

Таманский терминал навалочных грузов.

КРУ ТП-25

РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Огнезащита металлических конструкций

ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ

**г. Красноярск
2020**

Таманский терминал навалочных грузов.

КРУ ТП-25

РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Огнезащита металлических конструкций

ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ

**Утверждаю:
Руководитель проекта**

А.В. Дьяченко

**Разработал:
Ведущий инженер проекта**

С.В. Молотов

**г. Красноярск
2020**

СОДЕРЖАНИЕ

Лист

1	Термины и определения	3
2	Общие сведения	4
3	Методика расчета пассивной огнезащиты стальных конструкции	5
4	Расчет пассивной огнезащиты стальных конструкций.	12
5	Определение приведенной толщины металла, расчет площади и нормы расхода материала	14
6	Технические требования к огнезащитному покрытию	16
7	Особенности подтверждения соответствия средств огнезащиты.	16
8	Список использованных нормативно-технических документов и литературы	18

Приложение 1. Расчёт обрабатываемой площади, толщины покрытия и нормы расхода огнезащитного состава СПЕКТР-А (ТУ 2316-005-16341424-2015) при выполнении работ по огнезащите металлических конструкций объекта.

Приложение 2. Технологический регламент по нанесению огнезащитного состава СПЕКТР-А (ТУ 2316-005-16341424-2015).

Приложение 3. Протокол №552/ТР Сертификационных испытаний «Огнезащитный состав «СПЕКТР-А» выпускаемый по ТУ 2316-005-16341424-2015 для металлических конструкций Код ОКП 23 1600 огнезащитная эффективность 45 минут.

Приложение 4. Сертификат соответствия (обязательная сертификация) огнезащитного состава СПЕКТР-А (ТУ 2316-005-16341424-2015).

Приложение 5. Сертификат соответствия требованиям к сейсмостойкости огнезащитного состава СПЕКТР-А (ТУ 2316-005-16341424-2015).

Приложение 6. Свидетельство СРО о допуске разработчика к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства.

зам. инв. №	
описать и дата	
инв. № подл.	

							ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ		
Изм	К.уч	Лис	№док	Подп.	Дата				
	Разработал	Луценко					Огнезащита металлических конструкций		
							Стадия	Лист	Листов
							Р	2	

1 Термины и определения

Объект огнезащиты - материал, конструкция или изделие, подвергаемые обработке средством огнезащиты с целью снижения их пожарной опасности и (или) увеличения огнестойкости.

Огнезащита – снижение пожарной опасности материалов и конструкций путем специальной обработки.

Тонкослойное огнезащитное покрытие (вспучивающееся покрытие, краска) - способ огнезащиты строительных конструкций, основанный на нанесении на обогреваемую поверхность конструкции специальных лакокрасочных составов с толщиной сухого слоя, не превышающей 3 мм, увеличивающих ее многократно при нагревании.

Огнезащитное вещество (смесь) – вещество (смесь), обеспечивающее огнезащиту.

Огнезащитная обработка строительной конструкции – пропитка, облицовка или нанесение защитного покрытия на конструкцию с целью повышения огнестойкости и (или) снижения пожарной опасности.

Степень огнестойкости зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая пределами огнестойкости конструкций, применяемых для строительства указанных зданий, сооружений, строений и отсеков (степень огнестойкости зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, классы их функциональной и конструктивной пожарной опасности указываются в проектной документации на объекты капитального строительства и реконструкции).

Предел огнестойкости конструкций – промежуток времени от начала огневого воздействия в условиях стандартных испытаний до наступления одного из нормированных для данной конструкции предельных состояний (потеря несущей способности).

Огнезащитная эффективность - сравнительный показатель средства огнезащиты, который характеризуется временем в минутах от начала огневого испытания до достижения критической температуры (500 °С) стандартного образца стальной конструкции с огнезащитным покрытием.

Устойчивость объекта защиты при пожаре – свойство объекта защиты сохранять конструктивную целостность и (или) функциональное назначение при воздействии опасных факторов пожара и вторичных проявлений опасных факторов пожара.

Приведенная толщина металла - отношение площади поперечного сечения металлической конструкции к обогреваемой части ее периметра.

Пожарная опасность материала (конструкции) – свойство материала или конструкции, способствующее возникновению опасных факторов и развитию пожара.

Несущая способность в условиях пожара - свойство конструкции сохранять свои функции, воспринимая собственный вес, приложенные нормативные нагрузки, а также температурные усилия, возникающие в условиях огневого воздействия.

Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ	Лист	
								3

Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ	Лист	
								3

Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ	Лист	
								3

2 Общие сведения

Настоящая рабочая документация разработана на выполнение работ по огнезащите стальных конструкций объекта: КРУ ТП-25 (тит. С1.1.22.2).

Цель разработки проекта – доведение требуемых пределов огнестойкости металлических конструкций, обеспечивающих соответствие здания III степени огнестойкости, в соответствии с требованиями ФЗ-№123 «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности».

Согласно опросному листу от ООО «ОТЭКО-Портсервис» требуемый предел огнестойкости здания – III степень огнестойкости.

Данный проект смотреть совместно с рабочей документацией раздел «Конструкции металлические», ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ.

