



Отчет № 001Ф/21

***Повышение пределов огнестойкости стальных воздухопроводов, натурные
испытания по авторской методике***

Исполнители:

Инженер центра НИОКР и ТЭ,
специалист II уровня по ТК методу неразрушающего контроля,
квалификационное удостоверение № НОАП-0057-0057-6950
Фюрст С.В. _____

(подпись)

Руководитель центра НИОКР и ТЭ,
специалист II уровня по ТК методу неразрушающего контроля,
квалификационное удостоверение № НОАП-0057-03-3071
Еремин Н.В. _____

(подпись)

Технический менеджер,
специалист II уровня по ТК методу неразрушающего контроля,
квалификационное удостоверение № НОАП-0057-03-3071
Локтев С.М. _____

(подпись)

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

На сегодняшний день, в СГСПР у подразделения Isotec имеется система огнезащиты стальной воздухопроводов на базе мата прошивного из каменной ваты Isotec WM80-СМ (АЛ2) с механически крепежом приварными штифтами. При толщине покрытия от 30 до 80 мм (30-70 мм для марки WM100 система подтвердила предел огнестойкости EI от 60 до 240 минут (90-240 минут для WM100 соответственно, что покрывает 90 % потребностей рынка. На упомянутые системы получены сертификаты, приведенные на рис.1 и рис. 2.

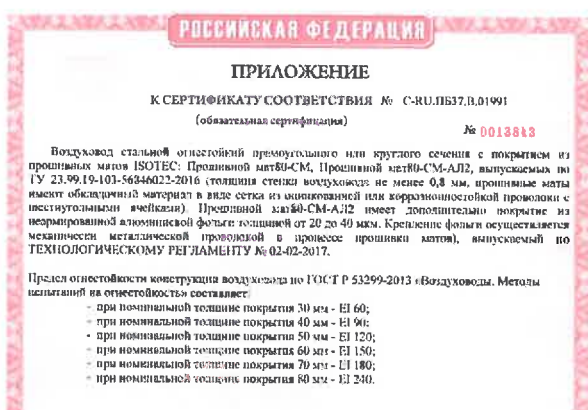


Рис. №1 сертификат WM80

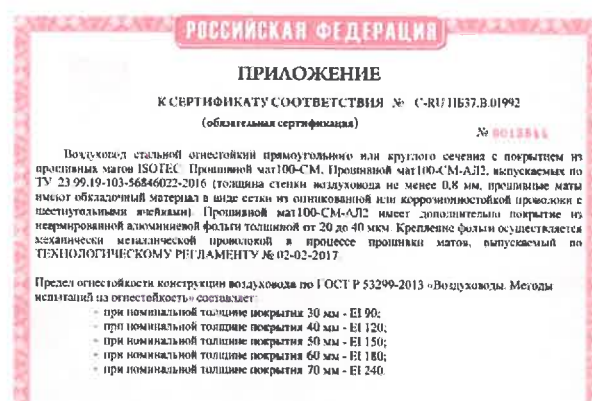


Рис. №2 сертификат WM100

Несмотря на кажущуюся полноту и достаточность имеющегося предложения, поступают предложения модернизации системы от сотрудников отдела продаж. Основные идеи – уйти от механического крепления изоляции и модернизировать систему огнезащиты с целью удешевления. С целью оценки возможности достижения этой цели, было принято решение провести испытания 7 вариантов огнезащитного покрытия стального воздухопровода прямоугольного сечения из оцинкованной стали толщиной 0,8 мм:

- Система №1: мат прошивной Isotec WM80-AL2 толщиной 30 мм, механически закреплены приварными штифтами- «базовый» вариант, на основании испытаний которого будет строится модель аппроксимации;
- Система №2: Штукатурный состав Vetonit 414 толщиной 30 мм, на базовой основе (грунт) ВЕТОНЕВТ РЕР 05;
- Система №3: Прошивной мат Isotec WM80AL2 толщиной 30 мм, приклеенный составом Vetor UltraFix;
- Система №4: Плита минераловатная (кварц) Isover Штукатурный фасад толщиной 50 мм приклеенная составом Vetonit UltraFix на базовой основе (грунт)-Vetonit 824;
- Система №5: Плита минераловатная (кварц) Isoroc СуперПлита толщиной 50 мм, приклеена составом Vetonit UltraFix на базовой основе (грунт)-Vetonit 824;
- Система №6: Штукатурный состав Vetonit 414 толщиной 30 мм, в качестве грунта использован состав Vetonit UltraFix;

- Система №7: Штукатурный состав Vetonit 414 с добавлением перлита толщиной 30 мм, качестве грунта использован состав Vetonit UltraFix.

Дата проведения испытаний: 11.02.2021 г.

Цель: Испытание и анализ альтернативных вариантов повышения огнестойкости стальных воздуховодов.

Место проведения: «Академия Сен-Гобен», Россия, Московская область, г. Москва, ул. Бойцовая, дом 6.

Средства измерений:

- тепловизор Fluke-Ti400;
- рулетка измерительная;
- секундомер, встроенный в смартфон;
- фотокамера, встроенная в смартфон.

Описание процесса испытаний:

Готовая модель воздуховода с нанесенным огнезащитным покрытием, подвергается высокотемпературному воздействию газовой горелкой. Газовая смесь (пропан 70%, бутан 30% при сгорании в обычных условиях) дает температуру факела около 1100 °С. Тем самым создаются температурные условия схожие с температурным режимом пожара – «реактивный факел» (ближе всего к углеводородному температурному режиму по ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014). Температура на обогреваемой и необогреваемой поверхности фиксируется тепловизором Fluke-Ti400. Время испытания фиксируется секундомером, для каждого образца – 300 сек, либо по достижении температуры на необогреваемой поверхности 180 °С. Глубина разрушения образцов покрытия замеряется рулеткой, особенности разрушения оцениваются визуально и тактильно.

