

**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)**

УТВЕРЖДАЮ

Начальник

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

кандидат технических наук

Д.М. Гордиенко

2018 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**по оценке пределов огнестойкости и классов пожарной
опасности конструкций бесчердачных покрытий с применением
различных типов утеплителей, рулонной кровли и материалов
КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ® Руфтоп и КНАУФ ПЕНОПЛАСТ,
с основанием из стальных профилированных настилов
для зданий II-IV-й степеней огнестойкости**

Заместитель начальника
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

А.Ю. Лагозин

МОСКВА 2018

1. Наименование и адрес заказчика

ООО "КНАУФ ГИПС". Адрес: 143400, Московская область, г. Красногорск, ул. Центральная.

Основание для проведения работы – договор № 2475/Н-3.2 от 29.08.2018 г., заключенный ФГБУ ВНИИПО МЧС России с ООО "КНАУФ ГИПС".

2. Характеристика объекта исследований

Проектно-техническая документация на конструкции настилов бесчердачных утепленных покрытий, выполняемых на основе стального профилированного листа с утеплителем из плит КНАУФ ТЕРМ и листовых материалов производства ООО «КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ» (цементно-минеральных плит АКВАПАНЕЛЬ® Руфтоп) и кровлей состоящей из рулонных и полимерных материалов, в части оценки соответствия их конструктивного исполнения требованиям, предъявляемым к зданиям II-IV-й степеней огнестойкости, в соответствии со ст. 87 и табл. 21, 22 приложения к Федеральному закону от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

3. Нормативные ссылки

При оценке огнестойкости и пожарной опасности рассматриваемых строительных конструкций с утеплителем из щебня пеностекольного, учитывались положения следующих нормативных документов:

- 1) Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности";
- 2) СП 2.13130.2012 "Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты" с изм. № 1;
- 3) ГОСТ 30247.0-94 "Конструкции строительные. Методы испытания на огнестойкость. Общие требования";
- 4) ГОСТ 30247.1-94 "Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции".

5) ГОСТ 30403-2012 “Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности”.

4. Техническая документация

Для проведения оценки огнестойкости и классов пожарной опасности, рассматриваемых конструкций утепленных настилов покрытий, заказчиком была предоставлена следующая техническая документация:

- задание заказчика на проведение оценки огнестойкости и классов пожарной опасности, рассматриваемых конструкций на 1-м листе;

- техническое задание на проведение оценки пределов огнестойкости и классов пожарной опасности конструкций бесчердачных утепленных покрытий по основанию из стального профилированного листа с применением плит КНАУФ ТЕРМ и листовых материалов производства ООО "КНАУФ АКВА-ПАНЕЛЬ", включающее в себя принципиальные схемы конструктивного исполнения рассматриваемых настилов покрытий, применяемые материалы, а также их краткое техническое описание, на 4-х листах (приложение А);

- отчеты об испытаниях на пожарную опасность ИЛ НИЦ ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России № 528-3.2 и № 529-3.2 от 26.10.2018 г., на 31-м листе (приложение Б);

- копии сертификатов соответствия требованиям пожарной безопасности на основные теплоизоляционные и листовые материалы, используемые в конструкциях настилов бесчердачных покрытий.

5. Краткое описание рассматриваемых конструкций бесчердачных покрытий

Рассматриваемые конструкции настилов бесчердачных покрытий являются многослойными конструкциями, выполняемыми в соответствии с конструктивными схемами, представленными на рис. 1-4 и в обязательном приложении А.

1.1 Покрытие (крыша) с приклеивкой водоизоляционного ковра.

1.2 Покрытие (крыша) с механическим креплением водоизоляционного ковра.

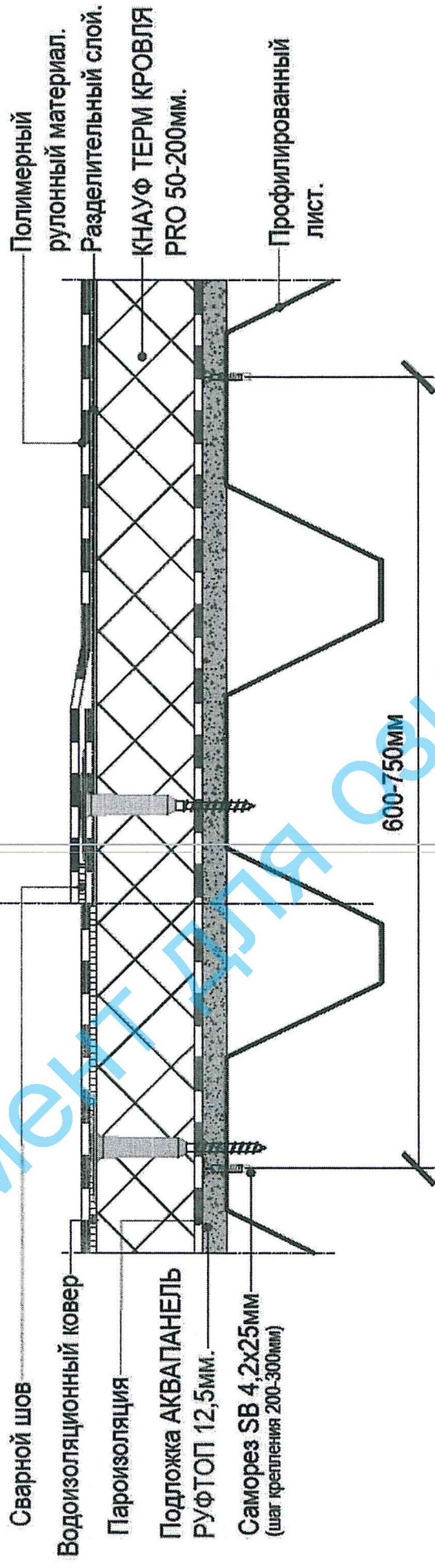


Рис. 1. Принципиальная схема конструктивного исполнения настла утепленного бесчердачного покрытия с применением плит КНАУФ ТЕРМ и листовых материалов производства ООО "КНАУФ АКВАПАНЭЛЬ" (Тип 1)

2.1 Покрытие (крыша) с приклейкой водоизоляционного ковра.