В соответствии с требованиями огнезащитной обработке подлежат следующие элементы металлических конструкций предел огнестойкости, которых должен быть не менее:

- Стойки, стойки фахверка, ригели рам, элементы перекрытий не менее R45;

В соответствии с эксплуатационными характеристиками участков объекта, для огнезащиты металлоконструкций применено огнезащитное покрытие «Спектр-А». Толщина материала огнезащитного покрытия для каждого несущего элемента металлоконструкций, определена в соответствии с сертификатами соответствия № С- RU.ПБ09.В.00406 и таблиц зависимости толщины огнезащитного покрытия «Спектр-А».

Огнезащитный состав «Спектр-А» наносится на грунт ГФ-021 (50 мкм), устройство финишного покрытия на огнезащитный состав настоящим проектом не предусмотрено.

Конструкция здания разработана для эксплуатации в районах с сейсмической активностью и имеет определенные конструктивные особенности, позволяющие проводить контроль состояния огнезащитного покрытия и периодическую замену или восстановление при выполнении определенных работ по демонтажу ограждающих конструкций.

Согласно п. 10 ст. 87 пределы огнестойкости и классы пожарной опасности стальных строительных конструкций определяются расчетно-аналитическим методом.

Методика расчета пассивной огнезащиты стальных строительных конструкций КРУ ТП-25 основывается на методе линейной интерполяции - определении неизвестного значения требуемой толщины огнезащитного покрытия, находящегося между двумя известными значениями.

В данном проекте огнезащиты технические решения приняты на основе опытных данных. Данные получены при огневых испытаниях нескольких вариантов конструкций с конкретным огнезащитным покрытием. Выводы реализованы в виде таблиц (графиков или номограмм). На их основании выявлена зависимость толщины огнезащитного покрытия от приведенной толщины металла для различных значений времени достижения предельного состояния конструкции с применяемым средством огнезащиты, в следствии чего назначена требуемая толщина огнезащитного покрытия методом линейной интерполяции.

При расчете, за предел огнестойкости конструкции по несущей способности (R),

Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ	Лист	
								4

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 обрушение 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 прочности установлен по результатам расчетноэкспериментальных исследований по методике, изложенной в методике «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Расчетно-экспериментальный метод определения предела огнестойкости несущих металлических конструкций с тонкослойными огнезащитными покрытиями. Методика» ФГБУ ВНИИПО МЧС России 2013 г. Существующий коэффициент γ_a характеризует снижение нормативного сопротивления стали при нагреве до 500 °С и является аналогом (обратной величиной) коэффициента запаса, принимая значения приблизительно равное 0,7.

Результаты расчета приведенной толщины металла конкретных сечений и назначаемых толщин огнезащитных покрытий в зависимости от приведенной толщины металла и требуемого предела огнестойкости конструкций сведены в таблицу Приложение №1. В эту же таблицу сведены результаты расчета расхода огнезащитной краски (расход приводится в кг/кв.м.), количества огнезащитной краски, а также расчета площади поверхности металлоконструкций, защищаемой огнезащитными составами и материалами

3 Методика расчета пассивной огнезащиты стальных конструкций

3.1 Общие положения.

3.1.1 Расчет пределов огнестойкости стальных конструкций производится по признаку потери несущей способности (R) в нагретом состоянии в результате ее снижения до уровня нормативной нагрузки.

3.1.2 Расчет предела огнестойкости стальной конструкции по потере несущей способности состоит из теплотехнической и статической частей. Сущность методики заключается в определении критической температуры стали исследуемой конструкции, при которой наступает ее предел огнестойкости проведением статического расчета и определении времени от начала теплового воздействия до достижения критической температуры проведением теплотехнического расчета на основании экспериментальных данных.

Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ Лист 5

3.1.3 Статический расчет конструкции производится в соответствии с п. 2 методики «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Расчетно-экспериментальный метод определения предела огнестойкости несущих металлических конструкций с тонкослойными огнезащитными покрытиями. (ФГБУ ВНИИПО МЧС России 2013 г.)».

3.1.4 Теплотехнический расчет с группой огнезащитной эффективности 5 проводится в соответствии с помощью номограмм и экспериментальных данных, полученных по результатам огневых испытаний (по ГОСТ Р 53295) применяемого, в настоящем проекте огнезащитного покрытия, представленных в Приложении №3 настоящего проекта

3.2 Статический расчет

Предел огнестойкости стальных конструкций наступает в результате прогрева их сечения или отдельных его частей до критической температуры.

Критическая температура стальных конструкций, находящихся под действием нагрузки, рассчитывается в зависимости от вида конструкции, схемы ее оперения, марки металла и величины нагрузки.

3.2.1 Центральна-нагруженные стержни

Результаты огневых испытаний огнезащитного средства для несущей металлической конструкции, приведенный в Сертификате соответствия (Сертификате пожарной безопасности), не определяют фактический предел огнестойкости конструкции с огнезащитным покрытием, т. к. испытанию подвергают стандартный образец (а не реальную конструкцию) из двутавра № 20 с приведённой толщиной металла 3,4 мм (марка стали условна – С 245) длиной 1,7 м; испытывают его в ненагруженном состоянии до момента прогрева стержня конструкции до условной установленной методом экспертных оценок критической температуры конструкции – 500 0С.

