



С.В. Шоком

СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

с примерами и разъяснениями

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

ЖИЛЫЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ

в сейсмических районах

и районах без вечномерзлых грунтов

ЧАСТЬ 15

РАСЧЕТ ОГНЕСТОЙКОСТИ
КОНСТРУКЦИЙ

ISBN 978-5-6054301-7-9

© С.В. Шоком, 2026

Москва

Издатель С.В. Шоком

2026

УДК 624.012

ББК 38.53

Ш 78

Шоком Святослав Вячеславович.

- Ш 78** Справочник конструктора с примерами и разъяснениями. Расчет и конструирование монолитных железобетонных несущих систем. Жилые и административные здания в сейсмических районах и районах без вечномёрзлых грунтов: [в 15 частях] : справочник / С.В. Шоком – Москва: Издатель С.В. Шоком, 2026. – URL: <https://дом-жбк.рф/Части-справочника/>. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-0-1

Ч.15.: Расчет огнестойкости конструкций. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-7-9 (ч.15)

Справочник содержит материалы для проектирования железобетонных монолитных зданий. Справочник систематизирует опыт конструирования и расчетов. Систематизация произведена путем сведения в справочные таблицы и пошаговые инструкции. Справочник написан при использовании нормативных документов России.

Минимальные системные требования для воспроизведения электронного издания: Процессор с тактовой частотой 1.5ГГц и выше, Windows XP/Vista/7/8/8.1/10/11, 1 ГБ ОЗУ, 500Мб свободного пространства на жестком диске; программа для чтения файлов формата PDF.

Справочное электронное издание**© С.В. Шоком, 2026**

Издание публикуется в авторской редакции

Техническая обработка и подготовка материалов С.В. Шокота

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Дата размещения первой редакции на сайте: 18.05.2025.

Издатель С.В. Шокот.

E-mail: 12345slava54321@mail.ru; <https://дом-ждк.рф/>.

Справочник конструктора с примерами и разъяснениями. Расчет и конструирование монолитных железобетонных несущих систем. Жилые и административные здания в сейсмических районах и районах без вечномёрзлых грунтов: [в 15 частях] : справочник / С.В. Шокот – Москва: Издатель С.В. Шокот, 2026.
– URL: <https://дом-жбк.рф/Части-справочника/>. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-0-1

Дата выпуска первой редакции: 18.05.2025.

Ч.1.: Компонировка конструктивной системы. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-1-8 (ч.1)

Ч.2.: Построение геометрии расчетной модели и назначение жесткостей элементов. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-2-5 (ч.2)

Ч.3.: Сбор и приложение нагрузок. Р_{су} и Р_{сн}. учет этапности возведения. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-3-2 (ч.3)

Ч.4.: Назначение параметров для подбора сечений. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-4-9 (ч.4)

Ч.5.: Основание здания. Плитный фундамент. Свайный фундамент. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-5-6 (ч.5)

Ч.6.: Расчеты и проверки конструкций на начальном этапе. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-6-3 (ч.6)

Ч.7.: Детальный расчет и конструирование плит. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-7-0 (ч.7)

Ч.8.: Детальный расчет и конструирование колонн и пилонов. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-8-7 (ч.8)

Ч.9.: Детальный расчет и конструирование стен. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-9-4 (ч.9)

Ч.10.: Детальный расчет и конструирование фундаментных плит и ростверков. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-0-0 (ч.10)

Ч.11.: Детальный расчет и конструирование свай. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-1-7 (ч.11)

Ч.12.: Детальный расчет и конструирование лестниц и лестничных площадок. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-2-4 (ч.12)

Ч.13.: Расчет конструкций с учетом нелинейности. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-3-1 (ч.13)

Ч.14.: Расчет конструкций на прогрессирующее обрушение. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-6-2 (ч.14)

Ч.15.: Расчет огнестойкости конструкций. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-7-9 (ч.15)



Содержание

	Стр.
Термины и определения	6
1. Суть и необходимость расчета огнестойкости	7
2. Требования норм по пределам огнестойкости конструкций	8
3. Нагрузки. РСН.	11
4. Характеристики материалов	12
5. Расчет R плит перекрытия и покрытия	17
5.1. Рекомендации по выбору забаритов плит и балок	17
5.2. Методика расчета	18
6. Расчет R вертикальных несущих конструкций	33
6.1. Рекомендации по выбору забаритов вертикальных несущих конструкций	33
6.2. Методика расчета	34
7. Методика расчета E	39
8. Методика расчета I	40
9. Методика расчета температурного поля	41
Библиография	44
Приложение А. Температурные поля плит и стен	47
Приложение Б. Температурные поля колонн	50
Приложение В. Температурные поля балок	60

Термины и определения:

Рекомендуемое значение автором (р.з.А.) – не обязательное к выполнению значение. Данное значение получено исходя из массового проектирования аналогичных объектов и обобщения многочисленных требований норм в запас надежности.

Рекомендуемое значение нормами (р.з.Н.) – не обязательное к выполнению значение по нормам.

Минимальное/максимальное значение (формулировки не менее/не более) – обязательное к выполнению значение.

Проверка «вручную» – термин, означающий, что необходимо взять усилия из программного комплекса и проверить сечение сателлитом.

Сателлит – это подпрограмма, которая автоматически проверяет сечение по усилиям, взятым из программы.

1. Суть и необходимость расчета огнестойкости

При пожаре в здании не должно произойти обрушения конструкций на **время**, за которое люди смогут безопасно эвакуироваться. Огнестойкость конструкций должна обеспечивать параметры **REI** на обозначенное в нормах **время**. Данное время необходимо запросить у разработчиков раздела «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности (МОПБ)».

Расшифровка REI (15–240):

R – предел огнестойкости по потере несущей способности.

Обрушение или недопустимый прогиб в зависимости от типа конструкций;

E – предел огнестойкости по потере целостности.

Образование в конструкции сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя.

I – предел огнестойкости по потере теплоизолирующей способности.

Повышение средней температуры на необогреваемой поверхности до **160 °C** или в любой другой точке этой поверхности до **180 °C** по сравнению с температурой конструкции до нагрева, или прогрев до **220 °C** независимо от температуры конструкции до огневого воздействия.

15–240 – минимальное время в минутах, на которое требуется обеспечить огнестойкость.

Справочная таблица 1. Регламент необходимости расчета

Стержневые конструкции (колонны, балки, фермы, прогоны, рамы, арки, связевые конструкции)	Для несущих конструкций стен, плит перекрытий, настилов	Для наружных несущих стен и плит покрытия	Для наружных ненесущих стен	Для ненесущих внутренних стен и перегородок регламентируются два предела огнестойкости
R	REI	R E	E	EI

Все ли здания рассчитывают на огнестойкость? Зависит ли расчет от уровня ответственности?

Все здания КС–2 и КС–3 рассчитывают на огнестойкость. Чем ответственнее, чем больше в нем находится людей, чем оно выше, тем больше будут по **REI**.

Огнесохранность

Есть еще понятие огнесохранности при котором строительная конструкция сохраняет после пожара несущие и (или) ограждающие функции **без ее усиления**. Все конструкции, которые автор лично видел после пожара с длительность не менее половины от нормативной всегда подлежали усилению! Чтобы достичь такого состояния нужно не допускать прогрев несущей части свыше 100...200 градусов. При пожаре нагрев составляет 800...1200 °C. Так что решить задачу огнесохранности можно путем установки защитных покрытий из минваты/кирпича/гипсокартона и т.п.

Указания в нормах (п. 12.4 СП468) о том, что для огнесохранности нужно не перегреть арматуру более 400 °C (т.е. бетон должен нагреться около 600 градусов) являются не всегда соответствующим реальностью.

2. Требования норм по пределам огнестойкости конструкций

Вопрос огнестойкости связан с разработкой раздела «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» совместно с разделом «Архитектурные решения» и получения информации–задания на обеспечение огнестойкости. Первично требуемую степень огнестойкости для некоторых зданий можно определить по таблицам СП 2 (далее приводятся лишь некоторые данные для общего понимания вопроса). После этого нужно перейти к ФЗ 123 и по требуемой степени огнестойкости определить требуемое время обеспечения огнестойкости REI (15–240). Если здание высотное класса КС–3, то нужно пользоваться требованиями СП 267.

Справочная таблица 2. Жилые здания. Таблица 6.8. СП2.

Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Допустимая высота здания, м	Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м ²
Предъявляются требования по отдельным нормативам (см. справочную таблицу 14)		Выше 75	
I	С0	75	2500
II	С0	50	2500
	С1	28	2200
III	С0	28	1800
	С1	15	1800
IV	С0	5	1000
		3	1400
	С1	5	800
		3	1200
	С2	5	500
		3	900
V	Не норм.	5	500
		3	800

Справочная таблица 3. Административно-бытовые здания. Таблица 6.9. СП2.

Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности	Допустимая высота здания, м	Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м², при числе надземных этажей (без учета верхнего технического этажа)					
			1	2	3	4, 5	6 – 9	10 – 16
Для зданий выше 50м предъявляются требования по СП 267. (см. справочную таблицу 14)								
I	C0	50	6000	5000	5000	5000	5000	2500
II	C0	50	6000	4000	4000	4000	4000	2200
II	C1	28	5000	3000	3000	2000	1200	–
III	C0	15	3000	2000	2000	1200	–	–
III	C1	12	2000	1400	1200	800	–	–
IV	C0	9	2000	1400	–	–	–	–
IV	C1	6	2000	1400	–	–	–	–
IV	C2, C3	6	1200	800	–	–	–	–
V	C1 – C3	6	1200	800	–	–	–	–
Примечания								
1 Прочерк в таблице означает, что здание данной степени огнестойкости не может иметь указанное число этажей								

Справочная таблица 4. Подземные стоянки автомобилей. Таблица 6.6. СП2.

Степень огнестойкости здания (сооружения)	Класс конструктивной пожарной опасности здания (сооружения)	Допустимое количество этажей	Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м
I	C0	5	3000
II	C0	3	3000

Справочная таблица 5. Таблица 21. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков	Предел огнестойкости строительных конструкций						
	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы	Наружные ненесущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Строительные конструкции бесчердачных покрытий		Строительные конструкции лестничных клеток	
				настилы (в том числе с утеплителем)	фермы, балки, прогоны	внутренние стены	марши и площадки лестниц
Для административных зданий выше 50м и для жилых выше 75м требования регламентируются по СП 267. (см. справочную таблицу 14)							
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

Справочная таблица 6. Таблица 9.1. СП 267.

Высота здания, м	Предел огнестойкости строительных конструкций		
	Основные несущие конструкции здания (несущие стены, колонны и другие несущие элементы)	Противопожарные стены и перекрытия для деления здания на пожарные отсеки	Шахты лифтов и стены лестничных клеток
До 100	R 150	REI 150	REI 150
От 100 до 150	R 180	REI 180	REI 180
150 и выше	R 240	REI 240	REI 240

3. Нагрузки. РСН.

Суть задания нагрузок для расчета на огнестойкость заключается в приведении расчетных нагрузок, ранее заданных в программе, к **нормативным длительным** (суть такая же как и при расчете на прогрессирующее обрушение).

РСУ не имеет смысла использовать, поскольку отсутствуют ветровые нагрузки. При отсутствии ветровых нагрузок отсутствует большое количество комбинаций нагрузок и все сводится к нескольким РСН.

Класс сооружений	Уровень ответственности	Минимальные значения коэффициента надежности по ответственности γ_n для расчета на особые воздействия по СП 468 (кроме 2 ГПС)
КС-3	Повышенный (Только для зданий высотой более 250 м и большепролетных сооружений (без промежуточных опор) с пролетом более 120 м)	р.з.А. 1,2
КС-3	Повышенный	р.з.А. 1,1
КС-2	Нормальный	р.з.А. 1,0
КС-1	Пониженный	р.з.А. 0,8

Для здания справочника КС-3 используется коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1,1$

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН: Имя таблицы РСН:

Коэф. надежности по ответственности: для I-го ПС: для II-го ПС: для аварийных сочетаний:

☐ Динамика по модулю ☐ Определяющие РСН

В расчетной схеме заданы: ☒ расчетные нагрузки ☐ нормативные нагрузки

☐ Не учитывать сейсмику для II-го ПС ☒ Не учитывать особое нагруж. для II-го ПС

N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперен.	Взаимоискл.	Коэф. надежн.	Доля длителн.	1.РСН1	2.РСН2
1	Собственный вес железобет.	Постоянное (P)	+		1.1	1.0	0.909	0.909
2	Пол	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77
3	Кровля	Постоянное (P)	+		1.28	1.0	0.781	0.781
4	Перегородки	Постоянное (P)	+		1.25	1.0	0.8	0.8
5	Отделка	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77
6	Фасад	Постоянное (P)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
7	Полезная (основная площадь)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.27
8	Полезная (коридоры)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.292	0.292
9	Полезная (кровля)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.3	0.35	0.27	0.
10	Полезная (кладовые)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
11	Оборудование	Длит. доминир. 1 (Pl1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833
12	Давление грунта(грунт)	Постоянное (P)	+		1.15	1.0	0.87	0.87
13	Двление грунта(техника)	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.2	0.35	0.833	0.833
14	Давление грунта(пожарная)	Особое (Ps)	+		1.2	0.0	0.	0.
15	Давление воды	Постоянное (P)	+		1.0	1.0	1.	1.
16	Снег вариант 1	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.357
17	Снег вариант 2	Кратк. доминир. 1 (Pt1)	+		1.4	0.5	0.	0.
18	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.
19	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.
20	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.
21	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.

Основное сочетание:
$$P^d + \psi_{11} \cdot P_{11}^d + \sum_{i=2}^n \psi_{1i} \cdot P_{1i}^d + \psi_{t1} \cdot P_{t1}^d + \psi_{t2} \cdot P_{t2}^d + \sum_{j=3}^n \psi_{tj} \cdot P_{tj}^d$$

Особое сочетание:

4. Характеристики материалов

Бетон

Для расчетов используются нормативные сопротивления R_{bn} и R_{btn} , умноженные на коэффициент γ_{bt} . Модуль упругости E_b корректируют коэффициентом β_b .

Справочная таблица 10. Нормативные сопротивления бетона R_{bn} , R_{btn} .

(фрагмент таблицы 6.8 СП 63.)