Сварной шов
Водоизоляционный ковер
Саморез с тарельчатым элементом.
Пароизоляция
Подложка АКВАПАНЕЛЬ РУФТОП 12,5мм.
Саморез SB 4,2x25мм (шаг крепления 200-300мм)

2.2 Покрытие (крыша) с механическим креплением водоизоляционного ковра.

Полимерный рулонный материал.
Разделительный слой.
Композитная плита из АКВАПАНЕЛЬ РУФТОП 6мм и КНАУФ ТЕРМ КРОВЛЯ PRO 50-200мм
Пароизоляция
Профилированный лист.

600-750мм

Рис. 2. Принципиальная схема конструктивного исполнения настила утепленного бесчердачного покрытия с применением плит КНАУФ ТЕРМ и листовых материалов производства ООО «КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ» (Тип 2)

3.1 Покрытие (крыша) с приклеивкой водоизоляционного ковра.

3.2 Покрытие (крыша) с механическим креплением водоизоляционного ковра.

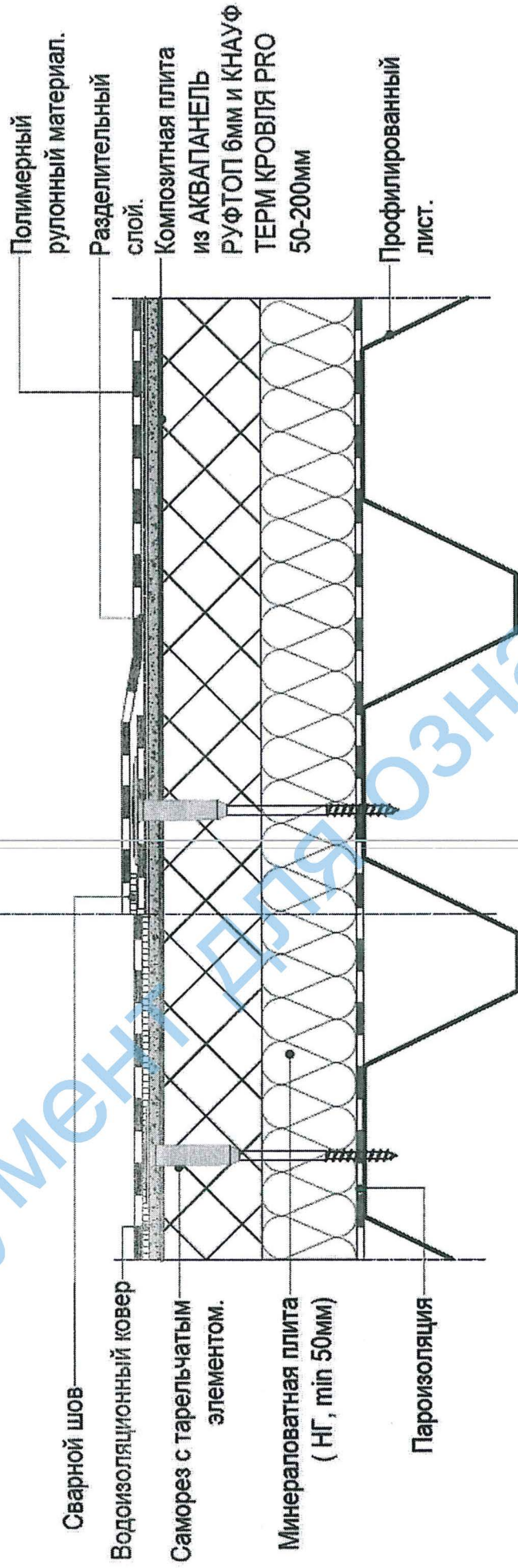


Рис. 3. Принципиальная схема конструктивного исполнения настила утепленного бесчердачного покрытия с применением плит КНАУФ ТЕРМ и листовых материалов производства ООО «КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ» (Тип 3)

4.1 Покрытие (крыша) с приклейкой водоизоляционного ковра.

4.2 Покрытие (крыша) с механическим креплением водоизоляционного ковра.