2. ИСПЫТАНИЕ СИСТЕМ.

Испытания системы 1.

- *Основа:* Воздуховод прямоугольного сечения из стали оцинкованной толщиной 0,8 мм.
- *Изоляционное покрытие:* Мат прошивной Isotec WM80 AL2 (Прошивной мат 80-СМ-АЛ2) толщиной 30 мм, крепеж механический: приварные штифты.

Температура на обогреваемой и необогреваемой поверхности фиксируется тепловизором Fluke-Ti400 (приведен на рис.3).

Процесс испытаний наглядно продемонстрирован на рис. №№ 4, 5.



Рис.№3 Тепловизор поверхности



рис.№4 Горелка в действии.

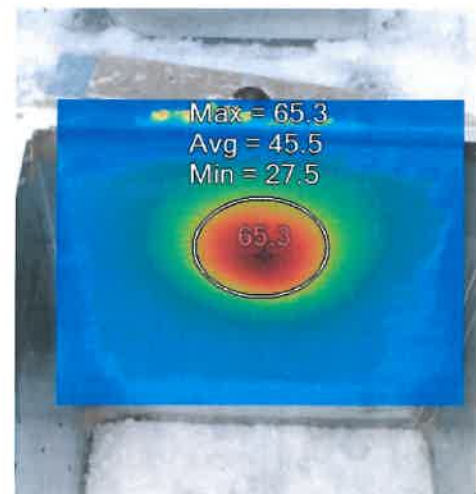


Рис.№5. Снимок тепловизора внутренне

Построение аппроксимационной модели:

Фиксируем время с момента начала огневого воздействия и температуру.

По полученным данным строим график температурной кривой, приведен на рис.6.

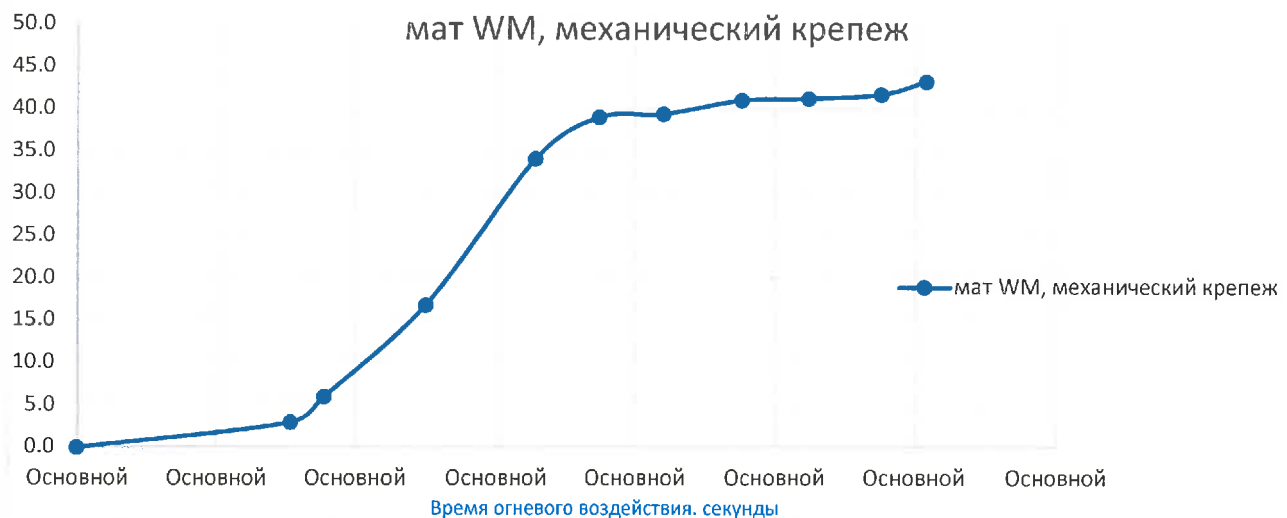


Рис.№ 6 График изменения температуры внутренней поверхности воздуховода.

Для системы №1 нам известен подтвержденный испытаниями по ГОСТ Р 53299 предел огнестойкости = EI 60, часть сертификата продемонстрирована на рис. № 1.

Сопоставляя имеющийся график, температурный график стандартных огневых испытаний ГОСТ Р 30247.0-94) и известный предел огнестойкости EI 60, методом линейной экстраполяции возможно построение графо-аналитической модели для альтернативных изоляционных материалов стального воздуховода – аппроксимационная модель. С помощью этой модели возможна оценка ожидаемых огнезащитных качеств альтернативных систем огнезащиты стального воздуховода.

Испытания системы №2.

Основа: Воздуховод прямоугольного сечения из стали оцинкованной толщиной 0,8 мм.

Изоляционное покрытие : Штукатурный состав Vetonit 414 толщиной 30 мм, на базовой основе (грунт) ВЕТОНЕВТ РЕР 05.

Процесс испытаний наглядно продемонстрирован на рис.№7.