Вид сопротивления	Бетон	Нормативные сопротивления бетона R_{bn} , R_{btn} , МПа, для предельных состояний первой группы при классе бетона по прочности на сжатие															
		B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100
Сжатие осевое (призменная прочность) R_{bn}	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	7,5	9,5	11	15	18,5	22	25,5	29	32	36	39,5	43	50	57	64	71
Растяжение осевое R_{btn}	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	0,85	1,00	1,10	1,35	1,55	1,75	1,95	2,10	2,25	2,45	2,60	2,75	3,00	3,30	3,60	3,80

Примечания
 1 Для мелкозернистого бетона на песке с модулем крупности 2,0 и менее, а также для легкого бетона на мелком пористом заполнителе значения сопротивлений R_{btn} следует принимать с умножением на коэффициент 0,8.
 2 Для напрягающего бетона значения R_{btn} следует принимать с умножением на коэффициент 1,2.
 3 Для тяжелых бетонов классов В70–В100 значения сопротивления осевому сжатию R_{bn} и осевому растяжению R_{btn} приняты с учетом дополнительного понижающего коэффициента $\gamma_{b,br}$, учитывающего увеличение хрупкости высокопрочных бетонов в связи с уменьшением деформаций ползучести и равного $\gamma_{b,br} = \frac{360-B}{300}$, где В – класс бетона по прочности на сжатие.

Справочная таблица 11. Значения начального модуля упругости бетона E_b

(фрагмент таблицы 6.11 СП 63.)

Бетон	Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении E_b , МПа·10 ⁻³ , при классе бетона по прочности сжатия															
	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100
Тяжелый	19,0	21,5	24,0	27,5	30,0	32,5	34,5	36,0	37,0	38,0	39,0	39,5	41,0	42,0	42,5	43
Мелкозернистый группы А – естественного твердения	15,5	17,5	19,5	22,0	24,0	26,0	27,5	28,5	–	–	–	–	–	–	–	–

Справочная таблица 12. Коэффициенты γ_{bt} и β_b
(Фрагмент таблицы 5.1. СП 468)

Вид бетона	Коэффициент	Значение коэффициентов γ_{bt} и β_b для бетона при температуре, °C							
		20	200	300	400	500	600	700	800
Тяжелый, на силикатном заполнителе 	γ_{bt} (к R_{bn} и R_{btn})	1,0	0,98	0,95	0,85	0,80	0,60	0,20	0
	β_b (к E_b)	1,0	0,70	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0
Тяжелый, на карбонатном заполнителе 	γ_{bt} (к R_{bn} и R_{btn})	1,0	1,0	0,95	0,90	0,85	0,65	0,30	0,15
	β_b (к E_b)	1,0	0,75	0,55	0,45	0,35	0,25	0,15	0,10
Высокопрочный бетон классов B60-B100 на шлакопортланд-цементе и гранитном заполнителе, с добавкой микрокремнезема 6-13%	γ_{bt} (к R_{bn} и R_{btn})	1,0	-	-	-	-	-	-	-
Знак "тире" в таблице означает необходимость выполнения экспериментальных исследований для определения коэффициентов классов B60 и выше . От автора: при проектировании стараются ограничиваться классом B55 .									

В расчетах по методам СП 468, часто используют понятие **критической температуры**. Это такая температура, при которой структура бетона повреждена, прочностные характеристики значительно снижены. Все что прогрелось выше критической температуры отсекается из работы сечения. За **критическую температуру** нагрева тяжелого бетона на силикатном заполнителе принимают **500°C**, на карбонатном заполнителе – **600°C**. (п 8.7 СП468).

Какой заполнитель принимать для расчета? Силикатный или карбонатный?

Заполнитель зависит от того класса и марок бетона, которые требуется получить. Для классов бетона до **B30** обычно используется бетон на карбонатном заполнителе, поскольку он дешевле. В расчете лучше всегда принимать силикатный заполнитель, поскольку он имеет меньшую устойчивость к пожару, что видно по коэффициенту γ_{bt} .

Справочная таблица 13. Ориентировочные показатели класса и марок тяжелого бетона.

На гравийном заполнителе			На гранитном заполнителе		
Класс В	Марка F	Марка W	Класс В	Марка F	Марка W
В 7.5	F50	W2	В 7.5	F50	W4
В 10	F50	W2	В 10	F75	W4
В 12.5	F75	W4	В 12.5	F75	W4
В 15	F100	W4	В 15	F100	W4
В 20	F150	W4	В 20	F150	W4
В 22.5	F150	W6	В 22.5	F150	W6
В 25	F150-200	W8	В 25	F150-200	W8
В 30	F200	W8	В 30	F200	W10
			В 35	F200	W12
			В 40	F300	W12
			В 45	F300	W14
			В 50	F300	W18
			В 55	F350	W18
Выше В55 Требуется испытаний на огнестойкость (п.5.8. СП 468)					
			В 60	Не менее F400	Не менее W18

Арматура

Для расчетов используются нормативные сопротивления $R_{s,n}$, $R_{sc,n}$, умноженные на коэффициент γ_{st} . Модуль упругости E_b корректируют коэффициентом β_s .

Справочная таблица 14. Коэффициенты γ_{st} и β_s
(Фрагмент таблицы 5.6. СП 468)

Класс арматуры	Коэффициент	Значение коэффициентов γ_{st} , β_s при нагреве арматуры до температуры, °C							
		20	200	300	400	500	600	700	800
A240, A300, A400, A500	γ_{st}	1,0	1,0	1,0	0,85	0,60	0,37	0,22	0,10
	β_s	1,0	0,92	0,90	0,85	0,80	0,77	0,72	0,65
A600, A800, A1000	γ_{st}	1,0	1,0	0,96	0,80	0,55	0,30	0,12	0,08
	β_s	1,0	0,90	0,85	0,80	0,76	0,70	0,66	0,61
Проволочная B500, Bp1200, Bp1300, Bp1400, Bp1500 и канатная K1400, K1500	γ_{st}	1,0	1,0	0,90	0,65	0,35	0,15	0,05	0,02
	β_s	1,0	0,94	0,86	0,77	0,64	0,55	0,45	0,35
* A500С марки 25Г2С горячекатаная ГОСТ Р 52544-2006 и ГОСТ 34028-2016	γ_{st}	1,0	1,0	1,0	0,92	0,87	0,76	0,39	0,18
	β_s	1,0	1,0	1,0	0,99	0,94	0,93	0,77	0,60
* A600С марки 18Г2СФ термомеханически упрочненная	γ_{st}	1,0	0,92	0,84	0,76	0,82	0,69	0,42	0,13
	β_s	1,0	0,99	0,99	0,91	0,91	0,83	0,72	0,65
* A500С марки СтЗГпс термомеханически упрочненная ГОСТ 34028-2016	γ_{st}	1,0	0,97	0,94	0,87	0,85	0,72	0,43	0,17
	β_s	1,0	1,0	1,0	0,98	0,93	0,88	0,82	0,67
* B500С марки СтЗГпс ГОСТ Р 52544-2006 холоднодеформированная, стержневая, диаметром не менее 12 мм	γ_{st}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,81	0,33	0,18
	β_s	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,97	0,91	0,63
A 550С по ГОСТ Р 72221-2025 испытаний на 2026 год не проводилось, рекомендовано временно принимать значения как для A500	γ_{st}	1,0	1,0	1,0	0,85	0,60	0,37	0,22	0,10
	β_s	1,0	0,92	0,90	0,85	0,80	0,77	0,72	0,65

Справочная таблица 15. Нормативные сопротивления арматуры.

(Фрагмент таблицы 6.13 СП 63)

Класс арматуры	Нормативные значения сопротивления растяжению $R_{s,n}$, МПа		Нормативные значения сопротивления сжатию $R_{sc,n}$, МПа Данных значений нет в СП 63, поэтому приняты по рекомендациям автора	
	Кратковременное	Длительное	Кратковременное	Длительное
A240	240	240	240	240
A300 (из СП 63 исключен)	300	300	300	300
A400	390	390	390	390
A500	500	500	400	435
B500	500	500	380	415

5. Расчет R плит перекрытия и покрытия

5.1. Рекомендации по выбору габаритов плит и балок

Габариты предварительно назначают исходя из таблиц ниже. Однако стоит помнить, что требования к габаритам сечений относятся к статически определимым конструкциям (монолитные конструкции не являются такими), поэтому данные требования могут быть проигнорированы. В любом случае потребуется выполнить дополнительный расчет (описан далее)

Справочная таблица 7. Требования к балкам. Фрагмент таблицы 14.3 СП 468.

Предел огнестойкости, мин	Ширина балки b и расстояние a до оси арматуры	Минимальное значение параметра балки из тяжелого бетона, мм			
		b	a	b	a
R30	b	80	120	160	200
	a	25	15	10	10
R60	b	120	160	200	300
	a	40	35	30	25
R90	b	150	200	280	400
	a	55	45	40	35
R120	b	200	240	300	500
	a	65	55	50	45
R150	b	240	300	400	600
	a	80	70	65	60
R 180	b	280	350	500	700
	a	90	80	75	70

Справочная таблица 8. Требования к плитам. Фрагмент таблицы 14.5 СП 468.

Вид бетона, параметры плиты и вид опирания		Толщина t плиты и расстояние a до оси арматуры	Минимальное значение параметра плиты, мм, при пределе огнестойкости, мин						
			REI 15	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 150	REI 180
Тяжелый	Толщина плиты	t	30	50	80	100	120	140	155
	Опирание по двум сторонам или по контуру при $\frac{l_y}{l_x} \geq 1,5$	a	10	15	25	35	45	60	70
	Опирание по контуру $\frac{l_y}{l_x} < 1,5$	a	10	10	10	15	20	30	40

5.2. Методика расчета

Расчет огнестойкости в ЛИРЧ-САПР и прочие программы заложен неполностью. Полностью реализовать все особенности СП 468 пока не удалось. Поэтому часть расчетов остаются ручными.

Продольное армирование плит

Продольное армирование плиты перекрытия в 2026 году до сих пор считают вручную. Используется метод предельного равновесия. Учитываются только изгибающие моменты. Крутящие моменты и продольные усилия, согласно методики СП 468, не учитываются.

Вариант образования пластических шарниров №1 (трехшарнирная)

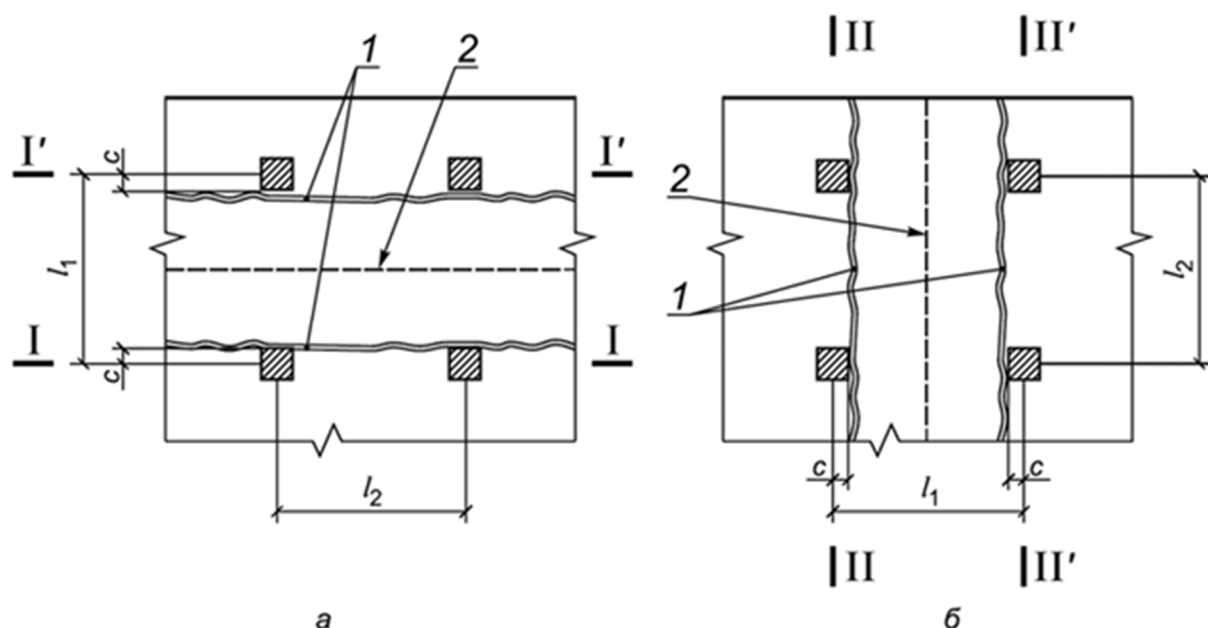


Рисунок 8.12. СП 468

а - с образованием параллельных краю плиты пластических шарниров;
 б - с образованием перпендикулярных краю пластических шарниров; 1 - линейный пластический шарнир около колонн с раскрытием трещины сверху плит; 2 - линейный пластический шарнир в середине пролета с раскрытием трещины снизу плиты

$$\frac{ql_2(l_1 - 2c)^2}{8} \leq 0,5R_{s,n}A_{sI}z_I + R_{s,n}\gamma_{st1}A_{s1}z_1 + 0,5R_{s,n}A'_{sI}z'_I$$

l_1, l_2 - расстояния между рядами колонн в перпендикулярном направлении и вдоль рассматриваемой полосы;

c - расстояние от крайних пластических шарниров до ближайших к ним рядов колонн.

Расположение	Площадь арматуры в растянутой зоне	Плечи внутренней пары сил	Рабочая высота сечения	Высота сжатой зоны
Левая опора	A_{sI}	$z_I = h_{0t} - 0,5x_{I,t}$	$h_{0t} = h_{0,опора} - a_t$	$x_{I,t} = \frac{R_{s,n} A_{sI}}{R_{bn} l_2}$
Правая опора	A'_{sI}	$z'_I = h_{0t} - 0,5x'_{I,t}$	$h_{0t} = h_{0,опора} - a_t$	$x'_{I,t} = \frac{R_{s,n} A'_{sI}}{R_{bn} l_2}$
Пролет	A_{s1}	$z_1 = h_0 - 0,5x_{1,t}$	$h_{0,пролет}$	$x_{1,t} = \frac{R_{s,n} \gamma_{st1} A_{s1}}{R_{bn} l_2}$

a_t – глубина прогрева до критической температуры (как определять данную величину для плит показано ниже);

$R_{s,n}$ – нормативное сопротивление арматуры растяжению;

γ_{st} – температурный коэффициент к армированию (см. таблицу выше);

q – эквивалентная равномерно-распределенная нагрузка ((как определять данную величину для плит показано ниже).