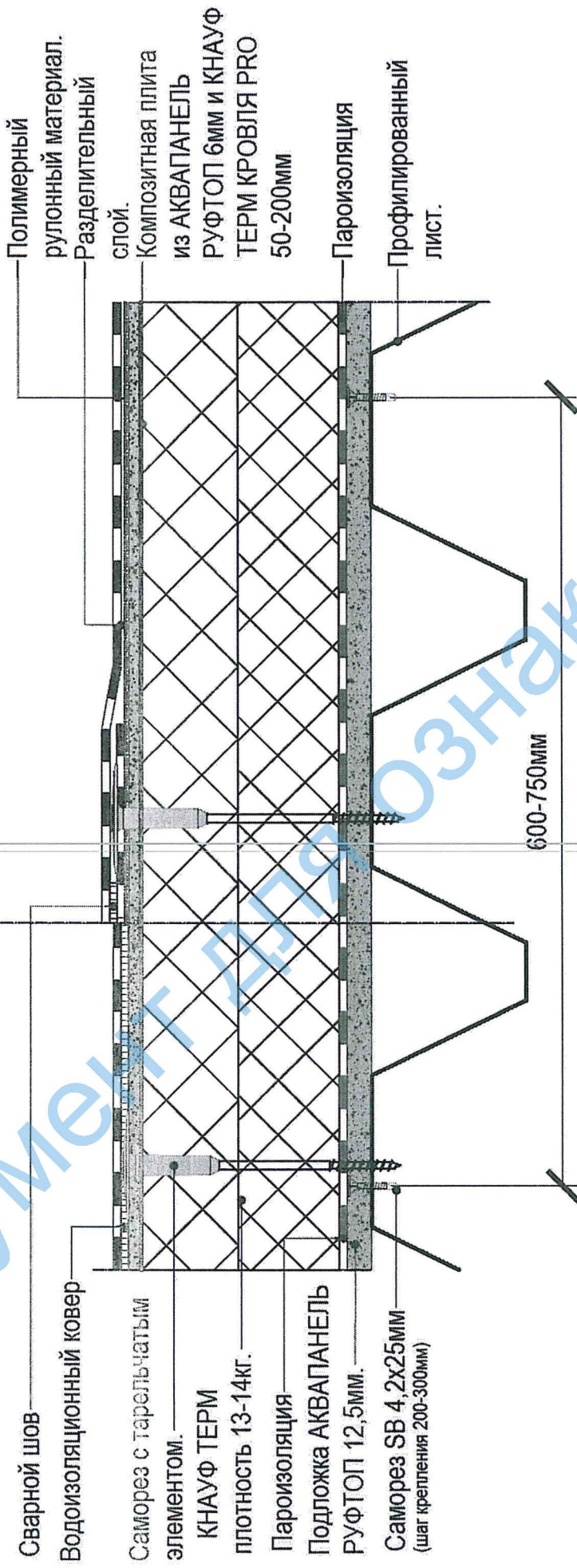


Рис. 4. Принципиальная схема конструктивного исполнения настила утепленного бесчердачного покрытия с применением плит КНАУФ ТЕРМ и листовых материалов производства ООО «КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ» (Тип 4)

Основными элементами рассматриваемых конструкций настилов бесчердачных покрытий с утеплителем являются:

Основа (настил) из стального оцинкованного профилированного листа:

- типов Н75-750 или Н114-750 толщиной не менее 0,7 мм по ГОСТ 24045-94 “Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия”;

- типов Н75-750, Н114-600, Н114-750, СКН-127-1100 толщиной не менее 0,7 мм по СТО 57398459-18-2006 “Профили стальные листовые гнутые для строительства”

Профилированные листы основания настилов покрытий закрепляются по несущим стальным элементам покрытий (прогонам), проектный шаг установки которых не должен превышать 3,0 м, а приведённая толщина металла составлять не менее 4,0 мм и нагрузке не более 3,2 кПа.

Проектными решениями не предусмотрено выполнение огнезащитной обработки нижнего пояса профилированных листов, а также несущих стальных конструкций покрытий, при установленном требуемом пределе огнестойкости для данных конструкций R 15 (RE 15), согласно таблице № 21 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ и п. 5.4.3 СП 2.13130.2012 с изм. № 1.

Подложка (тип 1, 2, 4) – армированные цементно-минеральные плиты АКВАПАНЕЛЬ® Руфтоп толщиной 12,5 мм по ТУ 23.61.11-001-37355028-2017, которые укладываются по настилу без зазора между торцами и прикрепляются к верхней гофре стального профиля специальными оцинкованными саморезами СВ 4.2×25 мм с шагом 200-300 мм. Головки саморезов утапливаются в тело плиты.

Гидроизоляция (пароизоляция) – полиэтиленовые армированные или неармированные плёнки 75-300 микрон и рулонные пароизоляционные битумосодержащие материалы толщиной не более 2,0 мм

Пароизоляция укладывается поверх подложки, либо при её отсутствии (тип 3) на профилированные стальные листы настила.

Водоизоляционный ковер может быть выполнен из рулонного материала на основе мягкого ПВХ толщиной 1,5 мм, а так же из других подоб-

ных кровельных материалов толщиной до 4,0 мм включительно. Способ крепления изоляционных слоев к профилированному настилу – посредством тарельчатых полипропиленовых дюбелей с самонарезающими стальными оцинкованными самонарезающими винтами.

Также возможно использование кровельного покрытия из битумно-полимерного материала – один или два слоя, материала горячего рулонного наплавляемого или механически фиксируемого, битумно-полимерного водостойкого общей толщиной не более 8,0 мм.

Разделительный слой из стеклохолста или геотекстиль поверхностной плотностью до 200 г/м², который укладывается при необходимости разделения материалов;

Теплоизоляционный слой, в том числе из комбинации различных типов утеплителя:

- для Типа 1 – из плит пенополистирольных марки KNAUF Therm Roof - КНАУФ ТЕРМ КРОВЛЯ плотностью 16,6-19,5 кг/м³, прочностью на сжатие не менее 120 кПа, группа горючести Г3 по ГОСТ 30244-94. Толщина по расчёту 50-200 мм;

- для Типа 2 – из композитной плиты заводского изготовления АКВАПАНЕЛЬ® Руфтоп толщиной 6 мм и KNAUF Therm Roof - КНАУФ ТЕРМ КРОВЛЯ PRO толщиной 50-200 мм. Плиты представляют собой склеенный в заводских условиях (температура, давление) “сэндвич” с обшивкой из цементно-минеральной плиты 6 мм, приклеенной к слою пенополистирольной плиты KNAUF Therm Roof - КНАУФ ТЕРМ КРОВЛЯ PRO плотностью 16,6-19,5 кг/м³.

- для Типа 3 - нижний слой толщиной не менее 50 мм – негорючие плиты теплоизоляционные минераловатные плотностью не менее 100 кг/м³, верхний слой – композитная плита заводского изготовления АКВАПАНЕЛЬ® Руфтоп 6 мм и KNAUF Therm Roof - КНАУФ ТЕРМ КРОВЛЯ PRO толщиной 50-200 мм.

- для Типа 4 – нижний слой из плит пенополистирольных марки КНАУФ ТЕРМ плотностью 13-14 кг/м³, верхний слой из композитной плиты заводского изготовления АКВАПАНЕЛЬ® Руфтоп толщиной 6 мм и KNAUF Therm Roof - КНАУФ ТЕРМ КРОВЛЯ PRO толщиной 50-200 мм.

Способ крепления изоляционных слоев к профилированному настилу – посредством тарельчатых полипропиленовых дюбелей с самонарезающими стальными оцинкованными самонарезающими винтами.

6. Требования пожарной безопасности, критерии оценки огнестойкости и классов пожарной опасности рассматриваемых конструкций утепленных бесчердачных покрытий

При проектировании и строительстве зданий и сооружений учитываются требования технических условий на рассматриваемые конструкции, а также другие нормативные документы, отражающие противопожарное состояние объекта и мероприятия по его обеспечению.