Рис. №7 Испытание системы №2

График изменения температуры приведен на рис.8

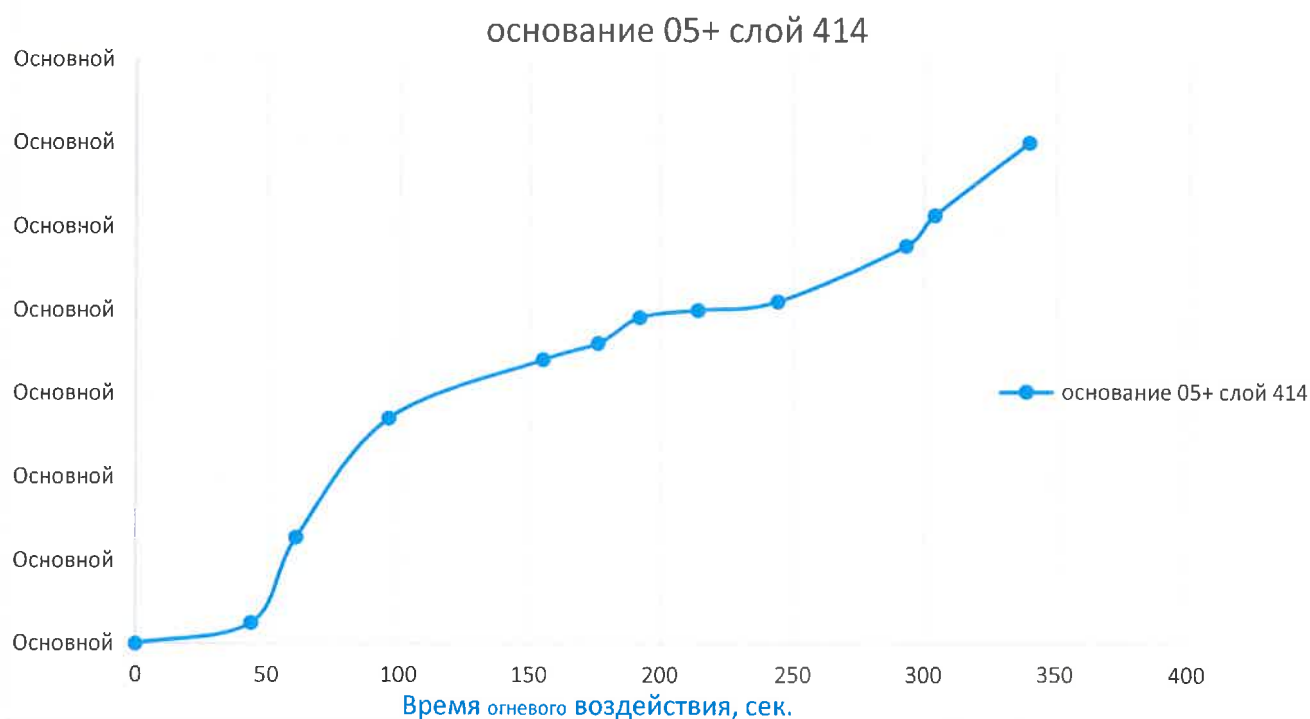


Рис.№8 График изменения температуры внутренней поверхности воздуховода. Система №2.

В соответствии с аппроксимационной моделью, ожидаемый предел огнестойкости полученный аналитическим путем, для системы №2 (стальной воздуховод защищенный штукатурной смесью Vetonit 414 на основании ВЕТОНЕВТ РЕР 05) составит = EI 26 минут.

Испытания системы №3.

Основа: Воздуховод прямоугольного сечения из стали оцинкованной толщиной 0,8 мм.

Изоляционное покрытие: Прошивной мат Isotec WM80AL2 толщиной 30 мм, приклеенный составом Vetonit UltraFix

Процесс испытаний наглядно продемонстрирован на рис.№9.



Рис.№9 Испытания системы №3.

График изменения температуры приведен на рис.10.