Согласно «Инструкции по расчету фактических пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой» ФГУ ВВНИИПО МЧС России, критическая температура стальных конструкций, находящихся под действием нагрузки, рассчитывается в зависимости от вида конструкции, схемы ее оперения, марки металла и величины нагрузки и не всегда бывает больше или равна 500 0С.

Таблица 1. Значения коэффициентов γ_T и γ_e , учитывающих изменения нормативного сопротивления R_n и модуля упругости E стали в зависимости от температуры.

Критическая температура, °С	γ_T	γ_e
20	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

Инв. № подл.	Взам. инв. №	Подпись и дата							Лист 6
			ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ						
			Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	

600	0,34	0,72
650	0,22	0,68
700	0,11	0,59

Для центрально-нагруженных стержней коэффициенты γ_T и γ_e вычисляются по формулам:

$$\gamma_T = \frac{N_n}{F R_n} \quad (1)$$

$$\gamma_e = \frac{N_n l_0^2}{\pi^2 E_n J_{\min}} \quad (2)$$

где:

N_n - нормативная нагрузка, кг;

F - площадь поперечного сечения стержня, см^2 ;

R_n - начальное нормативное сопротивление металла, кг/см^2 ;

E_n - начальный модуль упругости металла, кг/см^2 ,

для сталей - $E_n = 2100000 \text{ кг/см}^2$;

l_0 - расчетная длина стержня, см;

$J_{\min}$ - наименьший момент инерции сечения стержня, см^4 .

Расчетная длина - l_0 стержня принимается равной:

- шарнирное опирание по концам - l ;

где l - длина стержня, см;

- защемление по концам - $0,5 l$;

- один конец защемлен, другой свободен - $2 l$;

- один конец защемлен, другой шарнирно оперт - $0,7 l$.

Критическая температура центрально-растянутых стержней определяется по таблице 1 в зависимости от коэффициента γ_T , вычисленного по формуле (1)

3.2.2 Изгибаемые и внецентренно-нагруженные элементы

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

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

Критическая температура изгибаемых элементов определяется по таблице 1 в зависимости от коэффициента γ_T , вычисляемого по формуле:

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист 7
Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ			

$$\gamma_T = \frac{M_n}{W R^x} \quad (3)$$

где:

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

W - момент сопротивления сечения, см³.

3.3 Теплотехнический расчет

Испытания на огнестойкость (или огнезащитную эффективность) образцов строительных конструкций проводятся при воздействии на их поверхность стандартного температурного режима пожара, определяемого в виде следующей зависимости:

$$T = T_0 + 345 \cdot \lg \left(\frac{8}{60} \tau + 1 \right)$$

где

T_0 – начальная температура;

τ – время от начала испытаний, сек.

Скорость нагрева стальной конструкции оценивается при пренебрежении теплоемкостью огнезащитного покрытия, зависимостью теплофизических свойств покрытия, зависимостью теплофизических свойств покрытия от координаты и в приближении усредненного по толщине покрытия градиента температур следующим уравнением:

$$\frac{dT_s}{dt} = \frac{\lambda \cdot (T - T_s)}{d \cdot \rho_s \cdot C_s \cdot \delta_{np}}$$

где:

λ – коэффициент теплопроводности покрытия, Вт/(м · К);

d – толщина покрытия в исходном состоянии, м;

ρ_s – плотность стали, кг/м³;

C_s – средняя удельная теплоемкость стали, Дж/(кг·К);

T – температура в печи, К;

T_s – температура конструкции, К;

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
									8
			Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ

t – время, с;

$\delta_{пр}$ – приведенная толщина металла, м:

$$\delta_{пр} = \frac{F}{\Pi}$$

F – площадь поперечного сечения стержня, м²;

Π – обогреваемый периметр сечения стержня, м

Если суммарная теплоемкость покрытия сопоставима с теплоемкостью конструкции, то к теплоемкости стали добавляется поправка:

$$\Delta C_s = \frac{C_{п \cdot \rho_{п \cdot m_{п}}}}{m_s}$$

Граничные условия задачи описывались лучистым и конвективным теплообменом поверхности конструкции с окружающей средой:

$$-\lambda grad T = \alpha_k(T_{г} - T_{п}) + \varepsilon_{пр} \cdot \sigma((T_{г} + 273)^4 - (T_{п} + 273)^4)$$

Где:

α_k – 29 Вт/м² – коэффициент конвективного теплообмена для обогреваемой поверхности;

$\varepsilon_{пр}$ – приведенная степень черноты системы «обогревающая среда – поверхность конструкции»,

σ – постоянная Стефана – Больцмана;

$T_{г}, T_{п}$ – температуры поверхности конструкции и газовой фазы, °С.

Приведенная степень черноты системы «среда – поверхность конструкции» рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{пр} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{эфф}} + \frac{1}{\varepsilon_{пов}} - 1}$$

где:

$\varepsilon_{эфф} = 0,85$ – эффективная степень черноты продуктов горения;

$\varepsilon_{пов}$ – степень черноты поверхности конструкции.