На основании информации, предоставленной заказчиком, рассматриваемые конструкции бесчердачных покрытий должны отвечать требованиям Федерального закона № 123-ФЗ, предъявляемым к зданиям II-IV-й степеней огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности С0.

Пределы огнестойкости строительных конструкций устанавливаются по времени (в минутах) от начала огневого испытания при стандартном температурном режиме до наступления одного из нормируемых для данной конструкции предельных состояний по огнестойкости, перечисленных в ч. 2 ст. 35 № 123-ФЗ.

Согласно ст. 87 и табл. 21 приложения к № 123-ФЗ, рассматриваемые строительные конструкции регламентируются требуемыми пределами огнестойкости, представленными в таблице 1.

Таблица 1

Соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости настилов (в том числе с утеплителем) бесчердачных покрытий
II	RE 15
III	RE 15
IV	RE 15
V	не нормируется

Согласно ГОСТ 30247.0-94 устанавливаются следующие предельные состояния и обозначения пределов огнестойкости рассматриваемых строительных конструкций:

R – потеря несущей способности (обрушение) конструкции:

$$M_{p,t}(N_{p,t}) = M_n(N_n)$$

где $M_{p,t}(N_{p,t})$ – несущая способность изгибаемой (сжатой или внецентренно сжатой) конструкции при температурном воздействии;

$M_n(N_n)$ – изгибающий момент (продольное усилие) от нормативной или другой рабочей нагрузки.

E – потеря целостности конструкции вследствие образования в конструкции сквозных отверстий, через которые на необогреваемую поверхность могут проникать пламя и продукты горения.

В соответствии со ст. 36 № 123-ФЗ класс пожарной опасности строительных конструкций (в т. ч. покрытий) определяется в соответствии с табл. 6 приложения к № 123-ФЗ. Численные значения критериев отнесения строительных конструкций к определённому классу пожарной опасности определяются в соответствии с методом, установленным ГОСТ 30403-2012.

При определении классов пожарной опасности конструкций по ГОСТ 30403-2012 определяются следующие показатели:

- наличие теплового эффекта от горения или термического разложения составляющих конструкцию материалов;
- наличие пламенного горения газов или расплавов, выделяющихся из конструкции в результате термического разложения составляющих ее материалов;
- размеры повреждений конструкции и составляющих ее материалов.

При оценке классов пожарной опасности конструкций, в случае необходимости, учитываются также характеристики пожарной опасности (горючесть, воспламеняемость и дымообразующая способность) составляющих конструкцию материалов, поврежденных при испытаниях по указанному выше методу (в рассматриваемых случаях – это, в первую очередь, пароизоляция, а также утеплитель из пенополистирола).

Испытания конструкций на пожарную опасность по ГОСТ 30403-2012 проводятся в течение времени, которое соответствует требуемому пределу огнестойкости этих конструкции, но не более 45 минут.

При оценке классов пожарной опасности конструкций не учитывается повреждение слоев пароизоляции толщиной до 2,0 мм.

Имеющиеся во ВНИИПО экспериментальные данные по аналогичным (по форме, материалам и конструктивному исполнению) несущим и ограждающим конструкциям позволяют оценить огнестойкость и пожарную опасность рассматриваемых конструкций бесчердачных покрытий без проведения огневых испытаний, расчётно-аналитическим методом.

7. Оценка огнестойкости и классов пожарной опасности рассматриваемых конструкций утеплённых бесчердачных покрытий

Оценка огнестойкости и классов пожарной опасности, рассматриваемых конструкций бесчердачных покрытий производилась в несколько этапов, основными из которых являлись следующие:

- 1) анализ предоставленной технической документации на конструкции бесчердачных покрытий;
- 2) анализ результатов ранее проведённых экспериментальных исследований огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций, имеющих аналогичное исполнение;
- 3) анализ нормативных требований по пожарной безопасности, предъявляемых к рассматриваемым строительным конструкциям;
- 4) проведение теплофизических и статических расчетов по определению фактических пределов огнестойкости рассматриваемых строительных конструкций;
- 5) проведение оценки пожарной опасности рассматриваемых строительных конструкций;
- 6) проведение оценки области применения, рассматриваемых типов покрытий в зданиях различного функционального назначения.

7.1. Анализ предоставленной технической документации на конструкции бесчердачных покрытий и ранее проведенных экспериментальных исследований

Анализ предоставленной технической документации на рассматриваемые конструкции бесчердачных покрытий позволяет в целом установить идентичность конструктивного исполнения (в части несущего основания, пожарно-технических характеристик применяемых утеплителей) фрагментам конструкций ранее прошедшим испытания на испытательной базе ИЛ НИЦ ПБ ФГБУ ВНИИПО.

В соответствии с ч. 10 ст. 87 № 123-ФЗ пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций, аналогичных по форме, материалам, конструктивному исполнению строительным конструкциям, прошедшим огневые испытания, могут определяться расчетно-аналитическим методом, установленным нормативными документами по пожарной безопасности.

7.2. Анализ результатов экспериментальных исследований конструкций бесчердачных покрытий с основой из профилированного листа

В 2018 г. на испытательной базе ИЛ НИЦ ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России были проведены испытания на огнестойкость конструкций настилов утепленных бесчердачных покрытий, изготовленных на основе профилированных листов различных типов по ГОСТ 24045 и СТО 57398459-18-2006.

Результаты испытаний в целом аналогичных по конструктивному исполнению настилов покрытий представлены в отчетах ИЛ НИЦ ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России № 528-3.2 и № 529-3.2 от 26.10.2018 г. (см. приложение Б).

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных установлено, что конструкции настилов покрытий (без учета огнестойкости несущих балок, ферм, прогонов), выполненные из профилированных листов толщиной не менее 0,7 мм, без слоя огнезащиты, закрепленного по нижнему поясу профилированных листов, испытанные под воздействием норматив-

ной нагрузки, имеют фактические пределы огнестойкости не менее R 8, при условии, что шаг несущих стальных элементов (балок, прогонов) не превышает 3-6 м в зависимости от типа профилированного листа.