Вариант образования пластических шарниров №2 (конверт)

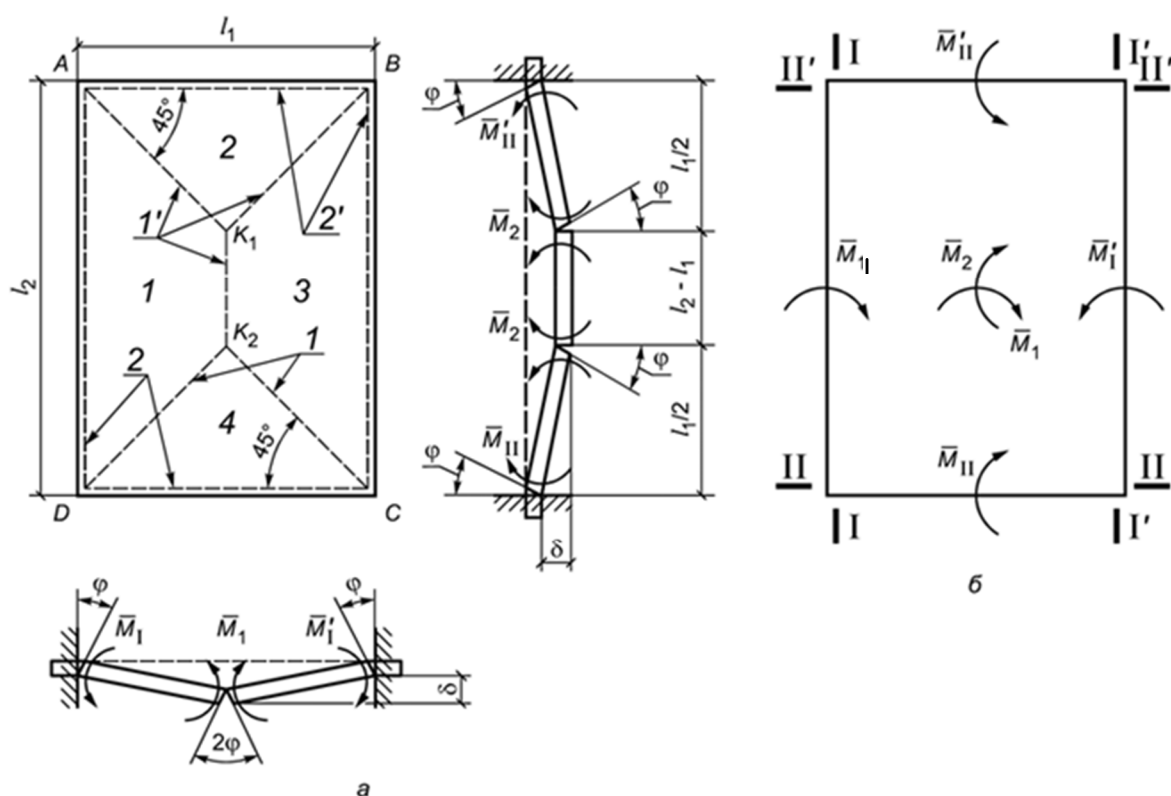


Рисунок 8.13 СП 468

a – схема излома плиты; δ – направления действия предельных моментов; 1-4 – номера звеньев; 1', 2' – шарниры соответственно пролетные и опорные

$$\frac{ql_1^2}{12}(3l_2-l_1) \leq 2\bar{M}_1 + 2\bar{M}_2 + \bar{M}_1 + \bar{M}'_1 + \bar{M}_{II} + \bar{M}'_{II}$$

l_1, l_2 – меньший и больший пролеты плиты;

Расположение	Момент	Площадь арматуры в растянутой зоне	Плечи внутренней пары сил	Рабочая высота сечения	Высота сжатой зоны
Пролет	$\bar{M}_1 = A_{s1} R_{s,n} \gamma_{st1} z_1$	A_{s1}	$z_1 = h_0 - 0,5x_{1,t}$	$h_{0, \text{пролет}}$	$x_{1,t} = \frac{R_{s,n} \gamma_{st1} A_{s1}}{R_{bn} l_2}$
	$\bar{M}_2 = A_{s2} R_{s,n} \gamma_{st2} z_2$	A_{s2}	$z_2 = h_0 - 0,5x_{2,t}$	$h_{0, \text{пролет}}$	$x_{2,t} = \frac{R_{s,n} \gamma_{st2} A_{s2}}{R_{bn} l_2}$
Опора	$\bar{M}_I = A_{sI} R_{s,nI} z_I$	A_{sI}	$z_I = h_{0t} - 0,5x_{I,t}$	$h_{0t, \text{опора}} = h_0 - a_t$	$x_{I,t} = \frac{R_{s,n} A_{sI}}{R_{bn} l_2}$
	$\bar{M}_{II} = A_{sII} R_{s,nII} z_{II}$	A_{sII}	$z_{II} = h_{0t} - 0,5x_{II,t}$	$h_{0t, \text{опора}} = h_0 - a_t$	$x_{II,t} = \frac{R_{s,n} A_{sII}}{R_{bn} l_2}$
	$\bar{M}'_I = A'_{sI} R_{s,nI} z_I$	A'_{sI}	$z'_I = h_{0t} - 0,5x'_{I,t}$	$h_{0t, \text{опора}} = h_0 - a_t$	$x'_{I,t} = \frac{R_{s,n} A'_{sI}}{R_{bn} l_2}$
	$\bar{M}'_{II} = A'_{sII} R_{s,nII} z_{II}$	A'_{sII}	$z'_{II} = h_{0t} - 0,5x'_{II,t}$	$h_{0t, \text{опора}} = h_0 - a_t$	$x'_{II,t} = \frac{R_{s,n} A'_{sII}}{R_{bn} l_2}$

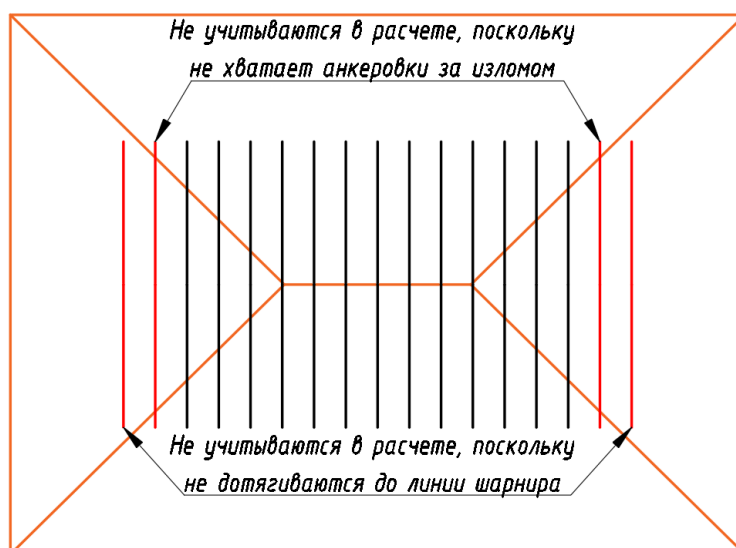
a_t – глубина прогрева до критической температуры (как определять данную величину для плит показано ниже);

$R_{s,n}$ – нормативное сопротивление арматуры растяжению;

γ_{st} – температурный коэффициент к армированию (см. таблицу выше);

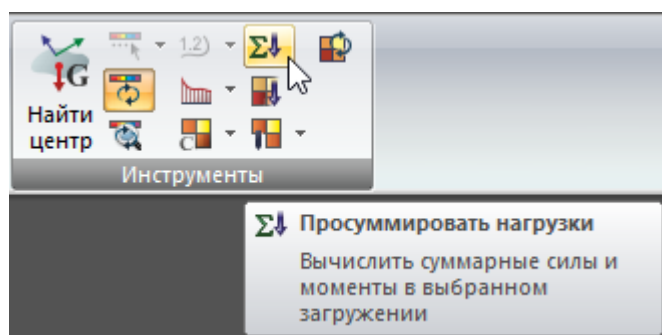
q – эквивалентная равномерно-распределенная нагрузка ((как определять данную величину для плит показано ниже).

Пример учета и не учета стержней арматуры на примере нижнего дополнительного армирования. Фоновые стержни учитываются полностью.

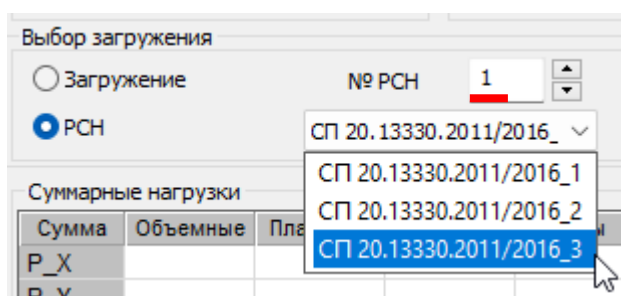


Эквивалентно-распределенную нагрузку q определяют следующим образом:

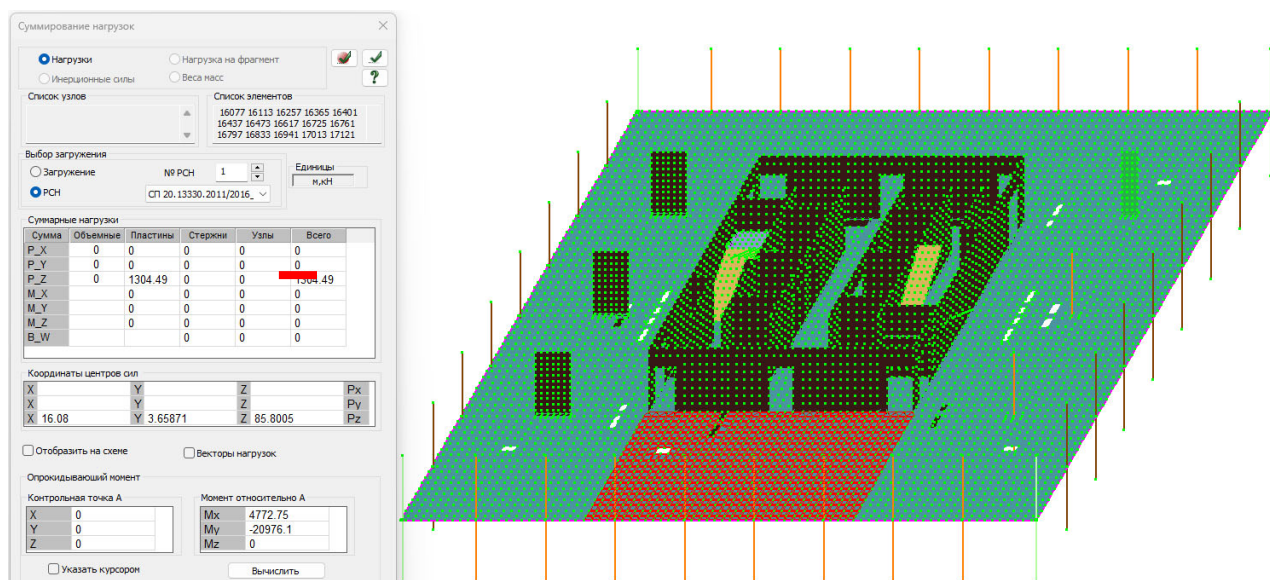
- 1) Выделяют элементы плиты , на которых необходимо найти эквивалентную нагрузку.
- 2) Нажимают «Просуммировать нагрузки».



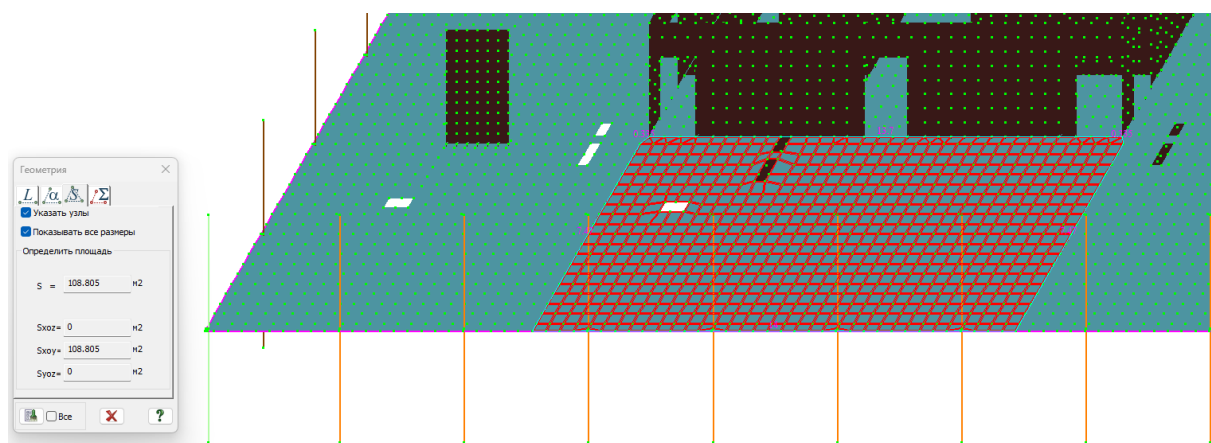
- 3) В открытом окне выбирают номер таблицы РСН и № самого РСН.



- 4) Смотрят полученную нагрузку P_z . В данном случае 1304,5 кН.



5) Определяем площадь плиты S . Для этого можно воспользоваться командой «Информация о размерах» . Далее выбрать измерение площади и последовательно нажать по узлам контура участка.



6) Получают эквивалентную нагрузку $q = \frac{P_z}{S}$.

Глубину прогрева до критической температуры a_t определяют следующим образом:

1) Выбирается заполнитель бетона: силикатный или карбонатный. Если не знаем какой заполнитель принять, то выбираем силикатный. Определяем критическую температуру для заполнителя:

Для тяжелого бетона на силикатном заполнителе принимают 500°C , на карбонатном заполнителе – 600°C . (п 8.7 СП468).