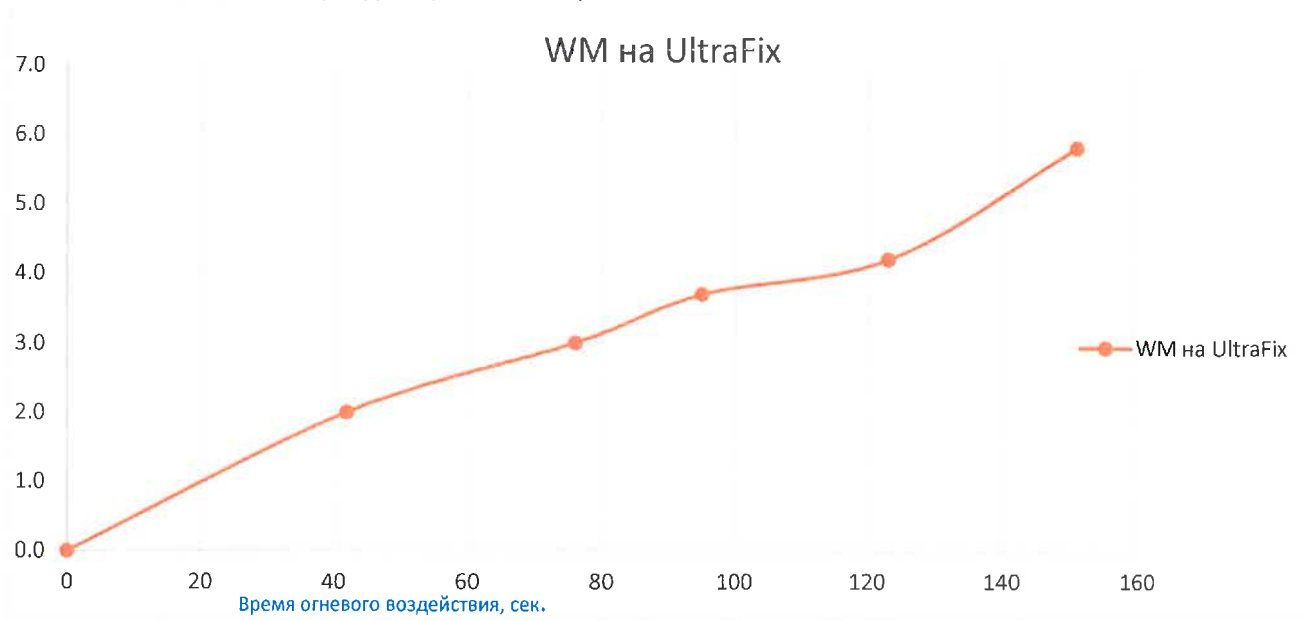


Рис.№10 График изменения температуры внутренней поверхности воздуховода. Система №3.

В соответствии с аппроксимационной моделью, ожидаемый предел огнестойкости для системы №3 (стальной воздуховод защищенный матами прошивными Isotec WM80 AL2 толщиной 30 мм на клеевой фиксации составом VETONIT ULTRAFIX) составит = EI 75 минут.

Испытания системы №4.

Основа: Воздуховод прямоугольного сечения из стали оцинкованной толщиной 0,8 мм.

Изоляционное покрытие: Плита минераловатная Isover Штукатурный фасад толщиной 50 мм, приклеенная составом

Vetonit UltraFix на базовой основе (грунт)-Vetonit 824

Процесс испытаний наглядно продемонстрирован на рис. 11.



Рис.№ 11 Испытания системы №4

График изменения температуры приведен на рис.12

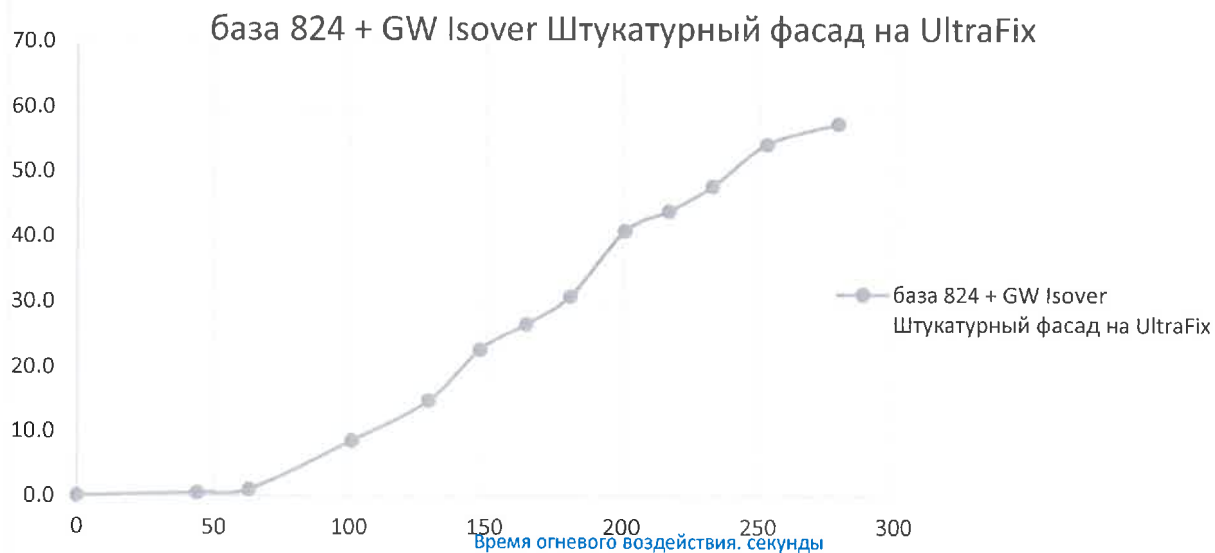


Рис.№ 12. График изменения температуры внутренней поверхности воздуховода. Система №4.

В соответствии с аппроксимационной моделью, ожидаемый предел огнестойкости для системы №4 (стальной воздуховод защищенный плитами минераловатными Isover Штукатурный фасад толщиной 50 мм на клеевой фиксации составом VETONIT ULTRAFIX составит (база Vetonit 824) = EI 43 минуты.

Испытания системы №5.

Основа: Воздуховод прямоугольного сечения из стали оцинкованной толщиной 0,8 мм.

Изоляционное покрытие: Плита минераловатная Isoroc СуперПлита толщиной 50 мм, приклеенная составом Vetonit

UltraFix на базовой основе (грун)-Vetonit 824

Процесс испытаний наглядно продемонстрирован на рис. 13.



Рис. №13. Испытания системы №5.