7.3. Анализ нормативных требований по пожарной безопасности

Как уже отмечалось в п. 5 данного заключения в соответствии со ст. 87 и табл. 21 приложения к № 123-ФЗ, рассматриваемые конструкции бесчердачных покрытий, регламентируются требуемыми пределами огнестойкости, предъявляемыми к зданиям II-IV-й степеней огнестойкости (см. п. 5 настоящего заключения).

По информации предоставленной заказчиком установлено, что рассматриваемые конструкции настилов утепленных бесчердачных покрытий не относятся к несущим элементам здания в целом, поскольку не участвуют в обеспечении его общей устойчивости и геометрической неизменяемости.

Таким образом, рассматриваемые конструкции бесчердачных покрытий, должны соответствовать пределу огнестойкости – RE 15.

На основании п. 8.2. ГОСТ 30247.1-94 предельными состояниями по огнестойкости рассматриваемых конструкций бесчердачных покрытий, являются:

- потеря несущей способности (R);
- потеря целостности (E).

В соответствии с требованиями, изложенными в п. 7.4 ГОСТ 30247.1-94 предел огнестойкости конструкций покрытий определяется при воздействии тепла снизу.

По информации предоставленной заказчиком, рассматриваемые строительные конструкции применяются в зданиях с классом конструктивной пожарной опасности С0 и по классу пожарной опасности должны отвечать требованиям табл. 22 приложения к № 123-ФЗ.

Таким образом, класс пожарной опасности по ГОСТ 30403-2012 рассматриваемых конструкций бесчердачных покрытий, должен соответствовать К0 (15).

7.4. Проведение теплофизических и статических расчетов по определению фактических пределов огнестойкости рассматриваемых конструкций бесчердачных покрытий

С целью подтверждения фактического предела огнестойкости ограждающих конструкций бесчердачных покрытий, были проведены проверочные расчеты по определению огнестойкости рассматриваемых строительных конструкций (см. п. 5 заключения и приложение А).

Основным несущим элементом рассматриваемых настилов покрытий являются стальные балки и прогоны. В соответствии с п. 5.4.3 СП 2.13130.2012 с изм. № 1, в случаях, когда требуемый предел огнестойкости конструкций указан R 15, допускается применять незащищенные стальные конструкции, если их фактический предел огнестойкости составляет не менее R 8.

Приведённая толщина металла стальных конструкций определяется по формуле:

$$\delta_{np} = \frac{F}{\Pi} \quad (1)$$

где: F - площадь поперечного сечения конструкции, мм²;

Π - обогреваемый периметр сечения, мм, определяемый в зав от конфигураций конструкции и вида облицовки.

Для определения прогрева и повышения температуры стального стержня исследуемой конструкции используются номограммы прогрева стальных конструкций в зависимости от приведённой толщины металла стальной конструкции.

Номограммы строятся для стальных неограниченных пластин различной толщины, при отсутствии теплообмена с противоположной стороны пластины.

Расчёт производится при условии изменения температуры нагревающей среды во времени по кривой "стандартного пожара" (ГОСТ 30247.0), уравнение которой имеет вид:

$$t_{\theta, \tau} = 345 \lg(0,133\tau + 1) + t_n \quad (2)$$

где: $t_{в,τ}$ - температура нагревающей среды, °К;

$τ$ - время в секундах;

$t_{н}$ - начальная температура нагревающей среды, °К.

Коэффициент передачи тепла - $α$, Вт/(м² град), от нагревающей среды с температурой $t_{в,τ}$ к поверхности конструкции с температурой t_0 вычисляется по формуле:

$$\alpha = 29 + 5,77s_{np} \frac{(t_{в,τ}/100)^4 - (t_0/100)^4}{t_{в,τ} - t_0} \quad (3)$$

где: s_{np} - приведённая степень черноты системы: “нагревающая среда - поверхность конструкции”:

$$s_{np} = \frac{1}{(1/s) + (1/s_0) - 1} \quad (4)$$

где: s - степень черноты огневой камеры печи. $s = 0,85$;

s_0 - степень черноты обогреваемой поверхности конструкции.

Расчёт температуры металлической конструкции производится с помощью ЭВМ.

Программа для расчёта составляется по алгоритму, который представляет собой ряд формул, полученных на основе решения краевой задачи теплопроводности методом элементарных балансов (конечно-разностный метод решения уравнения теплопроводности Фурье при внешней и внутренней нелинейности и наличии отрицательных источников тепла: испарение воды в облицовке и нагрев металла стержня). По этим формулам температура стержня вычисляется последовательно через расчётные интервалы времени - $Δt$ до заданного критического значения.

Начальные условия для расчёта принимаются следующими.

Начальная температура во всех точках по сечению конструкции до пожара и температура окружающей среды вне зоны пожара одинакова и равна $t_{н} = 293$ °К.

Величина расчётного интервала времени - $Δt$ (шаг программы) выбирается такой, чтобы она целое число раз укладывалась в интервале машинной

записи результатов расчёта. При этом выбранная величина $\Delta\tau$ не должна превышать значения, которое вычисляется по формуле (6).

Алгоритмом для машинного расчёта незащищённых металлических конструкций является формула имеющая вид:

$$t_{cm,\Delta\tau} = \frac{\Delta\tau}{\gamma_{cm} \delta_{np} (C_{cm} + D_{cm} t_{cm})} \alpha (t_{в,\tau} - t_0) + t_n \quad (5)$$

где: $t_{ст,\Delta\tau}$ - температура стержня через расчётный интервал времени- $\Delta\tau$, °К;

$t_{ст}$ - температура стержня в данный момент времени - τ , °К;

$t_{в,\tau}$ - температура нагревающей среды в данный момент времени- τ , °К;

α - коэффициент передачи тепла от нагревающей среды к поверхности конструкции, Вт/(м² град);

$C_{ст}$ - начальный коэффициент теплоёмкости металла, Дж/(кг град);

$D_{ст}$ - коэффициент изменения теплоёмкости металла при нагреве, Дж/(кг град²);

$\gamma_{ст}$ - удельный вес металла, кг/м³;

$\delta_{пр}$ - приведённая толщина металла, м, по формуле (1).