2) По графику для выбранного заполнителя находят толщину плиты (далее для примера дана плита толщиной 200мм).

3) Для выбранного времени пожара (далее для примера время пожара принято 90 минут) определяется точку пересечения с критической температурой).

4) На графике определяется, что толщина прогрева до критической температуры a_t 500 градусов лежит в диапазоне от 20 до 40мм. Примерно проинтерполировав получим величину a_t равную 31мм.

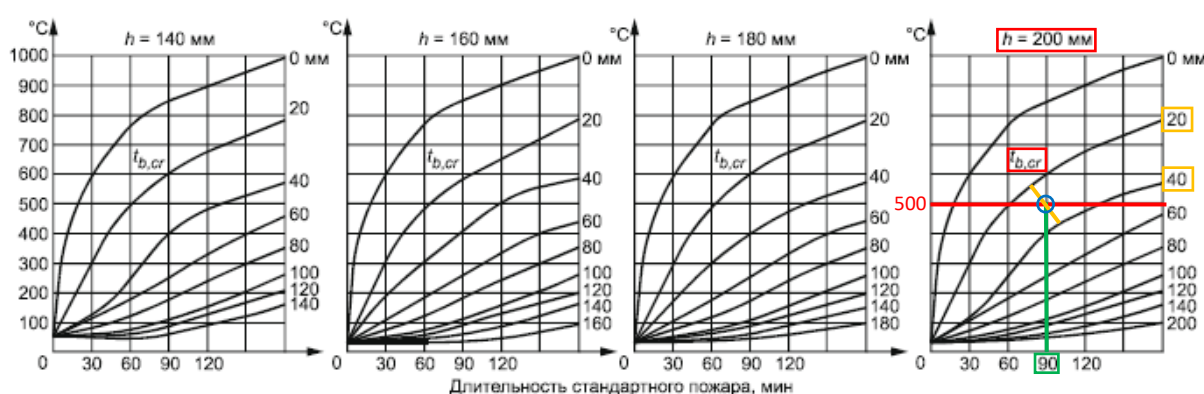
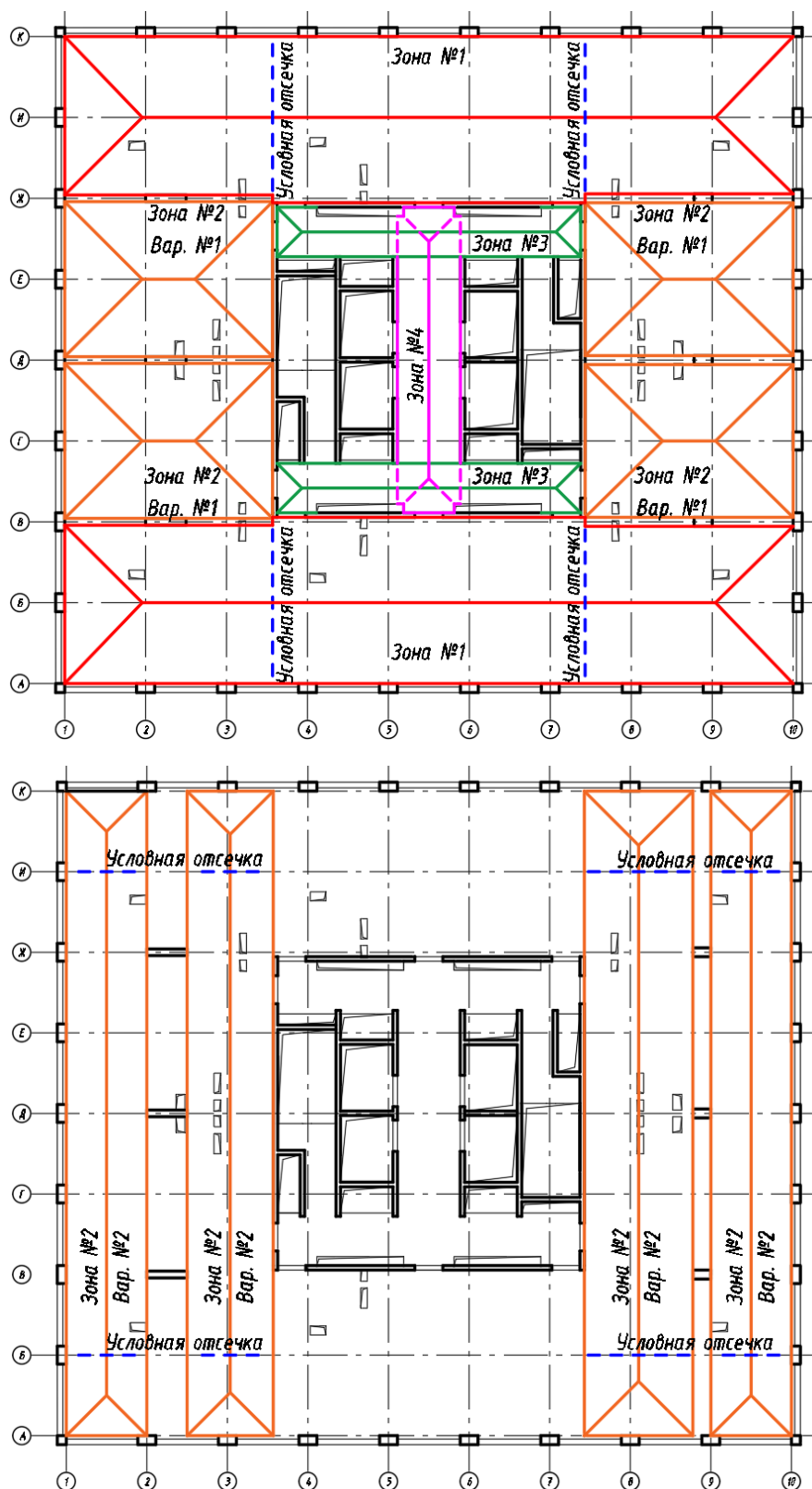


Рисунок А.2 СП 468 – Температуры прогрева тяжелого бетона на силикатном заполнителе в плитах и стенах высотой сечения 140, 160, 180 и 200 мм при одностороннем воздействии пожара

Для здания справочника возможны следующие линии пластических шарниров.

Некоторые схемы возможны в двух вариантах.

Если зона «конверта» очень длинная, то ее возможно упростить до «трехшарнирной». Для этого конструктор выбирает место «условной отсечки» участка «трехшарнирной» схемы.



Продавливание армирование плит

Методика расчета на продавливание точно такая же, как и при расчете нормальной эксплуатации. Методику расчета плит на продавливание см. часть №7 Справочника.

Усилия определяют по РСН в программе.

Особенности в следующем.

1. Корректируются свойства бетона:

1.1. Используются нормативные сопротивления для бетона $R_{bтн}$.

1.2. Вводится осредненный коэффициент к сопротивлению бетона $\gamma_{bt,ср}$

Плита по толщине разбивается на несколько участков $h_1 \dots h_n$ по толщине. Для каждого участка определяют температуру $\gamma_{bt 1 \dots n}$ в середине и определяют коэффициент снижения прочности в зависимости от температуры (таблица приведена выше)

Для разбиения на 5 участков(можно и больше и меньше).

$$\gamma_{bt,ср} = \frac{\gamma_{bt1}h_1 + \gamma_{bt2}h_2 + \gamma_{bt3}h_3 + \gamma_{bt4}h_4 + \gamma_{bt5}h_5}{h}$$

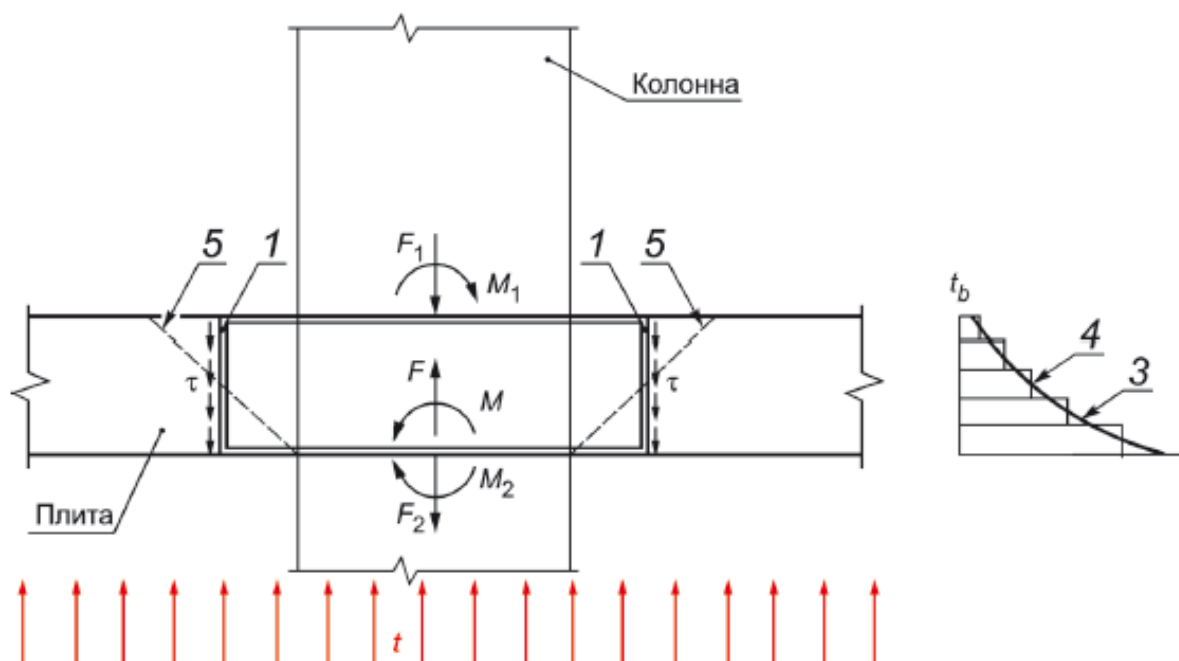


Рисунок 8.9 СП 468. Условная модель для расчета плиты на продавливание при одностороннем огневом воздействии снизу

1 – расчетное поперечное сечение; 2 – контур расчетного поперечного сечения; 3 – температурная кривая нагрева бетона по высоте плиты; 4 – средняя температура элементарного участка; 5 – пирамида продавливания

2. Корректируются свойства арматуры:

2.1. Расчетное сопротивление на срез R_{sw} приводится к нормативному путем умножения на коэффициент $\gamma_s = 1,15$.

2.2. Вводится коэффициент к поперечной арматуре γ_{st} . При этом принимается максимальное значение для прогрева (в нижней точке арматуры).

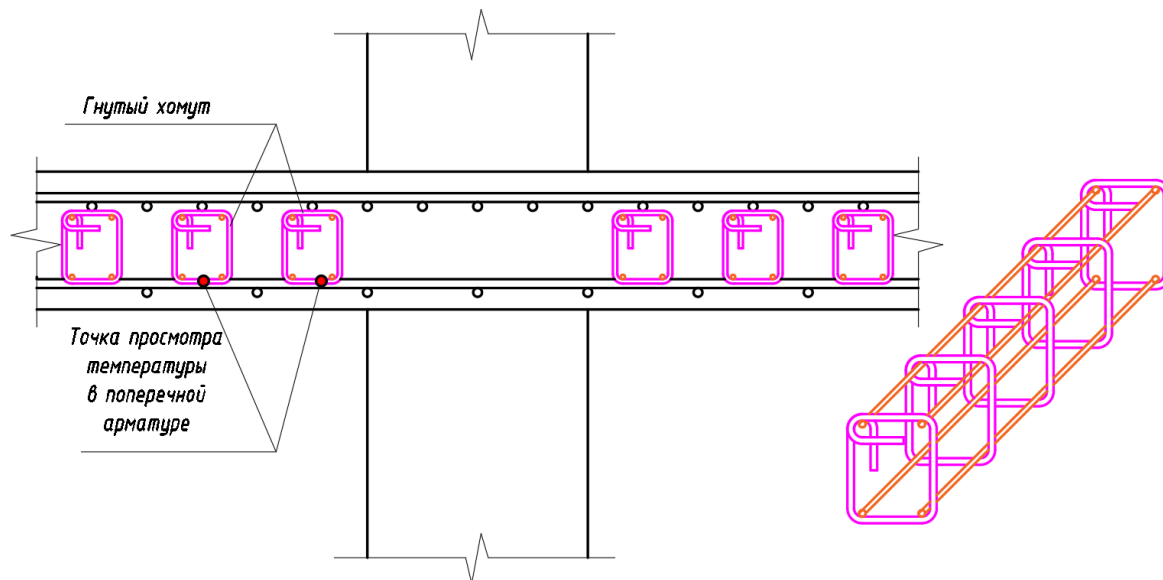


Рисунок. Точка просмотра температуры

Для ускоренной оценки того с каким коэффициентом использования нужно проектировать, посчитав здание только на нормальную эксплуатацию предлагается упрощенная методика ниже. Методика основана на переводных коэффициентах. Для примера рассчитана плита толщиной 200мм. Для нее огнестойкость будет определять конструктивное решение при расчете на время более 120 минут пожара.