График изменения температуры приведен на рис. 14

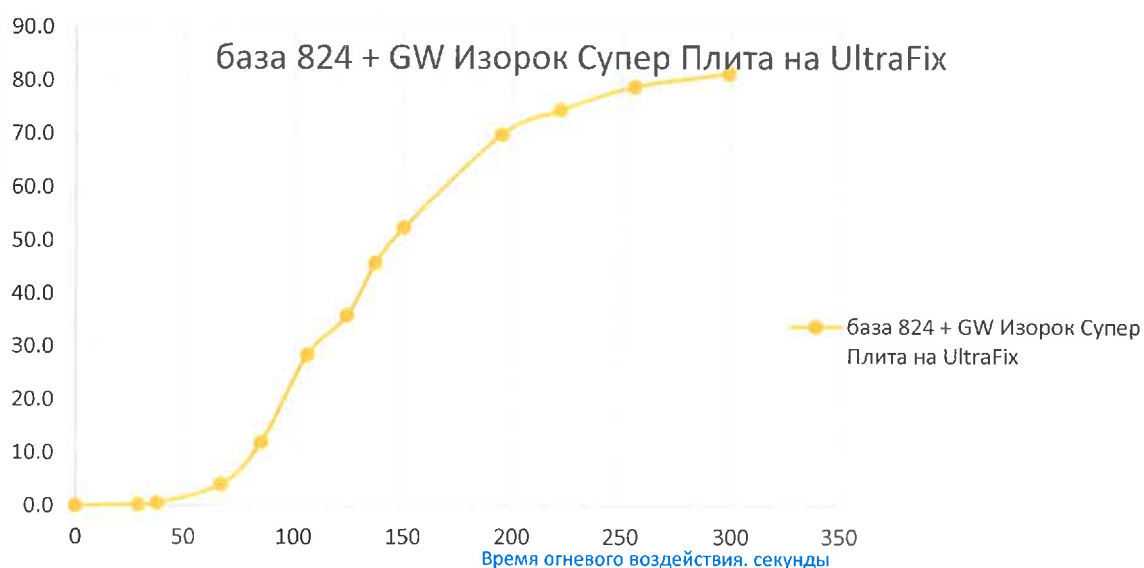


Рис.№ 14. График изменения температуры внутренней поверхности воздуховода. Система №5.

В соответствии с аппроксимационной моделью, ожидаемый предел огнестойкости для системы №5 (стальной воздуховод защищенный плитами минераловатными Isoroc Супер Плита толщиной 50 мм на клеевой фиксации составом VETONIT ULTRAFIX составит (база Vetonit 824) = EI 33 минуты.

Испытания системы №6:

Основа: Воздуховод прямоугольного сечения из стали оцинкованной толщиной 0,8 мм.

Изоляционное покрытие: Штукатурный состав Vetonit 414 толщиной 30 мм, в качестве грунта использован состав Vetonit UltraFix.

Процесс испытаний наглядно продемонстрирован на рис. 15.



Рис.№ 15 Испытания системы № 6

График изменения температуры приведен на рис.16

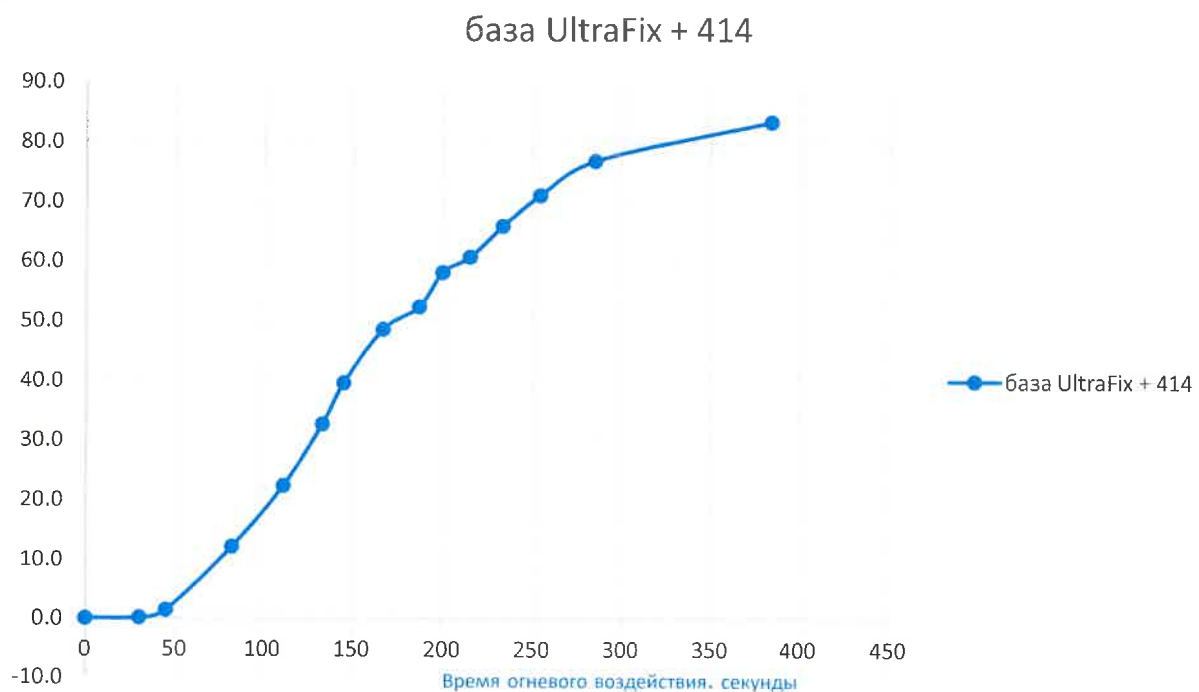


Рис.№ 16 График изменения температуры внутренней поверхности воздуховода. Система №6.

В соответствии с аппроксимационной моделью, ожидаемый предел огнестойкости для системы №6 (стальной воздуховод защищенный штукатурным составом Vetonit 414 толщиной 30 мм на основании из состава VETONIT ULTRAFIX составит = EI 41 минуту.

Испытания системы №7:

Основа: Воздуховод прямоугольного сечения из стали оцинкованной толщиной 0,8 мм.

Изоляционное покрытие: Штукатурный состав Vetonit 414 с добавлением перлита, толщиной 30 мм, в качестве грунта использован состав Vetonit UltraFix.

Краткая справка.