Максимальный расчётный интервал времени - $\Delta\tau_{max}$ вычисляется по формуле:

$$\Delta\tau_{max} = \frac{\gamma_{cm} \delta_{np} (C + D_{cm} t_{cm})}{\alpha} \quad (6)$$

где α и $t_{ст}$ - максимально возможные значения в расчёте.

На основе "Расчётного метода определения огнестойкости стальных конструкций" были вычислены номограммы прогрева незащищённых стальных конструкций при воздействии стандартного температурного режима (см. рис. 5).

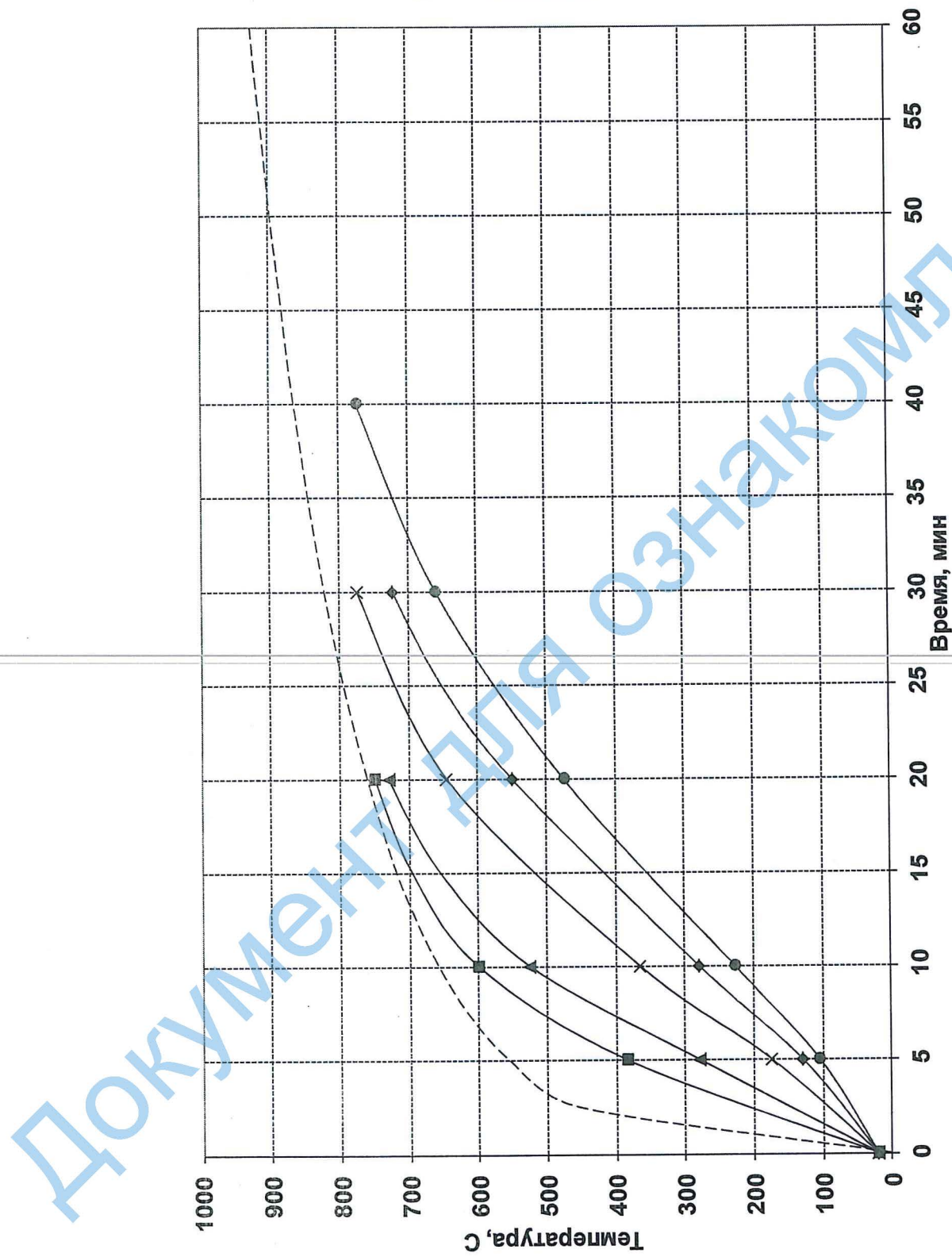


Рис. 5. Номограмма прогрева незащищённых стальных конструкций

Номограммы прогрева стальных конструкций построены в координатах: “Время, мин” – “Температура, °С”. Каждая точка номограммы соответствует достигнутому значению температуры стали конструкции с определённой приведённой толщиной металла. Точки номограммы соответствующие конструкциям с одной и той же приведённой толщиной металла соединены однотипными линиями. Для визуального сравнения прогрева конструкции с температурой среды на номограмме приведена кривая стандартного температурного режима $t_{в,т}$.

Для поиска промежуточных значений приведённой толщины металла следует использовать интерполяцию графиков номограммы.

При расчёте, за предел огнестойкости конструкции по несущей способности (R), принималось время от начала огневого воздействия, по стандартному температурному режиму, до наступления предельного состояния, определяемого по достижению критической температуры на металле. Определено, что при достижении данной температуры нормативное сопротивление стали снижается до значения напряжения от действующей нагрузки, и происходит обрушений конструкции, либо быстрое нарастание необратимых деформаций конструкции.

Значение критической температуры определяется из условий нагружения и опирания конструкции, а также применяемой марки стали.

При проведении испытаний по ГОСТ Р 53295-2009, значение критической температуры стали принимается равным 500 °С, что соответствует работе стальной несущей конструкции, рассчитанной на нормативную нагрузку, с минимальным коэффициентом запаса прочности – 1,5.

Указанный коэффициент запаса установлен по результатам расчётно-экспериментальных исследований по методике, изложенной в "Инструкции по расчёту фактических пределов огнестойкости металлических конструкций", М., ВНИИПО, 1983. Существующий коэффициент γ_a характеризует снижение нормативного сопротивления стали при нагреве до 500 °С

и является аналогом (обратной величиной) коэффициента запаса, принимая значение приблизительно равное 0,7.