Справочная таблица 9. Требуемый коэффициент использования на продавливание плит при расчете только в нормальной стадии эксплуатации

Точка определени я температу ры по толщине	$T,^{\circ}\text{C}$	Коэффицие нт снижения прочности от температу ры γ_{bt} γ_{st}	Расчет ная толщин а слоя h	Температур ный коэффициен т снижения прочности $\gamma_{bt, \text{cp}}$ γ_{st}	Коэффицие нт надежности по материалу γ_b γ_s	Суммарный коэффициент к прочности $\gamma_{bt, \text{cp}} \gamma_b$ $\gamma_{st} \gamma_s$	Осреднен ный коэффици ент надежнос ти по нагрузке γ_f	Учет снижения нагрузки за счет учета только длительн ых нагрузок d_d	Распреде ление в долях между бетоном и поперечн ой арматуро й m_b m_s	Требуемый коэффициент использования при расчете только в нормальной эксплуатации $K_{\text{исп}} =$ $= \frac{\gamma_{bt, \text{cp}} \gamma_b \gamma_f m_b}{d_d}$ $+ \frac{\gamma_{st} \gamma_s \gamma_f m_s}{d_d}$
Толщина плиты 200мм. Время пожара 240 минут. Силикатный заполнитель.										
Для бетона										0,62
20	930	0	40	0,68	1,5	1,020	1,15	0,95	0,5	
60	600	0,6	40							
100	390	0,86	40							
140	250	0,96	40							
180	170	0,98	40							
Для арматуры (A500C)										
25	880	0	–	0	1,15	0,000	1,15	0,95	0,5	
Толщина плиты 200мм. Время пожара 180 минут. Силикатный заполнитель.										
Для бетона										0,79
20	860	0	40	0,734	1,5	1,101	1,15	0,95	0,5	
60	520	0,76	40							
100	300	0,95	40							
140	180	0,98	40							
180	120	0,98	40							
Для арматуры (A500C)										
25	800	0,18	–	0,18	1,15	0,207	1,15	0,95	0,5	
Толщина плиты 200мм. Время пожара 150 минут. Силикатный заполнитель.										
Для бетона										0,85
20	810	0	40	0,754	1,5	1,131	1,15	0,95	0,5	
60	470	0,82	40							
100	260	0,97	40							
140	140	0,99	40							
180	90	0,99	40							
Для арматуры (A500C)										
25	770	0,24	–	0,24	1,15	0,276	1,15	0,95	0,5	
Толщина плиты 200мм. Время пожара 120 минут. Силикатный заполнитель.										
Для бетона										0,97
20	760	0,08	40	0,78	1,5	1,170	1,15	0,95	0,5	
60	400	0,85	40							
100	200	0,98	40							
140	100	0,99	40							
180	60	1	40							
Для арматуры (A500C)										
25	710	0,37	–	0,37	1,15	0,426	1,15	0,95	0,5	

Продольное армирование балок

Усилия определяются в программе по РСН и вручную. Ручное определение усилий делается для учета дополнительных температурных эффектов.

СП 468 как и многие другие не разъясняет как рассчитывать элементы вручную при наличии двух изгибающих моментов. Однако методика ниже адаптирует СП 468 для реального проектирования.

Справочная таблица 10. Определение усилий.

Опорное сечение	Пролетное сечение
<p>При нагреве с 2х сторон (крайняя/контурная балка)</p> $M_z = M_{\text{прог},z} + 0,5M_{t,z},$ $M_y = M_{\text{прог},y} + 0,5M_{t,y},$ $N = N_{\text{прог}}$ <p>При нагреве с 3х сторон (средняя балка)</p> $M_z = M_{\text{прог},z} + 0,5M_{t,z},$ $M_y = M_{\text{прог},y},$ $N = N_{\text{прог}}$ <p>N – продольное усилие M_z – момент в плоскости балки; M_y – момент из плоскости балки;</p> <p>$M_{\text{прог},z}$, $M_{\text{прог},y}$, $N_{\text{прог}}$ – усилия, определенные в программе</p> <p>M_t – температурный изгибающий момент.</p> $M_t = \left(\frac{1}{r}\right)_t D$ $\left(\frac{1}{r}\right)_t = \frac{\alpha_{bt}t_b - \alpha_{st}t_s}{h_0}$ <p>α_{bt} – коэффициент температурного расширения бетона при 500°C Для карбонатного заполнителя: $\alpha_{bt} = 0,000012$ Для силикатного заполнителя: $\alpha_{bt} = 0,000011$</p> <p>α_{st} – коэффициент температурного расширения растянутой арматуры (от автора: в запас можно принять значение при 20°C) $\alpha_{st} = 0,0000115$</p> <p>t_b – температура бетона на обогреваемой поверхности (необходимо смотреть график с температурой). t_s – температура растянутой арматуры (необходимо смотреть график с температурой).</p> $D = \varphi_1 E_s \beta_s A_s z (h_0 - x_t)$ <p>E_s – модуль упругости арматуры, для А240...А1000 равен 200000 МПа β_s – коэффициент к модулю упругости в зависимости от температуры прогрева арматуры (необходимо смотреть график с температурой).</p>	<p>$M_z = M_{\text{прог},z}$ $M_y = M_{\text{прог},y}$ $N = N_{\text{прог}}$</p> <p>Принимаются по расчету в программе по выбранному РСН. Добавочный момент от температуры не предусматривается.</p>

A_s – площадь растянутой арматуры

При прогреве по вертикальному направлению (по высоте балки) принимается верхнее и нижнее армирование, при прогреве по горизонтальному направлению (по ширине балки) – принимается боковое.

Предел огнестойкости R	φ_1
120 минут	0,5
180 минут	0,4
240 минут	0,3

Для прямоугольного, таврового и двутаврового поперечных сечений:

$$z = h_0 - \frac{x_t}{3}$$

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}}$$

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_{s,n} \gamma_{st,s}}{E_s}$$

$$\varepsilon_{b2} = 0,0035 \text{ (для бетонов класса по прочности на сжатие B60 и ниже)}$$

$$\xi = \frac{x_t}{h_{0t}}$$

$$h_{0t} = h_0 - a_t$$

a_t – глубина прогрева до критической температуры (как определять по графикам прогрева см. выше)

При $\xi \leq \xi_R$

$$x_t = \frac{R_{s,n} \gamma_{st,s} A_s - R_{sc,n} \gamma_{st,sc} A'_s + N_{\text{прог}}}{R_{bn} \gamma_{bt} b}$$

$N_{\text{прог}}$ берется со знаком «+», если сжатие

$N_{\text{прог}}$ берется со знаком «-», если растяжение

A_s – площадь растянутой арматуры

При прогреве по вертикальному направлению (по высоте балки) принимается верхнее и нижнее армирование, при прогреве по горизонтальному направлению (по ширине балки) – принимается боковое.

A'_s – площадь сжатой арматуры

b – размер балки, перпендикулярный h_0 (в одном случае это будет ширина, в другом – высота)

$R_{sc,n}$ – нормативное сопротивление арматуры сжатию;

$R_{s,n}$ – нормативное сопротивление арматуры растяжению;

R_{bn} – нормативное сопротивление бетона сжатию;

γ_{bt} – температурный коэффициент к бетону

$\gamma_{st,s}$ – температурный коэффициент к растянутой арматуре;

$\gamma_{st,sc}$ – температурный коэффициент к сжатой арматуре;

При $\xi > \xi_R$

$$x_t = \xi_R h_{0t}$$

Подбор армирования балок, как правило, осуществлялся в отдельном сателлите (Арбат SCAD, Статика Ing+ и пр.). В расчете учитывается следующее:

1. В сателлит вводятся усилия с учетом догружа моментами $0,5M_{t,z}$ и $0,5M_{t,y}$ по указаниям определения усилий выше.

Последующие пункты (2,3...) необходимо выполнять, если в сателлите отсутствует галочка «Огнестойкость» (Арбат SCAD) или непосредственно модуль расчета огнестойкости (модули Т450, Т451, Т453 Статика Ing+). В данных модулях сечение и коэффициенты условий работы корректируются автоматически.

Если автоматический расчет огнестойкости отсутствует, то продолжаем корректировать параметры:

2. Сечение уменьшается на величину a_t (до глубины прогрева до критической температуры).

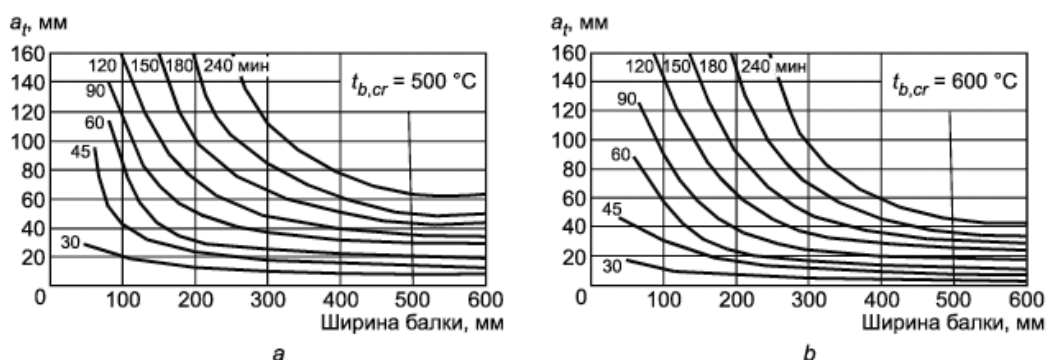


Рисунок 8.1 СП 468 – Глубина прогрева a_t до критической температуры $t_{b,cr}$ тяжелого бетона в балке от нагреваемой грани сечения при действии стандартного температурного режима пожара

a – на силикатном заполнителе; δ – на карбонатном заполнителе; 30, 45 ... 240 – длительность стандартного температурного режима пожара, мин

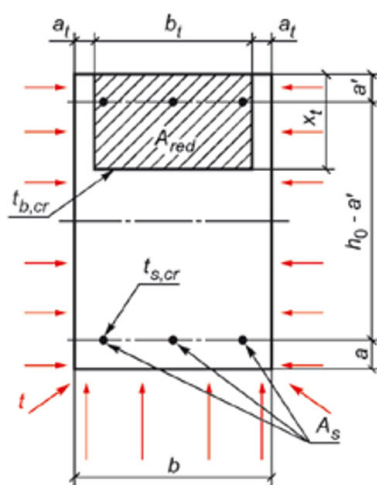


Рисунок 8.4. СП 468 – Схема корректировки сечения при трехстороннем прогреве.

3. К расчетному сопротивлению арматуры на R_{sc} , R_s вводятся понижающие температурные коэффициенты $\gamma_{st,s}$ и $\gamma_{st,sc}$ соответственно, которые определяют по температурному полю. Допустимо брать наименьший коэффициент по наиболее нагретой арматуре, поскольку на каждый стержень арматуры ввести коэффициент невозможно.

Поперечное армирование балок

Методика расчета на поперечную силу точно такая же, как и при расчете нормальной эксплуатации. Методику расчета балок на поперечную силу см. часть №7 Справочника.

Усилия определяют по РСН в программе.

Подбор поперечного армирования можно осуществлять в ЛИРЕ с учетом особенностей.

Особенности заключаются в следующем:

1. Сечение уменьшается на величину a_t (глубина прогрева до критической температуры).

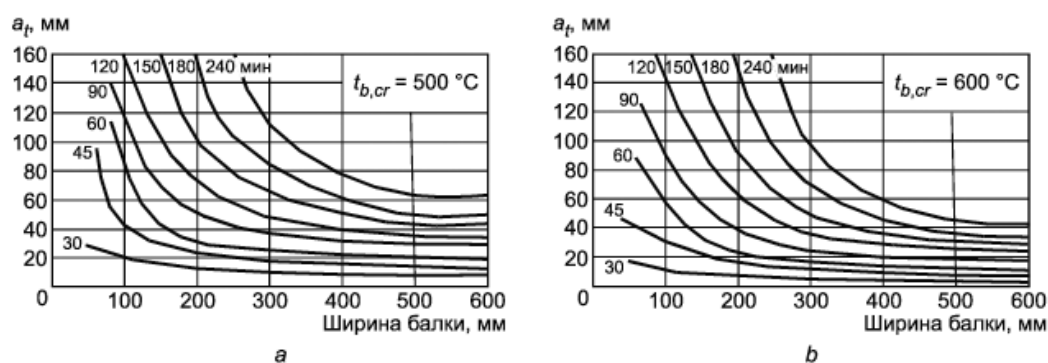


Рисунок 8.1 СП 468 – Глубина прогрева a_t до критической температуры $t_{b,cr}$ тяжелого бетона в балке от нагреваемой грани сечения при действии стандартного температурного режима пожара

a – на силикатном заполнителе; δ – на карбонатном заполнителе; 30, 45 ... 240 – длительность стандартного температурного режима пожара, мин

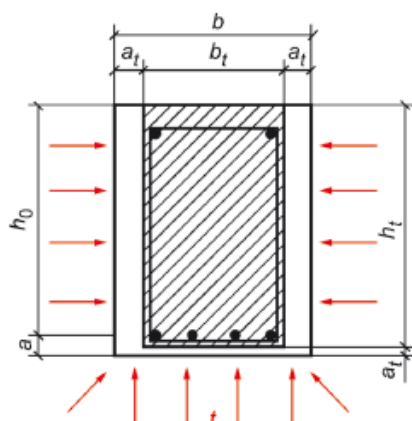


Рисунок 8.8. СП 468 Схема корректировки сечения при трехстороннем прогреве.

2. Корректируются свойства бетона:

2.1. Используются нормативные сопротивления для бетона на растяжение $R_{btн}$ и на сжатие R_{bn} .

2.2. Вводится одинаковый осредненный коэффициент к сопротивлению бетона на растяжение и на сжатие $\gamma_{bt,ср}$

Примерный метод

Балка по толщине разбивается на несколько участков по толщине $h_1 \dots h_n$. Для каждого участка определяют температуру $\gamma_{bt\ 1\dots n}$ в середине и определяют коэффициент снижения прочности в зависимости от температуры (таблица приведена выше).

Обычно разбивается на 5 участков(можно и больше и меньше).

$$\gamma_{bt,ср} = \frac{\gamma_{bt1}h_1 + \gamma_{bt2}h_2 + \gamma_{bt3}h_3 + \gamma_{bt4}h_4 + \gamma_{bt5}h_5}{h}$$

Более точный метод

Балка по толщине разбивается на несколько прямоугольных участков по площади $A_1 \dots A_n$. Для каждого участка определяют температуру $\gamma_{bt\ 1\dots n}$ в середине и определяют коэффициент снижения прочности в зависимости от температуры (таблица приведена выше).

Обычно разбивается на n участков(можно и больше и меньше).

$$\gamma_{bt,ср} = \frac{\gamma_{bt1}A_1 + \gamma_{bt2}A_2 + \gamma_{bt3}A_3 + \gamma_{bt4}A_4 + \dots \gamma_{bt5}A_n}{A_{общая}}$$

3. Корректируются свойства арматуры:

3.1. Расчетное сопротивление на срез R_{sw} приводится к нормативному путем умножения на коэффициент $\gamma_s = 1,15$.

3.2. Вводится коэффициент к поперечной арматуре γ_{st} . При этом принимается максимальное значение для прогрева (в нижней точке арматуры).