Перлит — горная порода вулканического происхождения. На кромке потока лавы, в местах первичного соприкосновения магматических расплавов и земной поверхности, в результате быстрого охлаждения (закалки) лавы формируется вулканическое стекло — обсидиан. В дальнейшем под воздействием подземных вод происходит его гидратация, и, как результат, образование перлита.

Процесс испытаний наглядно продемонстрирован на рис.17.



Рис.№17. Испытания системы № 7.

График изменения температуры приведен на рис.18

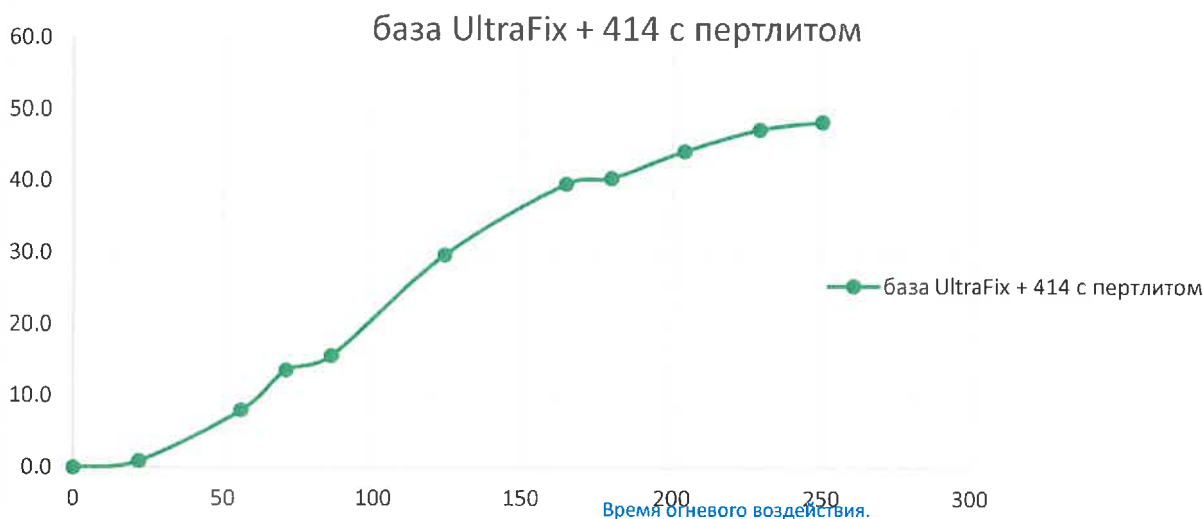


Рис.№ 18 График изменения температуры внутренней поверхности воздуховода. Система №7.

В соответствии с аппроксимационной моделью, ожидаемый предел огнестойкости для системы №7 (стальной воздуховод защищенный штукатурным составом Vetonit 414 с добавкой перлита толщиной 30 мм на основании из состава VETONIT ULTRAFIX составит = EI 49 минут.

3. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Графики изменения температуры для испытанных систем представлены на рис.19

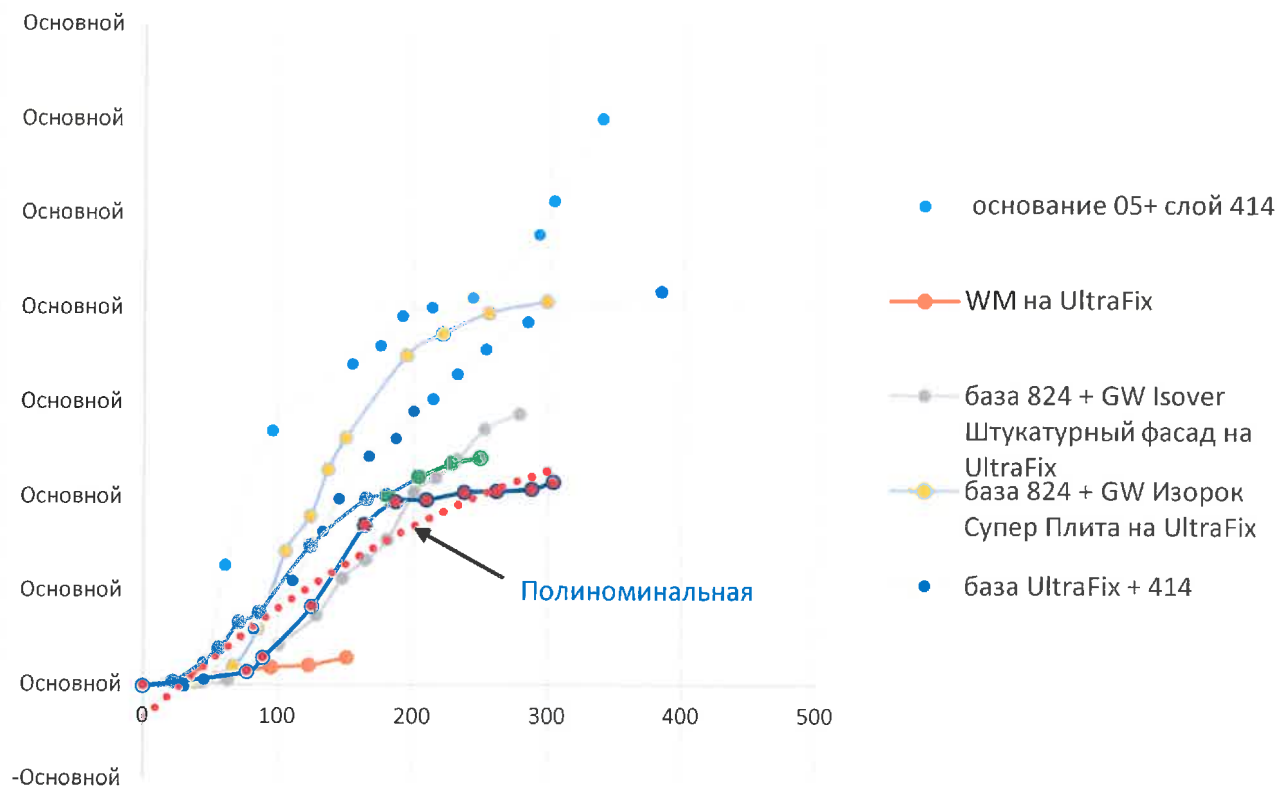


Рис. №19. Графики изменения температур испытанных систем 1-7.