Расчётные значения коэффициентов γ_a и γ_e , учитывающих изменения нормативного сопротивления R_n и модуля упругости E стали в зависимости от температуры представлены в таблице 4.

Критическая температура центрально-сжатых стержней определяется как наименьшая величина из двух найденных по таблице 4 значений в зависимости от коэффициентов γ_a и γ_e .

Таблица 4
Значения коэффициентов γ_a и γ_e , учитывающих изменения нормативного сопротивления R_n и модуля упругости E стали в зависимости от температуры

Температура в °С	γ_a	γ_e
0	1,0	1,0
100	0,99	0,96
150	0,93	0,95
200	0,85	0,94
250	0,81	0,92
300	0,77	0,90
350	0,74	0,88
400	0,70	0,86
450	0,65	0,84
500	0,58	0,80
550	0,45	0,77
600	0,34	0,72
650	0,22	0,68
700	0,11	0,59

Коэффициенты γ_a и γ_e вычисляются по формулам:

$$\gamma_a = \frac{N_n}{F R_n} \quad (7)$$

$$\gamma_e = \frac{N_n I_0^2}{\pi^2 E_n J_{\min}} \quad (8)$$

где:

N_n - нормативная нагрузка, кг;

F - площадь поперечного сечения стержня, см²;

R_n - начальное нормативное сопротивление металла, кг/см²;

E_n - начальный модуль упругости металла, кг/см²,

для сталей - $E_n = 2100000$ кг/см²;

l_0 - расчётная длина стержня, см;

J_{min} - наименьший момент инерции сечения стержня, см⁴.

Расчётная длина - l_0 стержня принимается равной:

шарнирное опирание по концам - l ;

где l - длина стержня, см;

защемление по концам - $0,5 l$;

один конец защемлён другой свободен - $2 l$;

один конец защемлён, другой шарнирно опёрт - $0,7 l$.

Критическая температура центрально-растянутых стержней определяется по таблице 4 в зависимости от коэффициента γ_a , вычисленного по формуле (7).

Предел огнестойкости изгибаемых и внецентренно-нагруженных элементов наступает в результате повышения температуры их наиболее напряжённой грани до критической величины.

В случае незащищённых элементов и защищённых элементов сплошного сечения температура наиболее напряжённой грани принимается равной температуре всего сечения. В случае элементов, изготовленных из прокатных профилей, температура наиболее напряжённой грани принимается равной температуре соответствующей полки (стенки) поперечного сечения.

Критическая температура изгибаемых элементов определяется по таблице 4 в зависимости от коэффициента γ_a , вычисляемого по формуле:

$$\gamma_a = \frac{M_n}{W R_n} \quad (9)$$

где:

M_n - максимальный изгибающий момент от действия нормативных нагрузок, кг см.

W - момент сопротивления сечения, см³.

Критическая температура внецентренно-сжатых стержней определяется как наименьшая величина из двух найденных по таблице 4 значений в зависимости от коэффициентов γ_a и γ_e .

Коэффициент γ_a вычисляется по формуле:

$$\gamma_a = \frac{N_n}{R^n} \left(\frac{e}{W} + \frac{1}{F} \right) \quad (10)$$

где:

e - эксцентриситет приложения нормативной нагрузки - N_n , см.

Коэффициент γ_e находится по формуле (8).

Критическая температура внецентренно-растянутых стержней определяется по таблице 4 в зависимости от коэффициента γ_a , вычисляемого по формуле (10).

В соответствии с номограммами прогрева незащищённых стальных конструкций, представленными в "Инструкции по расчёту фактических пределов огнестойкости металлических конструкций", М., ВНИИПО, 1983, и на рис. 43, установлено, что фактический предел огнестойкости несущих стальных балок R 8 будет обеспечен, при условии, что их приведённая толщины металла $\delta_{пр}$ составляет не менее 4,0 мм.

Расчёт приведённой толщины металла стальных несущих балок покрытий производится при условии 3-х стороннего обогрева.

В качестве примера определено, что для двутавровых балок № 40Б2 ГОСТ 26020-83 приведённая толщина стали при 3-х стороннем обогреве по контуру сечения составляет – 5,48 мм.

На основании анализа предоставленной технической документации и ранее проведённых огневых испытаний конструкций ограждений из стального профилированного листа по стальным балкам, установлено:

- предел огнестойкости рассматриваемых конструкций настилов утеплённых бесчердачных покрытий (типа 1-4) будет соответствовать RE 15, при использовании в конструкциях стального профилированного листа ти-

па Н (Н75-750, Н114-750, Н114-600, СКН-127-1100) по ГОСТ 24045 и СТО 57398459-18-2006 с толщиной листа не менее 0,7 мм и несущих незащищённых стальных балок (прогонов) с приведённой толщиной металла $\delta_{пр}$ не менее 4,0 мм, установленных с шагом не более 3,0 м (в случае меньшей приведённой толщины металла – при условии выполнения огнезащитной обработки стальных конструкций в соответствии с проектом огнезащиты), при условии воздействия нормативной нагрузки по СП 20.13330.2011 не более 3,2 кПа.

7.5. Проведение оценки классов пожарной опасности рассматриваемых конструкций бесчердачных покрытий

Стандартные испытания конструкций на пожарную опасность (ГОСТ 30403) проводятся на двухкамерной установке, причём в огневой камере создаётся стандартный температурный режим, а в тепловой - специальный температурный режим, характеризуемый следующей зависимостью:

$$T - T_0 = 200 \lg(8t + 1),$$

где T – температура в тепловой камере, °С, соответствующая времени t , мин;

T_0 – температура в тепловой камере до начала огневого воздействия (принимается равной температуре окружающей среды), °С;

t – время, исчисляемое от начала испытания, мин.

В соответствии с методом испытаний, часть испытываемого образца, расположенная у проёма тепловой камеры (контрольная зона, где регистрируются все контролируемые параметры), подвергается менее интенсивному тепловому воздействию, чем в огневой камере (где поддерживается стандартный температурный режим).