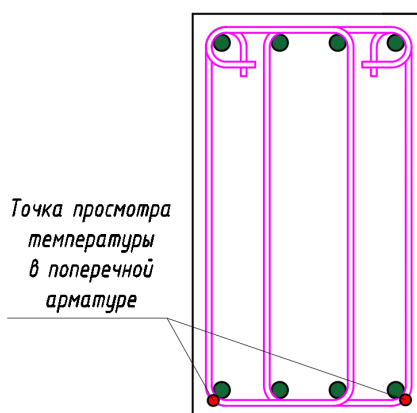


Рисунок. Точка поиска наибольшей температуры

6. Расчет **R** вертикальных несущих конструкций

6.1 Рекомендации по выбору габаритов вертикальных несущих конструкций

Габариты предварительно назначают исходя из таблиц ниже. Однако стоит помнить, что требования к габаритам сечений относятся к статически определенным конструкциям (монолитные конструкции не являются такими), поэтому данные требования могут быть проигнорированы. В любом случае потребуется выполнить дополнительный расчет (описан далее).

Справочная таблица 11. Требования к колоннам. Фрагмент таблицы 14.1 СП 468.

Вид бетона	Вид огневого воздействия	Ширина b колонны и расстояние до оси арматуры a	Минимальное значение параметра, мм, колонны при пределе огнестойкости R , мин					
			R30	R60	R90	R120	R150	R180
Тяжелый	С четырех сторон	b	150	200	240	300	400	450
		a	10	25	35	40	50	50

Справочная таблица 12. Требования к стенам. Фрагмент таблицы 14.2 СП 468.

Вид бетона	Толщина стены t_c и расстояние до оси арматуры a	Минимальное значение параметра стены, мм, при пределе огнестойкости, мин					
		REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 150	REI 180
Тяжелый	t_c	100	120	140	160	200	240
	a	10	15	20	30	30	30

6.2. Методика расчета

Расчет огнестойкости в ЛИРЧ-САПР и прочие программы заложен неполностью. Полностью реализовать все особенности СП 468 пока не удалось. Поэтому часть расчетов остаются ручными.

Продольное армирование колонн/пилонов/стен

Усилия определяют по РСН в программе.

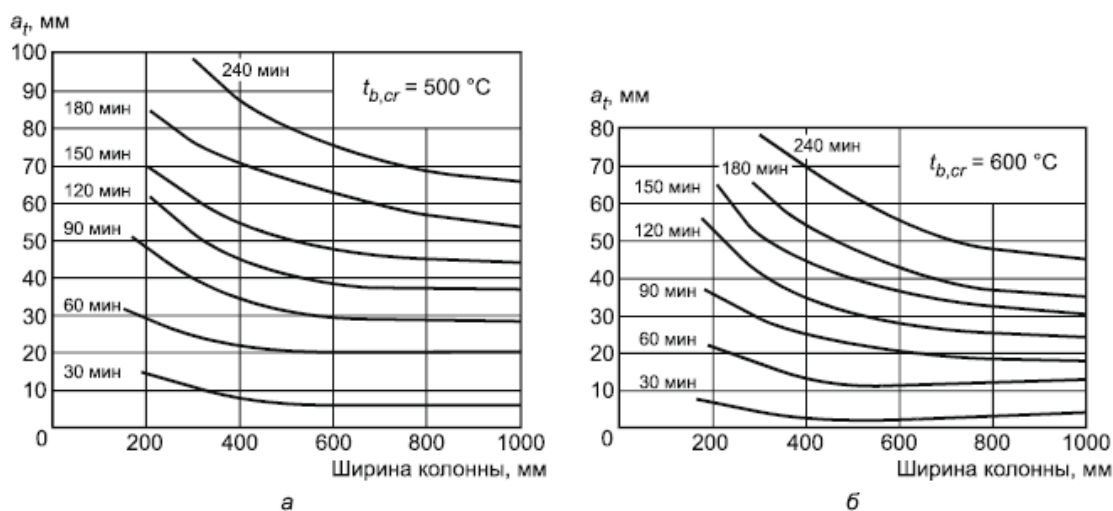
Подбор продольного армирования можно осуществлять в ЛИРЕ с учетом особенностей.

Особенности заключаются следующие:

1. Уменьшение сечения на величину a_t (глубина прогрева до критической температуры).

1.1. a_t для колонн/пилонов.

Сечение уменьшается на величину a_t (до глубины прогрева до критической температуры).



a – на силикатном заполнителе; δ – на карбонатном заполнителе 30, 60 ... 240 – длительность стандартного температурного режима пожара, мин

Рисунок 8.2 СП 468 – Глубина прогрева a_t до критической температуры тяжелого бетона в колонне при четырехстороннем воздействии стандартного температурного режима пожара

1.2. a_t для колонн/пилонов.

1) Выбирается заполнитель бетона: силикатный или карбонатный. Если не знаем какой заполнитель принять, то выбираем силикатный. Определяем критическую температуру для заполнителя:

Для тяжелого бетона на силикатном заполнителе принимают **500°C**, на карбонатном заполнителе – **600°C**. (п 8.7 СП468).

2) По графику для выбранного заполнителя находят толщину плиты (далее для примера дана плита толщиной 200мм).

3) Для выбранного времени пожара (далее для примера время пожара принято **90 минут**) определяется точку пересечения с критической температурой).

4) На графике определяется, что толщина прогрева до критической температуры a_t 500 градусов лежит в диапазоне от 20 до 40 мм. Примерно проинтерполировав получим величину a_t равную 31 мм.

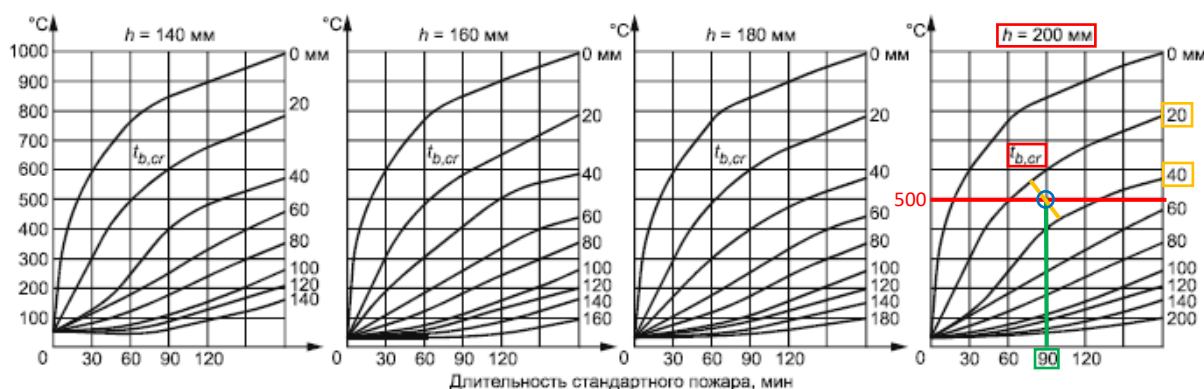


Рисунок А.2 СП 468 – Температуры прогрева тяжелого бетона на силикатном заполнителе в плитах и стенах высотой сечения 140, 160, 180 и 200 мм при одностороннем воздействии пожара

2. Корректируются свойства бетона. Используются нормативные сопротивления для бетона на растяжение $R_{bt,n}$ и на сжатие $R_{b,n}$.

3. Вводится дополнительный температурный эксцентриситет e_t от выгиба колонны от температуры.

Прогрев	Эксцентриситет	Колонна/пилон/стена
Односторонний	$e_{t,y} = a(\alpha_{st}t_s - \alpha_{bt}t_b)l_0^2/8h_{0t,y}$ $e_{t,z} = 0$	<p>Стены (для них это практически всегда будет худшим вариантом).</p> <p>Если колонна/пилон отсечена перегородкой посередине, то можно рассмотреть данный вариант.</p>
Двухсторонний	$e_{t,y} = a(\alpha_{st}t_s - \alpha_{bt}t_b)l_0^2/8h_{0t,y}$ $e_{t,z} = a(\alpha_{st}t_s - \alpha_{bt}t_b)l_0^2/8h_{0t,z}$	<p>Стена</p> <p>Угловая колонна/пилон</p>
Трехсторонний	$e_{t,y} = a(\alpha_{st}t_s - \alpha_{bt}t_b)l_0^2/8h_{0t,y}$ $e_{t,z} = 0$	Крайняя колонна/пилон
Четырехсторонний	$e_{t,y} = 0$ $e_{t,z} = 0$	Средний

α_{bt} – коэффициент температурного расширения бетона принимают в зависимости от температуры **менее нагретой грани** сечения

Вид бетона	Коэффициент температурного расширения бетона α_{bt} , °C ⁻¹ , при температуре бетона				
	20–50 °C	100 °C	300 °C	500 °C	700–1100 °C
Тяжелый, на силикатном заполнителе	0,000009	0,000009	0,000008	0,000011	0,0000145
Тяжелый, на карбонатном заполнителе	0,000010	0,000010	0,000009	0,000012	0,0000155
Примечание – Данные распространяются на бетоны классов не выше В55.					

α_{st} – коэффициент температурного расширения арматуры принимают в зависимости от температуры **более нагретой грани** сечения

Справочная таблица. Таблица 5.7 СП 468. Коэффициент температурного расширения арматуры α_{st}

Класс арматуры	Коэффициент температурного расширения арматуры α_{st} , °C ⁻¹ , при температуре								
	20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C
A240, A300, A400, A500, A540, A600, A800, A1000; B500, Bp1200 – Bp1500, B500C; K1400, K1500	0,0000115	0,000012	0,0000125	0,000013	0,0000135	0,000014	0,0000145	0,000015	0,0000155

l_0 – расчетная длина элемента

$$l_0 = kl$$

l – расстояние между точками раскрепления (от центра нижнего перекрытия до центра верхнего перекрытия)

Справочная таблица. Коэффициент k и a

Случай	k	a
Для колонн с несмещающимися заделками на двух концах (без поворота)	0,5	$a = 0,55$
Для колонн с несмещающимися заделками на двух концах с податливым ограниченным поворотом	0,8	$a = 0,7$
Для колонн с шарнирными опорами на двух концах	1	$a = 1$

Случайный эксцентриситет e_a принимается по наибольшему из значений:

- $1/600$ длины элемента или расстояния между его сечениями, закрепленными от смещения;
- $1/30$ высоты сечения;
- 10 мм.

Температурный эксцентриситет e_t складывают с со случайным эксцентриситетом e_a и записывают в параметры конструирования.

СП 63.13330.2012/2018

Название
Колонны 40х80

Класс бетона B40 + -

Вид бетона тяжелый

Заполнитель Силикатный заполнитель

Марка легкого бетона по средней плотности 2000

Относительная влажность воздуха, % 65

Диаграмма напряжение-деформация
3-х линейная диаграмма состояния скатого I

☐ Использовать рекомендации пункта 6.1.23

Коэффициенты условий работы
 γ_{b2} 1 γ_{b3} 0.85 γ_{b5} 1

Учет сейсмического воздействия
 m_{btr} 1 m_{tr} 1

Расчет с особыми/аварийными сочетаниями
 γ_{ad} 1 φ_b 1 ε_{b2} 0.0035

Случайные эксцентриситеты (стержень)

По высоте сечения EY 1.33 см

По ширине сечения EZ 2.66 см

	B40 (МПа)
Eb	36000.00
Rbn	29.00
Rbtn	2.10
Rb	22.00
Rbt	1.40
Eps_b0 (*1000)	3.40
Eps_b2 (*1000)	4.80
Eps_b1red (*1000)	2.80
Eps_bt0 (*1000)	0.24

Поперечное армирование колонн/стен

Методика расчета на поперечную силу точно такая же, как и при расчете нормальной эксплуатации. Методику расчета балок на поперечную силу см. часть №8,9 Справочника.

Усилия определяют по РСН в программе.

Подбор поперечного армирования можно осуществлять в ЛИРЕ с учетом особенностей.

Особенности заключаются в следующем:

1. Сечение уменьшается на величину a_t (глубина прогрева до критической температуры).

Методика описана выше для расчета продольного армирования.

2. Корректируются свойства бетона:

2.1. Используются нормативные сопротивления для бетона на растяжение R_{bt} и на сжатие R_{bn} .

2.2. Вводится одинаковый осредненный коэффициент к сопротивлению бетона на растяжение и на сжатие $\gamma_{bt,ср}$

Примерный метод

Элемент по толщине разбивается на несколько участков $h_1 \dots h_n$ по толщине. Для каждого участка определяют температуру $\gamma_{bt\ 1\dots n}$ в середине и определяют коэффициент снижения прочности в зависимости от температуры (таблица приведена выше)

Обычно разбивается на 5 участков(можно и больше и меньше).

$$\gamma_{bt,ср} = \frac{\gamma_{bt1}h_1 + \gamma_{bt2}h_2 + \gamma_{bt3}h_3 + \gamma_{bt4}h_4 + \gamma_{bt5}h_5}{h}$$

Более точный метод

Элемент по толщине разбивается на несколько прямоугольных участков по площади $A_1 \dots A_n$. Для каждого участка определяют температуру $\gamma_{bt\ 1\dots n}$ в середине и определяют коэффициент снижения прочности в зависимости от температуры (таблица приведена выше)

Обычно разбивается на n участков(можно и больше и меньше).

$$\gamma_{bt,ср} = \frac{\gamma_{bt1}A_1 + \gamma_{bt2}A_2 + \gamma_{bt3}A_3 + \gamma_{bt4}A_4 + \dots + \gamma_{bt5}A_n}{A_{общая}}$$

3. Корректируются свойства арматуры:

3.1. Расчетное сопротивление на срез R_{sw} приводится к нормативному путем умножения на коэффициент $\gamma_s = 1,15$.

3.2. Вводится коэффициент к поперечной арматуре γ_{st} . При этом принимается максимальное значение для прогрева поперечной арматуры.

7. Методика расчета E

Предел огнестойкости по целостности E характеризуется по образованию сквозных отверстий или трещин в бетоне железобетонных конструкций вследствие его хрупкого (взрывообразного) разрушения при пожаре либо за счет нарушения структуры бетона в конструкциях в результате прогрева бетона по толщине элемента до критической температуры.