Линия тренда позволяет оценить перспективность разработки системы с точки зрения огнестойкости: кривые, находящиеся над линией тренда имеют показатели огнестойкости ниже, а кривые проходящие под линией тренда-соответственно, имеют более высокие характеристики огнестойкости. Для комплексной оценки перспективности, требуется учесть также вес и стоимость систем (см. табл. 1).

Таблица №1

Показатели огнестойкости, веса и стоимости испытанных систем.

Базис системы	Vetonit 414			Минеральная вата			
	Rep 05 Betoheft, №2	Ultra Fix, №6	+ Перлит Ultra Fix, №7	Isotec WM80 + Ultra Fix, №3	Isover ШтФас Ultra Fix, №4	Isoroc Супер Плита +Ultra Fix, №5	Isotec WM80+ Мех.креп еж, №1
Вспомогательные компоненты							
Стоимость, руб/м ²	997	613,5	700	610	245	264	400
Вес, кг/м ²	21.7	25.5	26.3	11.4	6.6	5.3	2.6
Огнестойкость, минут	26	41	49	75	43	33	60
Удельная стоимость, руб/мин	38,35	14,96	14,28	8,14	5,70	8,00	6,67
Удельный вес, грамм/мин	835	622	537	152	153	160	43

Диаграммы стоимости, веса и огнестойкости испытанных систем, приведены на рис. 20, 21.