С учётом изложенного реакция на тепловое воздействие (повреждение, тепловой эффект или горение) изоляционных слоев конструкций, расположенных в контрольной зоне образцов, наступает, как правило, позднее

чем в огневой камере, где поддерживается стандартный температурный режим.

Испытания на пожарную опасность опытных образцов бесчердачных покрытий с комбинированным утеплителем (например, при сочетании нижнего слоя толщиной не менее 50 мм из негорючих минераловатных плит с номинальной плотностью 100-110 кг/м³, уложенных в два слоя с разбежкой стыков с верхним слоем из сильногорючих пенополистирольных плит типа ПСБ, ПСБ-С и др.) показали, что даже в таком варианте покрытие может быть отнесено по ГОСТ 30403-2012 к классу пожарной опасности К0 (15).

При условии применения в конструкции настила покрытия в качестве подложки по профилированному листу плит «АКВАПАНЕЛЬ РУФТОП» толщиной 12,5 мм, уложенных плотно, без зазоров, класс пожарной опасности данных конструкций, также будет соответствовать К0 (15) по ГОСТ 30403-2012.

8. Рекомендации по применению рассматриваемых типов покрытий в зданиях различного функционального назначения.

В соответствии со ст. 37 № 123-ФЗ покрытия зданий, сооружений и пожарных отсеков к противопожарным преградам не относятся.

8.1. На основании того, что все рассматриваемые типы бесчердачных покрытий отнесены к классу пожарной опасности К0 по ГОСТ 30403-2012, в соответствии с требованиями табл. 22 приложения к № 123-ФЗ, конструкции покрытий (см. п. 5 данного заключения и приложение А), могут использоваться в зданиях с классом конструктивной пожарной опасности С0.

8.2. При обеспечении бесчердачному покрытию с основой из стального профилированного листа предела огнестойкости не менее R 8 (RE 15) (без дополнительной защиты горючей кровли сверху) конструкцию допускается применять:

- в жилых зданиях II-IV степеней огнестойкости с ограничением по площади и пожарно-техническим показателям кровельных материалов и оснований под кровлю (см. табл. 5.2 СП 17.13330 "Кровли");

- в общественных и административно-бытовых зданиях II-IV степеней огнестойкости с ограничениями по таблице 5.2 СП 17.13330 "Кровли".

- в производственных, сельскохозяйственных и складских зданиях II-IV степеней огнестойкости с указанными ограничениями по таблице 5.2 СП 17.13330 "Кровли".

8.3. Применение бесчердачного покрытия с основой из стального профилированного листа, при условии обеспечения предела огнестойкости не менее R 8 (RE 15) (без дополнительной защиты горючей кровли сверху) для ограждения кинопроекторных, размещённых в зданиях IV и V степеней огнестойкости, а также для устройства проходов к наружным открытым лестницам через плоские кровли, не допускается.

8.4. Несущие конструкции покрытия встроенно-пристроенной части должны иметь предел огнестойкости не менее R 45 и класс пожарной опасности К0. При наличии в жилом доме окон, ориентированных на встроенно-пристроенную часть здания, уровень кровли на расстоянии 6 м от места примыкания не должен превышать отметки пола вышерасположенных жилых помещений основной части здания. Утеплитель в этом месте покрытия должен быть выполнен из материалов НГ. (см п 6.5.5. СП 2.13130.2012 "Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости").

9. ВЫВОДЫ

Проведена работа по оценке пределов огнестойкости и классов пожарной опасности бесчердачных покрытий с различными типами утеплителя и рулонной кровлей (ООО "КНАУФ ГИПС").

На основании анализа технической документации, проведённых экспериментальных исследований и расчётно-аналитической оценки огнестойкости и пожарной опасности рассматриваемых бесчердачных покрытий (см. п. 5 заключения и приложение А), установлено:

9.1. Пределы огнестойкости по ГОСТ 30247.1-94 настилов бесчердачных покрытий выполненных на основе профилированного листа типа Н с высотой гофры не менее 75 мм по ГОСТ 24045 (СТО 57398459-18-2006) толщиной не менее 0,7 мм и несущих незащищённых стальных балок (прогонов) с приведённой толщиной металла $\delta_{пр}$ не менее 4,0 мм, установленных с шагом не более 3,0 м (в случае меньшей приведённой толщины металла – при условии выполнения огнезащитной обработки стальных конструкций в соответствии с проектом огнезащиты), составят не менее RE 15, при условии воздействия нормативной нагрузки не более 3,2 кПа.

9.2. В соответствии с табл. 6 приложения к № 123-ФЗ, а также ГОСТ 30403-2012, рассматриваемые бесчердачные покрытия с основанием из профилированного листа (см. п. 5 заключения и приложение А) с комбинированным утеплителем из негорючих минераловатных плит толщиной не менее 50 мм (нижний слой, тип 3), уложенных в два слоя с разбежкой швов и пенополистирольных плит, а также при условии применения подложки из цементно-минеральных плит АКВАПАНЕЛЬ® Руфтоп толщиной 12,5 мм (тип 1, 2, 4), уложенных плотно, без зазоров, пароизоляцией и кровлей, следует отнести к классу пожарной опасности К0 (15).

9.4. Максимально допустимая площадь кровли из рулонных и мастичных материалов, не имеющих защиты из слоя гравия, а также площадь участков, разделённых противопожарными поясами, не должна превышать значений, приведённых в таблице 5.2 СП 17.13330 "Кровли".

9.5. Рекомендации по применению рассматриваемых типов бесчердачных покрытий в зданиях различного функционального назначения, приведены в п. 8 настоящего заключения.

ИСПОЛНИТЕЛИ

Начальник отдела 3.2
ФГБУ ВНИИПО МЧС России
кандидат технических наук

А.В. Пехотиков

Начальник сектора 3.2.1
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

В.В. Павлов

Начальник сектора 3.2.2
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

В.В. Ушанов

10. Дополнительная информация

Если специально не оговорено, настоящее Заключение предназначено только для использования Заказчиком.

Страницы с изложением выводов по результатам проделанной работы не могут быть использованы отдельно без полного текста Заключения.

Срок действия Заключения 3 (три) года.