При оценке предела огнестойкости конструкций были учтены температурные зависимости, полученные при испытаниях огнезащитного покрытия.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист 9
			ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ						
			Изм.	К.уч.	Лист	№док	Подп.	Дата	

Испытания проводились на двух образцах. Первый образец представлял собой фрагмент стальной колонны двутаврового сечения профиля №20 по ГОСТ 8239-89 с приведенной толщиной металла 3,4 мм высотой 1700 ± 10 мм с нанесенным на него огнезащитным покрытием на основе огнезащитного состава «Спектр-А». Второй образец аналогичен образцу №1.

На графиках 1 и 3 приведено изменение температуры в печи в процессе испытаний образцов 1 и 2 соответственно, на графиках 2 и 4 приведено изменение температуры образцов 1 и 2 в процессе испытаний соответственно. Оценка конструкций с группой огнезащитной эффективности 5.

График №1. Температурный режим в огневой камере при испытании образца № 1.



График №2. Изменение температуры образца № 1 в процессе проведения испытаний.

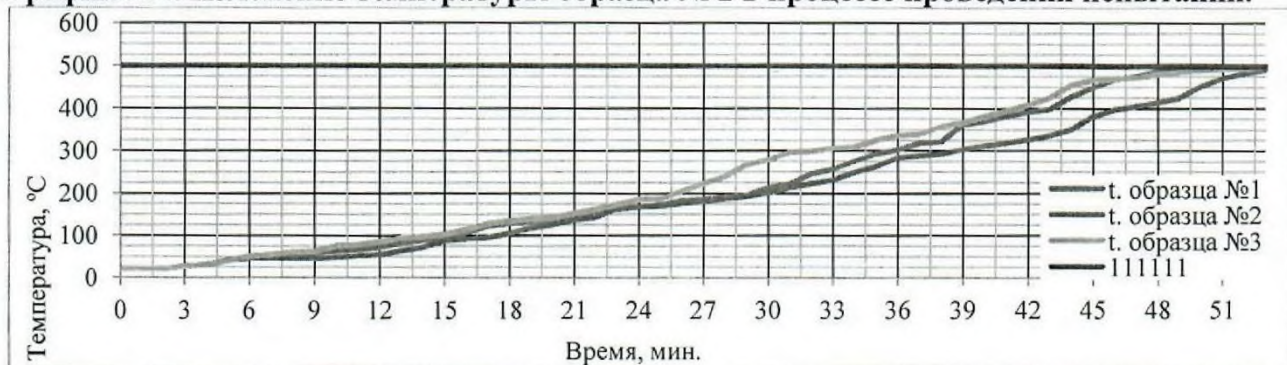


Изм.	К.уч.	Лист	№док	Подп.	Дата	Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ	Лист
										10

График №3. Температурный режим в огневой камере при испытании образца № 2.



График №4. Изменение температуры образца № 2 в процессе проведения испытаний.



По графикам видно, что образцы не нагрелись до критической температуры в 500 °C, что говорит о том, что было обеспечено время достижения критической температуры не менее 45 минут.

По испытаниям по данным ПТМ 3,4 мм методом линейной интерполяции была составлена таблица расхода и толщин огнезащитного покрытия «Спектр-А» для металлических конструкций.

Таблица 1. Расход и толщины огнезащитного состава "Спектр-А" на органической основе

ПТМ	Группа огнезащитной эффективности 5		ПТМ	Группа огнезащитной эффективности 5	
	Толщина сухого слоя	Расход, кг/м2		Толщина сухого слоя	Расход, кг/м2
2	1,08	1,62	7	0,44	0,66
2,2	1,02	1,53	7,2	0,42	0,63
2,4	0,98	1,47	7,4	0,42	0,63
2,6	0,94	1,41	7,6	0,4	0,60
2,8	0,9	1,35	7,8	0,4	0,60
3	0,86	1,29	8	0,38	0,57
3,2	0,84	1,26	8,2	0,38	0,57
3,4	0,8	1,20	8,4	0,38	0,57
3,6	0,76	1,14	8,6	0,36	0,54
3,8	0,74	1,11	8,8	0,36	0,54
4	0,7	1,05	9	0,34	0,51
4,2	0,68	1,02	9,2	0,34	0,51

Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.						
			Изм.	К.уч.	Лист	№док	Подп.	Дата

4,4	0,66	0,99	9,4	0,32	0,48
4,6	0,62	0,93	9,6	0,32	0,48
4,8	0,6	0,90	9,8	0,3	0,45
5	0,58	0,87	10	0,3	0,45
5,2	0,58	0,87	10,2	0,3	0,45
5,4	0,56	0,84	10,4	0,28	0,42
5,6	0,52	0,78	10,6	0,28	0,42
5,8	0,5	0,75	10,8	0,36	0,54
6	0,5	0,75	11	0,36	0,54
6,2	0,48	0,72	11,2	0,36	0,54
6,4	0,46	0,69	11,4	0,36	0,54
6,6	0,46	0,69	11,6	0,36	0,54
6,8	0,44	0,66	11,8	0,36	0,54
			12	0,24	0,36

Данные из таблицы «таблицы расходов и толщин огнезащитного состава "Спектр-А" на органической основе», были применены при расчете необходимой толщины сухой пленки огнезащитного покрытия и занесены в таблицу «Приложение №1».