Стоимость, руб/м²

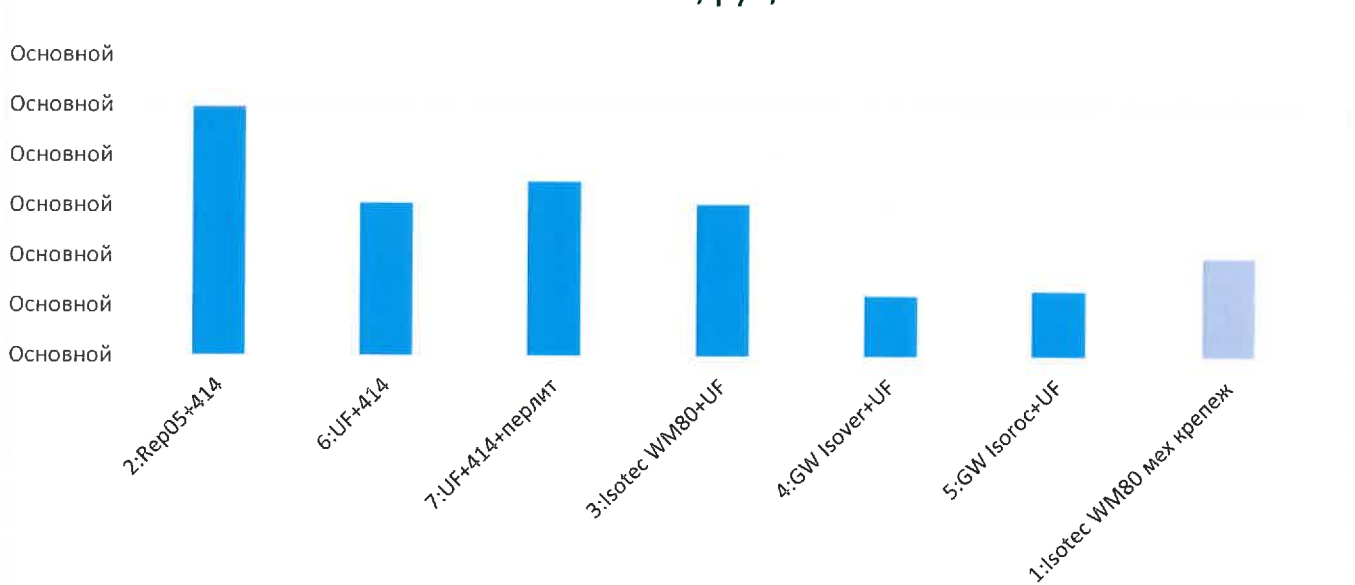


Рис. № 20. Показатели стоимости систем в руб. / м²

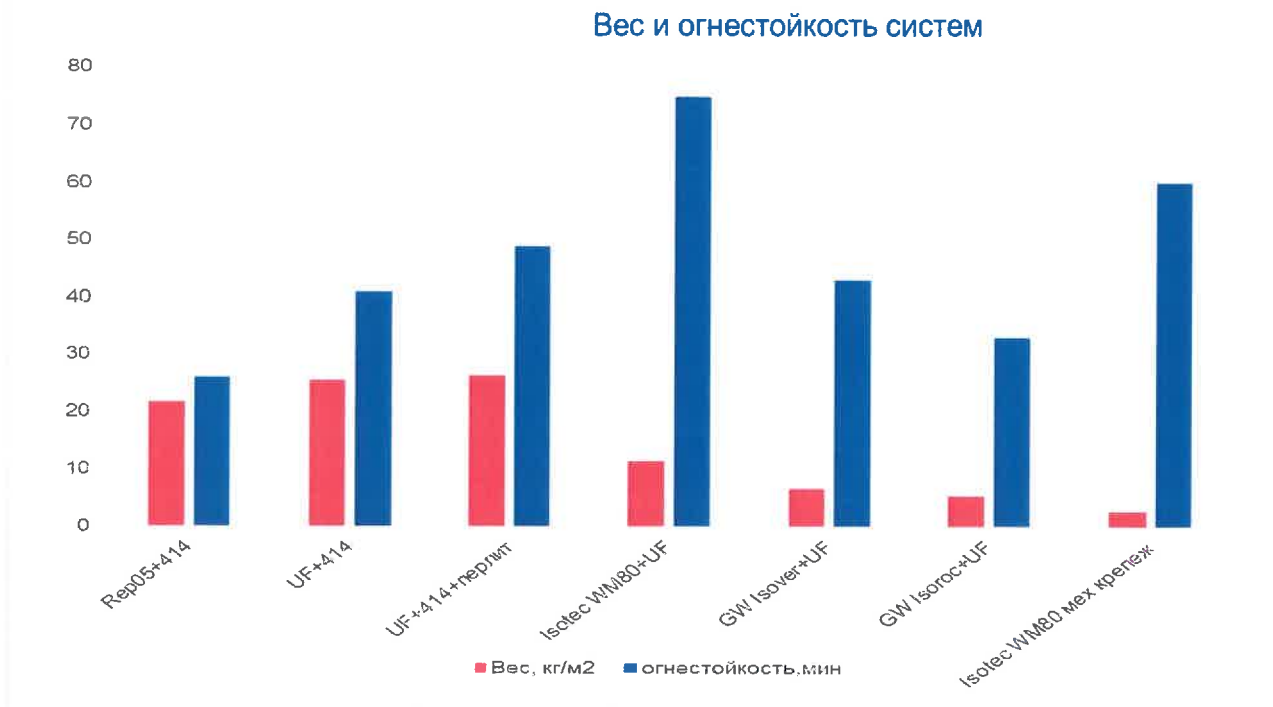


Рис. № 21. Показатели веса и огнестойкости испытанных систем.

4. ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СИСТЕМ.

Готовые системы на базе штукатурных составов Vetonic, процесс испытаний и последующее разрушение приведены на рис. 22, 23, 24.



Рис № 22. Системы 6 и 7.



Рис № 23. Испытания.



Рис.№ 24. Деструкция образца.

В ходе анализа эксперимента выявлено следующее: после высокотемпературного воздействия штукатурное покрытие «отходит» от базы без особых усилий. Предположительно, вследствие активной деструкции материала ввиду быстрого испарения остаточной влаги и тем самым увеличения пористости готового покрытия, т.е. в ходе длительного эксперимента возможно непредсказуемое разрушение конструкции до наступления предела огнестойкости.

Данная особенность снижает оптимистичную оценку перспективности подобных систем и требует более глубокого изучения, в случае принятия решения о развитии направления огнезащиты штукатурными составами.

Процесс обследования испытанных образцов систем на базе кварцевой ваты представлен на рис 25, 26, 27.



Рис.№ 25 Базовый слой



Рис.№ 26. Замер разрушения GW Isover



Рис.№27 Замер разрушения GW Isoroc

Выявлено: относительно быстрый «прожиг» на всю глубину материала из кварцевой ваты, причем от плотности утеплителя скорость прожига зависит незначительно.

Перспективность развития систем огнезащиты на базе кварцевой ваты невысока, по причине относительно быстрой температурной деструкции материалов на основе кварцевой ваты.

Анализ последствий «прожига» систем на базе каменной ваты Isotec представлены на рис 28, 29.



Рис.№ 28 Отрыв ваты от клея.



Рис.№ 29. Последствия высокотемпературного воздействия.

Ожидаемый лидер испытаний- система Isotec+Vetonit (минеральная вата SW+ клей на цементном вяжущем), сочетание изоляционного материала с низкой теплопроводностью и высокой

температуростойкостью (каменная вата) с материалом имеющим относительно высокую теплоемкость (клей на цементном вяжущем), дало отличный результат .

Выявлено: высокая температура не достигает основания.

Принудительный отрыв происходит по изоляционному материалу – достаточная для монтажа адгезия клея.

5. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

1. ГОСТ Р 53299-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Воздуховоды. Метод испытаний на огнестойкость" (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 09.12.2013 N 2213-ст).
2. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
3. "ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования" (введен в действие Постановлением Минстроя РФ от 23.03.1995 N 18-26).
4. "ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Альтернативные и дополнительные методы" (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 06.10.2014 N 1275-ст)
5. ТУ 23.99.19-103-56846022-2016 Изделия теплоизоляционные (Маты прошивные) Isotec из минеральной ваты. Технические условия.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана и опробована аппроксимационная модель оценки результатов испытаний альтернативных систем огнезащиты стальных воздуховодов.

В результате серии экспериментов выявлена наиболее перспективная система, состоящая из матов Isotec WM-80 A12 и неорганического клея Vetonit Ultra Fix.

Получено экспериментальное подтверждение того, что добавка перлита в штукатурный состав увеличивает его огнезащитные свойства, однако особенности разрушения штукатурных составов, требуют осторожного и продуманного применения в качестве огнезащиты.