В большинстве случаев ограничиваются оценкой напряжения в сжатой зоне и стараются находится в «безопасной зоне». Данную зону находят по графику ниже. Чем толще конструкция и чем напряжения сжатия в бетоне ниже, тем больше становится безопасность хрупкого разрушения.

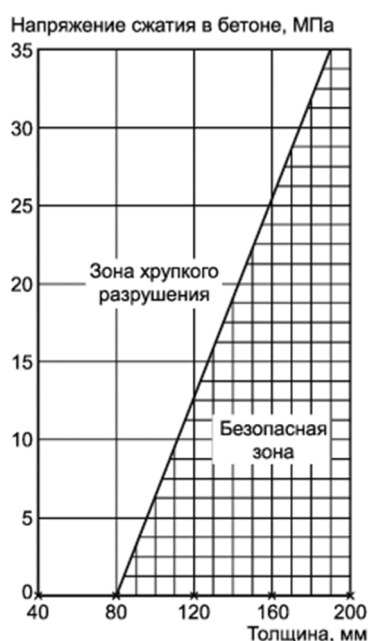


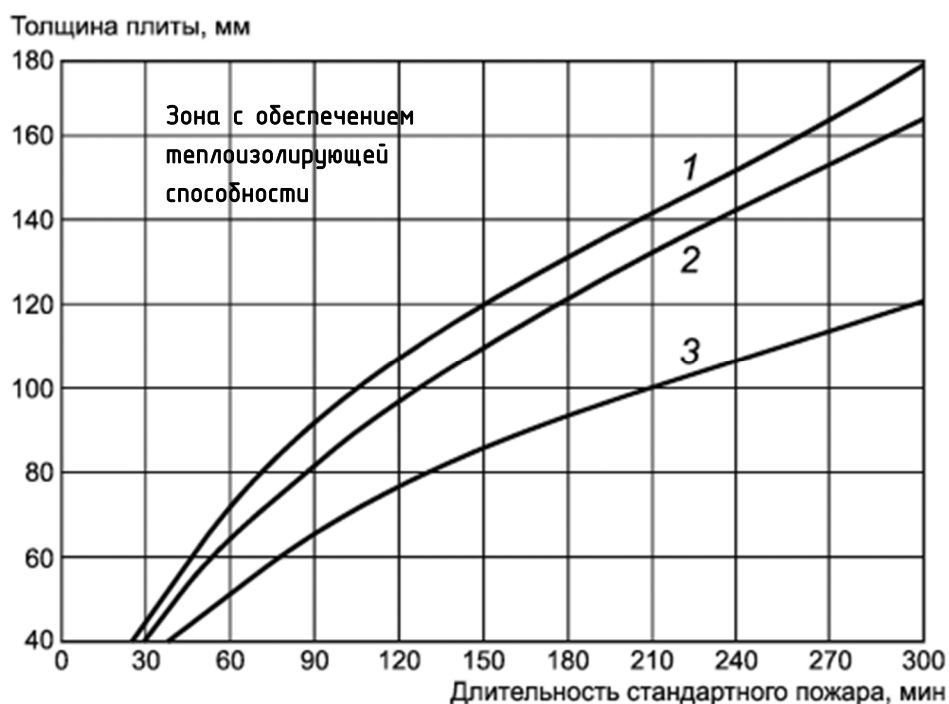
Рисунок 9.1 СП 468 – Зависимость хрупкого разрушения бетона от напряжений сжатия в бетоне и толщины элемента

Из сопоставления рисунка и таблицы с расчетными сопротивлениями бетона можно видеть, что монолитные конструкции толщинами не менее 160мм, выполненные из бетонов классов В15–В55 практически всегда будут обеспечивать целостность. Для бетонов класса В60 и выше требуется проведение испытаний и более детальные расчеты. Методика по данному вопросу изложена в СП 468.

Вид сопротивления	Бетон	Расчетные сопротивления бетона R_b, R_{bt} , МПа, для предельных состояний первой группы при классе бетона по прочности на сжатие															
		В10	В12,5	В15	В20	В25	В30	В35	В40	В45	В50	В55	В60	В70	В80	В90	В100
Сжатие осевое (призмная прочность) R_b	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0	37,0	41,0	44,0	47,5
	Легкий	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	–	–	–	–	–	–	–	–

8. Методика расчета I

Предел огнестойкости по потере теплоизолирующей способности /при одностороннем нагреве плит, стен из тяжелого бетона на силикатном и карбонатном заполнителях и из конструкционного керамзитобетона при длительности огневого воздействия до 300 мин допускается определять графически по рисунку 7.1. СП 468.



1 – тяжелого бетона на силикатном заполнителе; 2 – тяжелого бетона на карбонатном заполнителе; 3 – конструкционного керамзитобетона

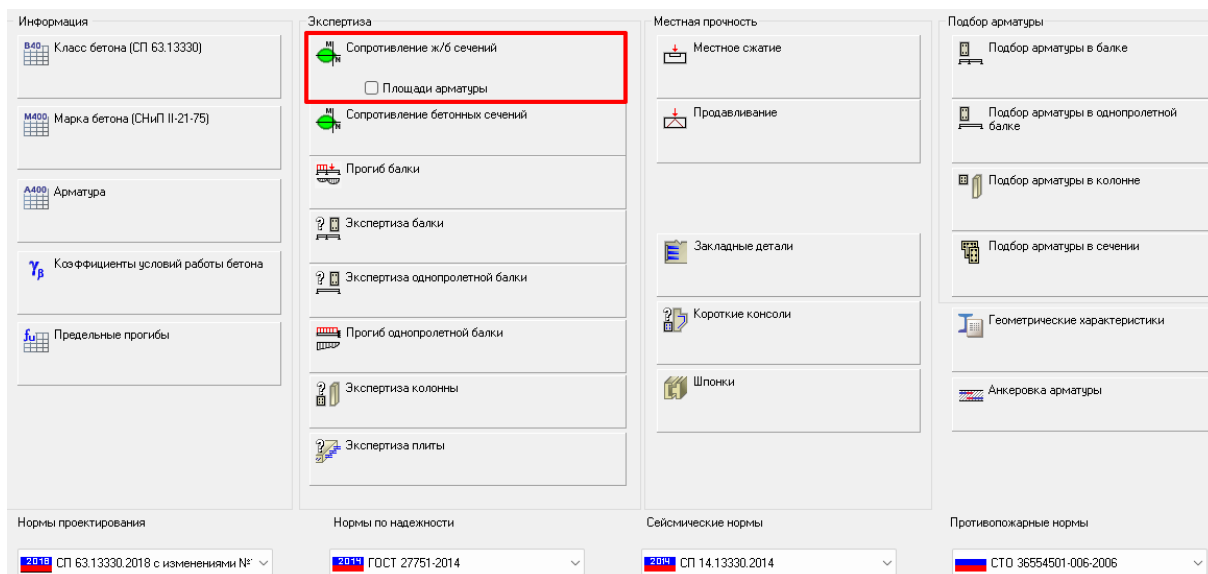
Рисунок 7.1 СП 468 – Предел огнестойкости по потере теплоизолирующей способности плит (стен) при одностороннем воздействии стандартного температурного режима пожара

Из графика с расчетными сопротивлениями бетона можно видеть, что монолитные конструкции толщинами не менее 160мм всегда будут обеспечивать теплоизолирующую способность не менее 240 минут.

9. Методика расчета температурного поля

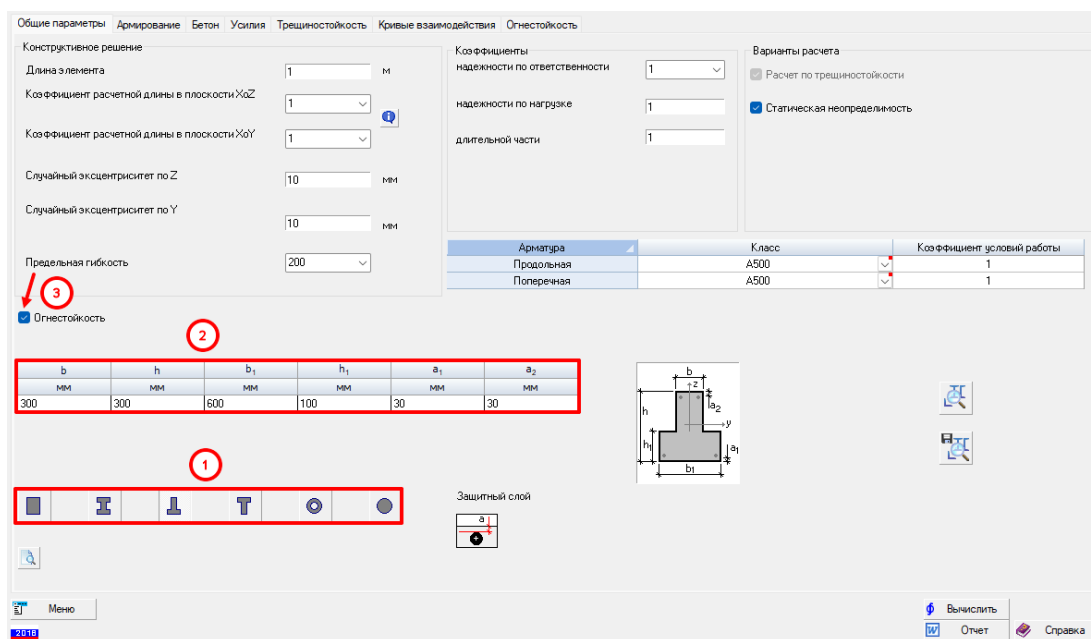
Рассчитать температурное поле можно с помощью «Арбат» SCAD.

1. Выбираем «Сопротивление ж/б сечений»



2. На вкладке «Общие параметры»:

- Выбираем нужное нам сечение,
- Вводим его габариты.
- Нажимаем галочку «огнестойкость».



3. На вкладке «Армирование» можно ввести армирование для упрощенного поиска его местоположения в сечении. Но выполнять данный пункт не обязательно.

Общие параметры: **Армирование** Бетон Усилия Трещиностойкость Кривые взаимодействия Огнестойкость

Продольная арматура (первый ряд)

S ₁		S ₂		S ₃		S ₄	
Ø мм	шт	Ø мм	шт	Ø мм	шт	Ø мм	шт
18	6	18	2	18	0	40	0
12	0	18	0	40	0	40	0

Продольная арматура (второй ряд)

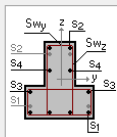
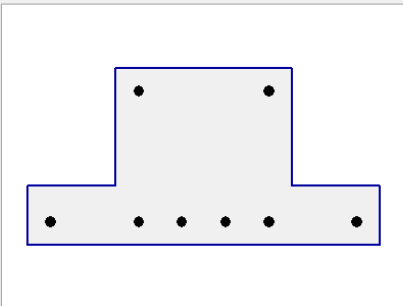
S ₁		S ₂	
Ø мм	шт	Ø мм	шт
32	0	100	32
			950

Поперечная арматура

S _{wz}			S _{wy}		
Ø мм	шаг(мм)	шт	Ø мм	шаг(мм)	шт
6	180	0	8	190	0

☒ Арматура в два ряда

Площади

Меню

Вычислить Отчет Справка

3. На вкладке «Огнестойкость» вводим:

- требуемое время огнестойкости;
- стороны обжига
- заполнитель (карбонатный или силикатный).

Общие параметры: Армирование Бетон Усилия Трещиностойкость Кривые взаимодействия **Огнестойкость**

Температурная кривая: Стандартный пожар

Тип огневого воздействия

☒ Слева ☒ Сверху ☒ Справа ☒ Снизу

Требуемый предел огнестойкости: 90 мин ☒ Применить

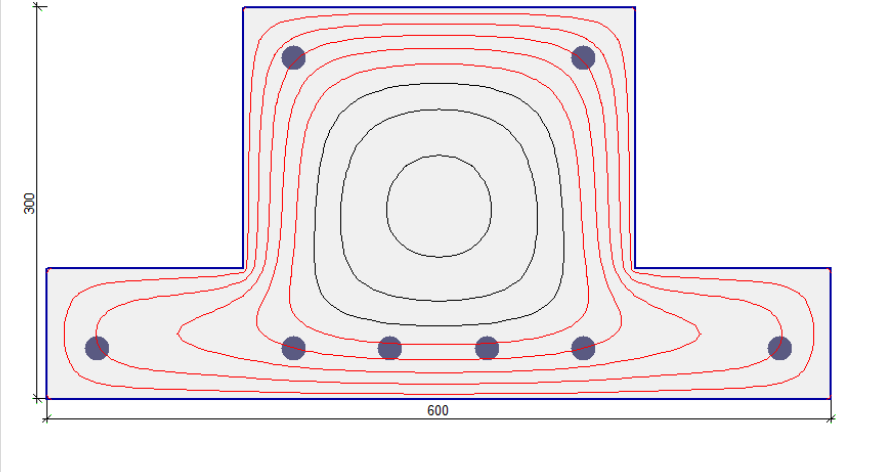
Заполнитель бетона: Карбонатный

☐ Хрупкое разрушение бетона (E)

Деформация бетона в нормальном сечении: 15,785

Факторы

Изолении ☒ Изополя ☐

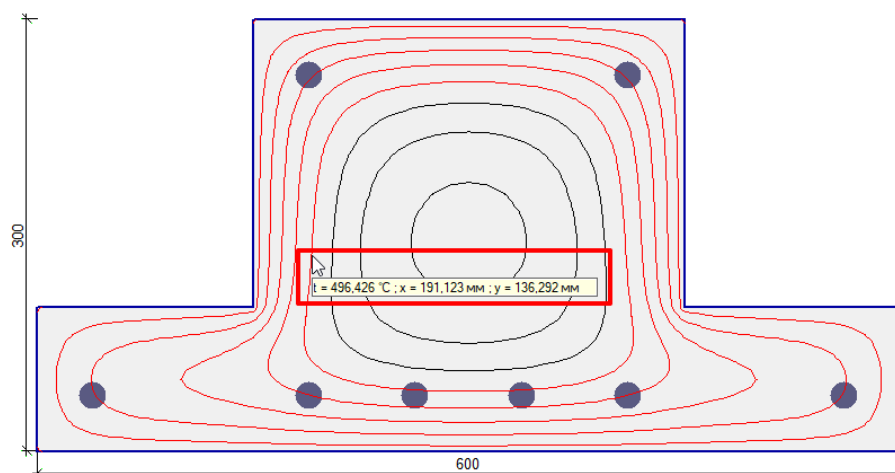


Изотермы через 100 °С. Красным показаны изотермы 500 °С и более

Меню

Вычислить Отчет Справка

4. При наведении курсора на любую точку можно узнать координату и вычисленную температуру.