4 Расчет пассивной огнезащиты стальных конструкций.

4.1 Статический расчет по определению критической температуры металлических элементов

4.1.1 Конструкции: колонны, ригели перекрытия

Профиль: гнутосварной квадратный профиль 120×120×6

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_t = \frac{N_H}{FR_H} = \frac{37,2 \cdot 10^3}{29,96 \cdot 10^{-4} \cdot 345 \cdot 10^6} = 0,07$$

Значение коэффициента γ_t 0,048 отсутствует в таблице 1. Поэтому найдем критическую температуру по формулам из [5]:

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 719,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{142,3}\right)^2 - \frac{12,4}{2,1 \cdot 10^5} = 4,28 \cdot 10^{-4}$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{2 \cdot 323,0}{4,54} = 142,3$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{37,2 \cdot 10^3}{29,96 \cdot 10^{-4}} = 12,4 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Критическая температура по потере устойчивости определяется по критическим деформациям ε_n в зависимости от значения коэффициента γ_{tem} .

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист 12
			ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ						
			Изм.	К.уч.	Лист	№док	Подп.	Дата	

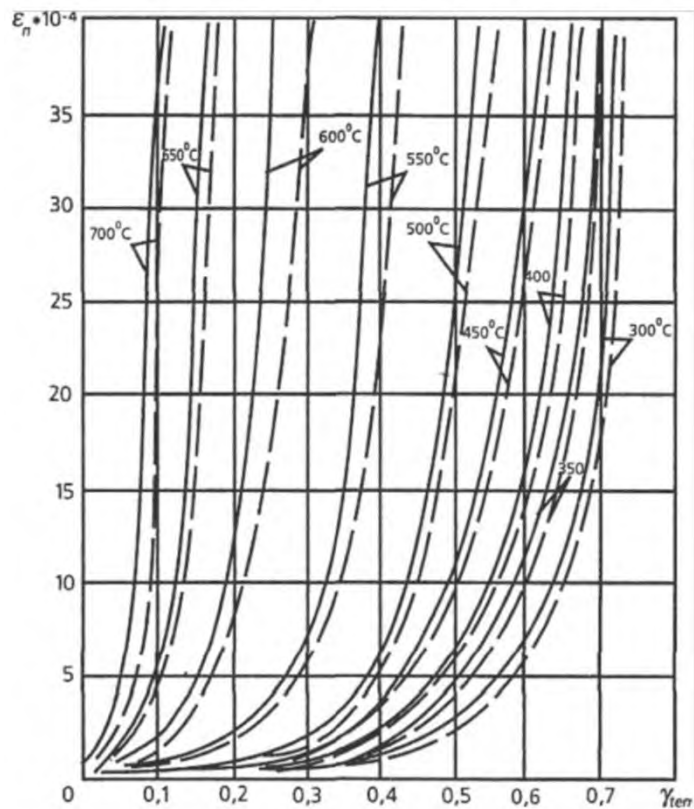


Рис. 4.1. Кривые деформации сталей при $\varepsilon_{\text{П}} < 0,004$ и степени нагружения $\gamma_{\text{тем}}$: при $R_{\text{yn}} < 290$ МПа — ; при $R_{\text{yn}} \geq 290$ МПа - - - -

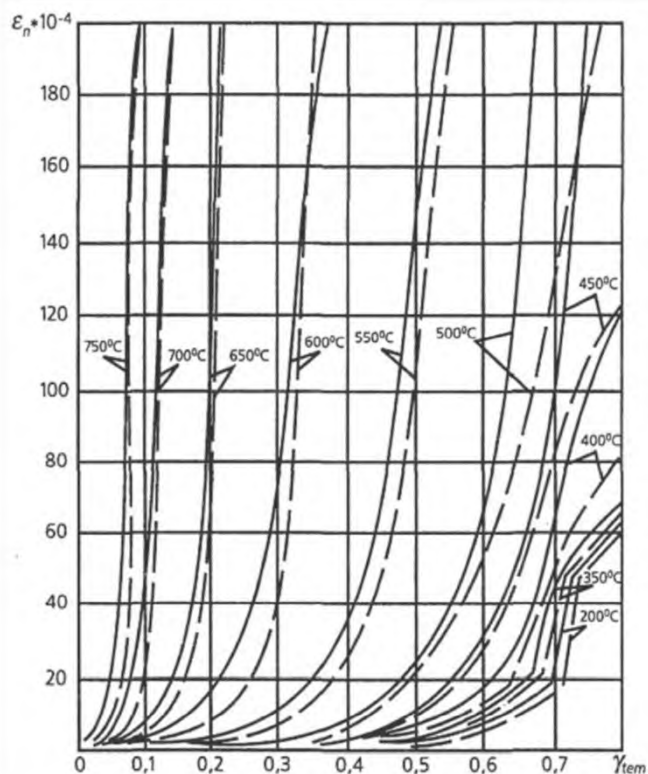


Рис.4.2 Кривые деформации сталей при $\varepsilon_{\text{П}} < 0,02$ и степени нагружения $\gamma_{\text{тем}}$: при $R_{\text{yn}} < 290$ МПа — ; при $R_{\text{yn}} \geq 290$ МПа - - - -

Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	

$$t_{cr''} = 750 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Минимальная критическая температура составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 719,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Таблица №2. Результаты расчета

№ п/п	Обозначение	Марка	Нагрузка	Критическая температура, °C
1	Колонна и ригели перекрытия	Труба 120×120×6 ГОСТ 30245-2012 09Г2С-12 (С245)	37,2 кН	719,2

Вывод:

Принимая во внимание тот факт, что при проведении испытаний средств огнезащиты по ГОСТ Р 53295-2009, значение критической температуры стали принимается равным 500 °C, что соответствует работе стальной несущей конструкции, рассчитанной на нормативную нагрузку, с минимальным коэффициентом запаса прочности – 1,5, а полученные расчетные значения критической температуры для рассматриваемых конструкций не менее 700 °C, можно сделать вывод, о том, что использование известных результатов экспериментальных данных, по определению толщины огнезащитного слоя в зависимости от приведенной толщины металла защищаемой конструкции позволит обеспечить необходимую огнезащитную эффективность с существенным запасом.

5 Определение приведенной толщины металла, расчет площади и нормы расхода материала.

Для представления сложной геометрии трёхмерной конструкции в одном измерении необходимо использовать единый параметр для всех видов сечений - приведенную толщину металла конструкций, которая вычисляется по формуле:

$$\delta_{np} = \frac{S}{P} \cdot 10, \text{ где}$$

- δ_{np} - приведенная толщина металла, мм;
- S - площадь поперечного сечения конструкции, см², (определяется по сортаменту металла или расчетным путем);
- P - обогреваемый периметр конструкции, см.

Обогреваемый периметр конструкции определяется в каждом конкретном случае в зависимости от условий обогрева, вида конструкции и облицовки.

Несущими металлическими конструкциями являются: колонны из квадратной трубы 120x120x6 мм, балки перекрытия из швеллера 22П, 8П.

Приведенная толщина колонн 120x120x6 мм, обогреваемая с четырех сторон:

$$\delta_{np} = \frac{S}{P} \cdot 10 = \frac{26,433}{45,939} \cdot 10 = 5,754$$

Приведенная толщина швеллера 8П, обогреваемая с четырех сторон:

Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инд. № подл.	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ	Лист
										14

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{S}{\Pi} \times 10 = \frac{8,983}{30,242} \times 10 = 2,970$$

Приведенная толщина швеллера 22П, обогреваемая с четырех сторон:

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{S}{\Pi} \times 10 = \frac{26,709}{74,346} \times 10 = 3,592$$

Не несущими металлическими конструкциями являются: ригели распорные РР2 из трубы 60х60х4 мм, стойки СТ2 из трубы 60х60х4 мм, деталь из уголка 50х50х5 мм, лист 6мм, лист 10мм.

Приведенная толщина стоек СТ2 60х60х4 мм, обогреваемая с четырех сторон:

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{S}{\Pi} \times 10 = \frac{8,548}{22,626} \times 10 = 3,778$$

Приведенная толщина детали из уголка 50х50х5 мм, обогреваемая с четырех сторон:

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{S}{\Pi} \times 10 = \frac{4,801}{19,609} \times 10 = 2,448$$

В качестве тонкослойного вспучивающегося покрытия для обеспечения огнестойкости конструкций R45 техническим заданием предусмотрено применение огнезащитного состава СПЕКТР-А (ТУ 2316-005-16341424-2015).

Расчёт площадей огнезащитных покрытий и норм расхода огнезащитных материалов см. Приложение 1.

При подготовке поверхности и монтаже огнезащитных покрытий необходимо строго соблюдать требования Технологических регламентов по нанесению огнезащитных систем (Приложение 2).

При расчёте площади огнезащитного покрытия использованы данные чертежей части КМ и нормативно-техническая документация на металлопрокат.

При расчёте нормы расхода огнезащитного материала предусмотрены коэффициенты полезного использования (КПИ) при нанесении лакокрасочных материалов методом безвоздушного распыления без подогрева согласно Приложению 2 ВСН 447-84 «Нормативы расхода лакокрасочных и вспомогательных материалов при окраске стальных строительных конструкций на монтажной площадке» (применительно к огнезащитной обработке).

Минимально неизбежные потери 20% приняты на основании статистических данных, полученных в результате учёта сведений о фактическом расходе огнезащитных материалов при выполнении работ подрядными организациями.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист 15
			Изм.	К.уч.	Лист	№док	Подп.	Дата	

6 Технические требования к огнезащитному покрытию

Техническая документация на средства огнезащиты должна содержать информацию о технических показателях, характеризующих область их применения, пожарную опасность, способ подготовки поверхности, виды и марки грунтов, способ нанесения на защищаемую поверхность, условия сушки, огнезащитную эффективность этих средств, способ защиты от неблагоприятных климатических воздействий, условия и срок эксплуатации огнезащитных покрытий, а также меры безопасности при проведении огнезащитных работ.

Средства огнезащиты допускается применять из материалов с дополнительными покрытиями, обеспечивающими придание декоративного вида огнезащитному слою или его устойчивость к неблагоприятному климатическому воздействию. В этом случае огнезащитная эффективность должна указываться с учетом этого слоя.

