181-3/163.htm>, Дата доступа 15.03.2013