7 Особенности подтверждения соответствия средств огнезащиты.

1. Подтверждение соответствия средств огнезащиты осуществляется в форме сертификации.

2. Для проведения сертификации заявитель представляет в аккредитованный орган по сертификации сопроводительные документы, в которых должны быть указаны основные показатели, область и способы применения средств огнезащиты.

3. Протоколы испытаний испытательных лабораторий должны содержать значения показателей характеризующих огнезащитную эффективность средств огнезащиты, в том числе различные варианты их применения, описанные в сопроводительных документах.

4. В сертификате в графе "Наименование", предусмотренной бланком сертификата, должны быть отражены следующие специальные характеристики средств огнезащиты:

- 1) наименования средств огнезащиты;
- 2) значение огнезащитной эффективности, установленное при испытаниях;
- 3) виды, марки, толщина слоев грунтовых, декоративных или атмосфероустойчивых покрытий, используемых в комбинации с данными средствами огнезащиты при сертификационных испытаниях;
- 4) толщина огнезащитного покрытия средств огнезащиты для установленной огнезащитной эффективности.

5. Маркировка средств огнезащиты, наносимая производителями на продукцию, может содержать только сведения, подтвержденные при сертификации.

6. Применяемые средства огнезащиты должны обеспечивать выполнение конструкциями их несущих функций при сейсмических воздействиях после температурного воздействия по стандартному температурному режиму по ГОСТ 30247.0 в течение времени, равного требуемому пределу огнестойкости защищаемой конструкции. Применяемые средства огнезащиты не должны снижать способность конструкций противостоять сейсмическим воздействиям. Не допускается применять для повышения огнестойкости конструктивные и иные

Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ	Лист
										16

средства огнезащиты, не прошедшие испытания на сейсмические воздействия по надежности крепления к конструкциям. В качестве подтверждения успешного прохождения огнезащитным составом испытаний на сейсмические воздействия по надежности крепления к конструкциям, производитель материала предоставляет Заключение (технический отчет, сертификат) аккредитованной в установленном порядке испытательной лаборатории.

Инв. № подл.	Взам. инв. № Подпись и дата						Лист 17					
Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ						

8 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

При разработке проекта учтены требования следующих нормативных документов:

1. Федеральный закон от 22.07.2008г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
3. НПБ 232-96 Порядок осуществления контроля за соблюдением требований нормативных документов на средства огнезащиты (разработка, применение и эксплуатация).
4. ГОСТ 30247.1-94 Методы испытания на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.
5. ГОСТ 30403-96 Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности.
6. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.
7. СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий.
8. СП.14.13330.2011 Строительства в сейсмических районах

При разработке использовалась следующая литература:

9. С.В. Собурь «Пожарная безопасность предприятия», М., Спецтехника, 2001 г., с. 88.
10. А.И. Яковлев «Расчет огнестойкости строительных конструкций», М., Стройиздат, 1988 г., с.9, с. 96.
11. «Инструкция по расчету фактических пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой» ФГУ ВВНИИПО МЧС России.
12. Романенков И.Г., Зигерн-Корн В.Н. «Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов», М., Стройиздат, 1984 г., с.194.
13. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Рудзинский В.П. «Математическое моделирование работы и определение комплекса характеристик вспучивающейся огнезащиты», «Пожарная безопасность», № 3, 1997 г., с 21-30.
14. С.В. Собурь «Огнезащита строительных материалов и конструкций». Справочник, М., Спецтехника, 2001 г., с. 78.
15. В.Л. Страхов, А.И. Крутов, Н.Ф. Давыдкин «Огнезащита строительных конструкций», ТМР, М.2000 г., с. 366
16. ЦНИИСК, Научно-технический отчет «Разработать концепцию создания и технологию производства структурированных покрытий для огне-теплозащиты несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений, в том числе для инфраструктуры соответствующей городской старинной застройки без изменения конфигурации конструктивных элементов», М., 2000 г.
17. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Рудзинский В.П. Расчет нестационарного прогрева многослойных огнезащитных конструкций. «Вопросы оборонной техники». Сер. 15

Взам. инв. №							
	Подпись и дата						
Инв. № подл.							
Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ	Лист 18

Расчёт обрабатываемой площади, толщины покрытия и нормы расхода огнезащитного состава СПЕКТР-А (ТУ 2316-005-16341424-2015) при выполнении работ по огнезащите металлических конструкций объекта

Объект: Таманский терминал навалочных грузов. КРУ ТП-25

Проект: ПС-70/2-10-С2.1.5-КМ2/ОГЗ

Степень огнестойкости: III

Огнезащитные материалы: огнезащитное покрытие Спектр-А

Прокат	Масса, т	S 1 т, м2	ПТМ, мм	R, мин	S покрытия, м2	Спектр-А		
						Толщина, мм	Расход теор., кг/м2	Расход теор., кг
Колонны								
Двутавр 30К1	3,51	21,43	6,2	R45	75,22	0,48	0,72	54,16
Труба 120х120х4	0,29	33,81	3,8	R45	9,80	0,74	1,11	10,88
Уголок 50х50х5	0,03	51,86	2,4	R45	1,56	0,98	1,47	2,29
Уголок 63х63х5	0,03	52,71	2,4	R45	1,58	0,98	1,47	2,32
Уголок 140х140х10	0,09	25,77	4,9	R45	2,32	0,59	0,89	2,06
Прокат листовой t6	0,03	42,63	3,0	R45	1,28	0,86	1,29	1,65
Прокат листовой t8	0,12	31,89	4,0	R45	3,83	0,70	1,05	4,02
Прокат листовой t10	0,17	25,30	5,0	R45	4,30	0,58	0,87	3,74
Прокат листовой t12	0,47	21,33	6,0	R45	10,03	0,50	0,75	7,52
Прокат листовой t20	0,07	13,13	10,0	R45	0,92	0,30	0,45	0,41
Связи, распорки								
Труба 120х120х4	0,07	33,81	3,8	R45	2,37	0,74	1,11	2,63
Труба 102х5	0,34	26,29	4,8	R45	8,94	0,60	0,90	8,05
Прокат листовой t8	0,02	31,89	4,0	R45	0,64	0,70	1,05	0,67
Элементы фахверка								
Швеллер 80х50х4	0,1	72,00	2,6	R45	7,20	0,94	1,41	10,15
Труба 100х100х5	2,34	27,80	4,6	R45	65,06	0,63	0,93	60,51
Уголок 63х63х5	0,28	52,71	2,4	R45	14,76	0,98	1,47	21,70
Прокат листовой t6	0,03	42,63	3,0	R45	1,28	0,86	1,29	1,65
Прокат листовой t8	0,04	31,89	4,0	R45	1,28	0,70	1,05	1,34
Прокат листовой t10	0,13	25,30	5,0	R45	3,29	0,58	0,87	2,86
Ригели								
Двутавр 14Б1	0,7	54,50	2,8	R45	38,15	0,9	1,35	51,50
Двутавр 20Б1	1,1	39,49	3,9	R45	43,43	0,72	1,08	46,91
Двутавр 25Б1	1	36,00	3,8	R45	36,00	0,74	1,11	39,96
Двутавр 30Б1	0,6	35,24	4,0	R45	21,14	0,7	1,05	22,20
Двутавр 30Б2	1,5	33,38	4,5	R45	50,07	0,64	0,96	48,07
Двутавр 35Б2	1	34,47	5,2	R45	34,47	0,58	0,87	29,99
Труба 140х100х5	0,22	27,55	5,9	R45	6,06	0,5	0,75	4,55
Уголок 63х63х5	0,01	52,71	3,2	R45	0,53	0,84	1,26	0,66
Уголок 100х100х8	0,066	49,14	5,2	R45	3,24	0,58	0,87	2,82
Уголок 140х140х10	0,039	25,77	6,5	R45	1,01	0,46	0,69	0,69
Прокат листовой t4	0,003	63,57	2,0	R45	0,19	1,08	1,62	0,31
Прокат листовой t6	0,06	42,63	3,0	R45	2,56	0,86	1,29	3,30
Прокат листовой t8	0,29	31,89	4,0	R45	9,25	0,70	1,05	9,71
Прокат листовой t10	0,07	25,30	5,0	R45	1,77	0,58	0,87	1,54
Прокат листовой t12	0,19	21,33	6,0	R45	4,05	0,50	0,75	3,04
Прокат листовой t20	0,01	13,13	10,0	R45	0,13	0,30	0,45	0,06
Прогоны								
Швеллер 16П	0,54	41,05	3,6	R45	22,17	0,76	1,14	25,27
Прокат листовой t4	0,004	63,57	2,0	R45	0,25	1,08	1,62	0,41
СВОДНАЯ ТАБЛИЦА								
Общая площадь огнезащитного покрытия R45, м2								490,11
Теоретически необходимое количество огнезащитного состава Спектр-А, кг								489,60
Количество огнезащитного состава Спектр-А с учётом минимально потерь 20%, кг								587,52

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Технологический регламент по нанесению
огнезащитного состава СПЕКТР-А (ТУ 2316-005-
16341424-2015).

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист 19
			Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	

ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

Протокол №552/ТР Сертификационных испытаний
«Огнезащитный состав «СПЕКТР-А» выпускаемый по
ТУ 2316-005-16341424-2015 для металлических
конструкций Код ОКП 23 1600 огнезащитная
эффективность 45 минут.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист	
										31
			Изм.	К.уч.	Лист	№док	Подп.	Дата		

ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.

Сертификат соответствия (обязательная
сертификация) огнезащитного состава СПЕКТР-А (ТУ
2316-005-16341424-2015).

Инв. № подл.	Подпись и дата					Взам. инв. №	
Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ	Лист
							44

ПРИЛОЖЕНИЕ 5.

Сертификат соответствия требованиям к
сейсмостойкости огнезащитного состава СПЕКТР-А
(ТУ 2316-005-16341424-2015).

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист 47
			Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	

ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ

ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

Свидетельство СРО о допуске
разработчика к определенному виду или
видам работ, которые оказывают влияние
на безопасность объектов капитального
строительства.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист 49
			Изм.	К.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	

ПС-70/2-10-С1.1.22.2-КМ/ОГЗ