Библиография

1. Федеральный закон N384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изм. на 25.12.2023) : федеральный закон : дата введения 2010-07-01 / Государственная Дума – Изд. официальное. – Собрание законодательства РФ, N1, ст.5, 2010;
2. Федеральный закон N190-ФЗ Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изм. на 26.12.2024) : кодекс РФ : дата введения 2004-12-30 / Государственная Дума – Изд. официальное. – Собрание законодательства РФ N1 (ч.I), ст.16, 2005;
3. Федеральный закон N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изм. на 25.12.2023) : федеральный закон : дата введения 2009-05-01 / Государственная Дума – Изд. официальное. – Собрание законодательства РФ, N30, (ч.I), ст.3579, 2008;
4. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (Переиздание, с Изменением N 1) : межгосударственный стандарт : дата введения 2015-07-01 / Росстандарт – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;
5. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1, Поправкой) : межгосударственный стандарт : дата введения 1981-07-01 / Госстандарт СССР – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2010;
6. ГОСТ 14098-2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры (с Изменением N 1, с Поправками) : межгосударственный стандарт : дата введения 2015-07-01 / Росстандарт – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2015;
7. ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия (с Поправкой) : межгосударственный стандарт : дата введения 2018-01-01 / Росстандарт – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;
8. ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия (с Поправкой, с Изменением N 1) : межгосударственный стандарт : дата введения 2016-09-01 / Росстандарт – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;
9. СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2020-09-12 / МЧС России – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020;
10. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменениями № 2-4) : свод правил : дата введения 2018-11-25 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;
11. СП 15.13330.2020 Каменные и армокаменные конструкции СНиП II-2281* (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2021-07-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021;
12. СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*" (с Поправками, с Изменениями № 1-6) : свод правил : дата введения 2017-08-28 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;
13. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями № 1-6) : свод правил : дата введения 2017-06-04 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;
14. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Министерство

строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

15. СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Изменениями N 1) : свод правил : дата введения 2022-01-15 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2022;

16. СП 26.13330.2012 Фундаменты машин с динамическими нагрузками. Актуализированная редакция СНиП 2.02.05-87 (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2013-01-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Минрегион России, 2012;

17. СП 28.13330.2017 "Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85" (с Изменениями N 1-4) : свод правил : дата введения 2017-08-28 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

18. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменениями № 1-5 : свод правил : дата введения 2011-05-20 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: ОАО "ЦПП", 2011;

19. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2013-07-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Минрегион России, 2012;

20. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2019-06-20 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

21. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями № 1, 3-7) : свод правил : дата введения 2013-07-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Госстрой, ФАУ "ФЦС", 2013;

22. СП 72.13330.2016 Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. СНиП 3.04.03-85 (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2017-06-17 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

23. СП 88.13330.2014 Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП II-11-77* (с Изменениями N 1, 2, 3) : свод правил : дата введения 2014-06-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Минстрой России, 2014;

24. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2013-01-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Минрегион России, 2012;

25. СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2021-06-25 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021;

26. СП 250.1325800.2016 Здания и сооружения. Защита от подземных вод (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2016-09-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Минстрой России, 2016;

27. СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования (с Изменениями N1, 2, 3, 4, с Поправками) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

28. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования (с Изменениями № 1, 2) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Минстрой России – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

29. СП 296.1325800.2017 Здания и сооружения. Особые воздействия (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2018-02-04 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

30. СП 337.1325800.2017 Конструкции железобетонные сборно-монолитные. Правила проектирования : свод правил : дата введения 2018-06-14 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;

31. СП 381.1325800.2018 Сооружения подпорные. Правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил : дата введения 2019-01-24 / Минстрой России – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;

32. СП 385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения (с Изменениями N 1-4) : свод правил : дата введения 2019-01-06 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;

33. СП 430.1325800.2018 Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования (с Изменением N1) : свод правил : дата введения 2019-06-26 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

34. СП 435.1325800.2018 Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ : свод правил : дата введения 2019-05-27 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

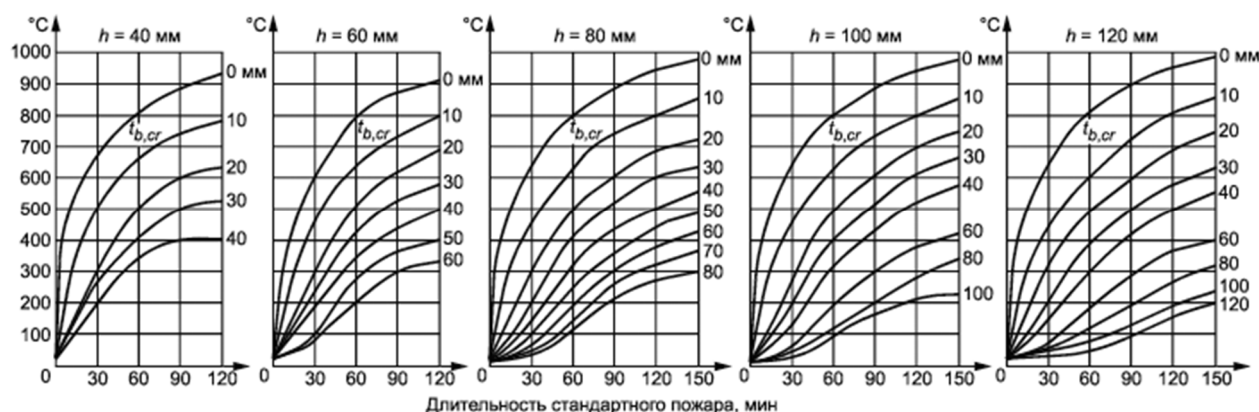
35. СП 468.1325800.2019 Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2020-06-11 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020;

36. СП 499.1325800.2021 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от карстово-суффозионных процессов. Правила проектирования : свод правил : дата введения 2021-09-03 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021.

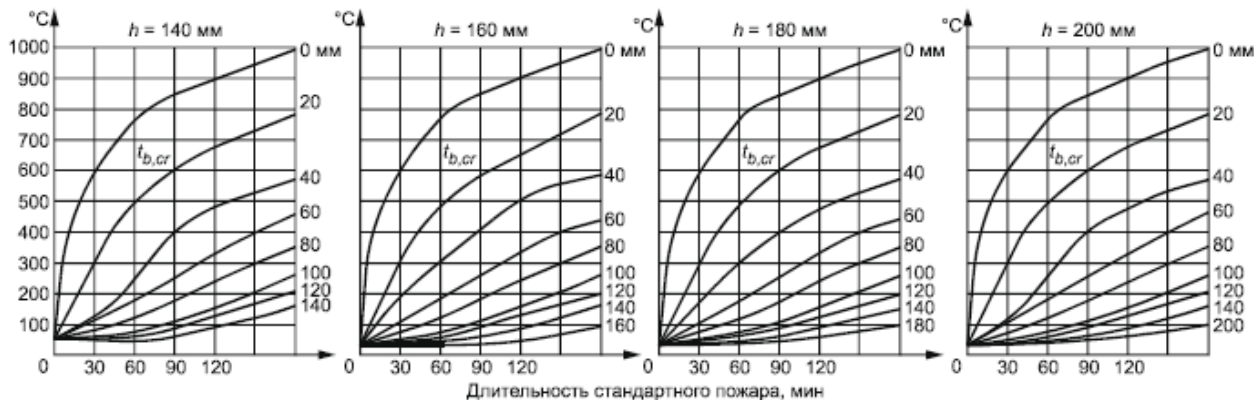
Приложение А. Температурные поля для плит и стен

Ниже приведены температурные графики из СП 468.1325800.2019 и СТО 36554501-006-2006.

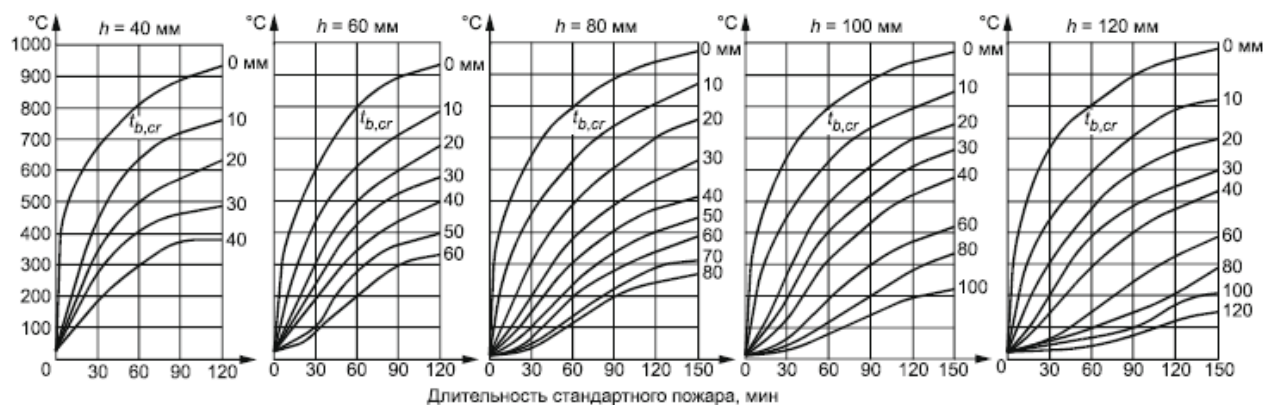
Изополя определены для тяжелого бетона плотностью 2000–2400 кг/м³ и влажностью 2%–3% при воздействии стандартного температурного режима пожара.



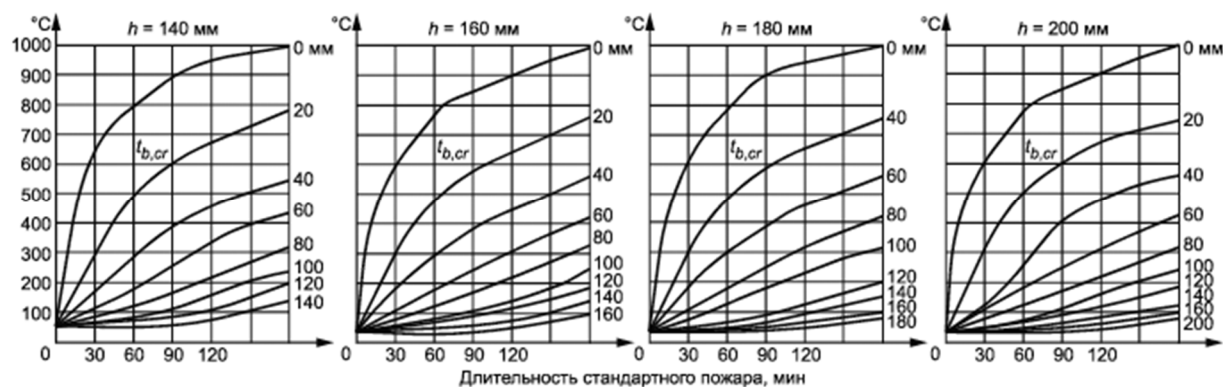
Температуры прогрева тяжелого бетона на **силикатном** заполнителе в плитах и стенах высотой сечения 40, 60, 80, 100 и 120 мм при одностороннем воздействии пожара



Температуры прогрева тяжелого бетона на **силикатном** заполнителе в плитах и стенах высотой сечения 140, 160, 180 и 200 мм при одностороннем воздействии пожара



Температуры прогрева тяжелого бетона на карбонатном заполнителе в плитах и стенах высотой сечения 40, 60, 80, 100 и 120 мм при одностороннем воздействии пожара



Температуры прогрева тяжелого бетона на карбонатном заполнителе в плитах и стенах высотой сечения 140, 160, 180 и 200 мм при одностороннем воздействии пожара

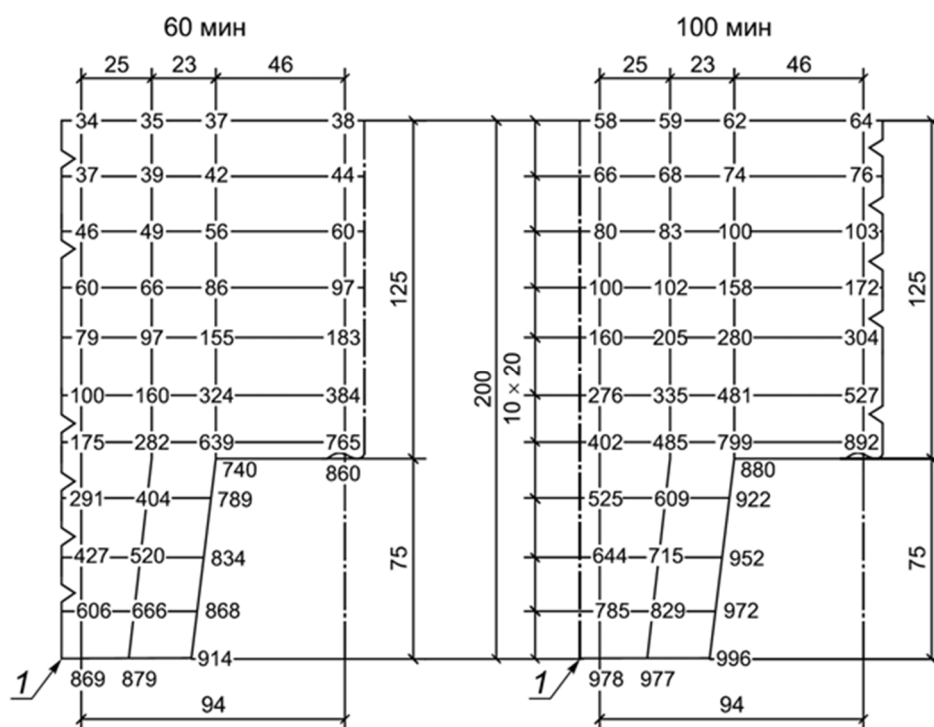
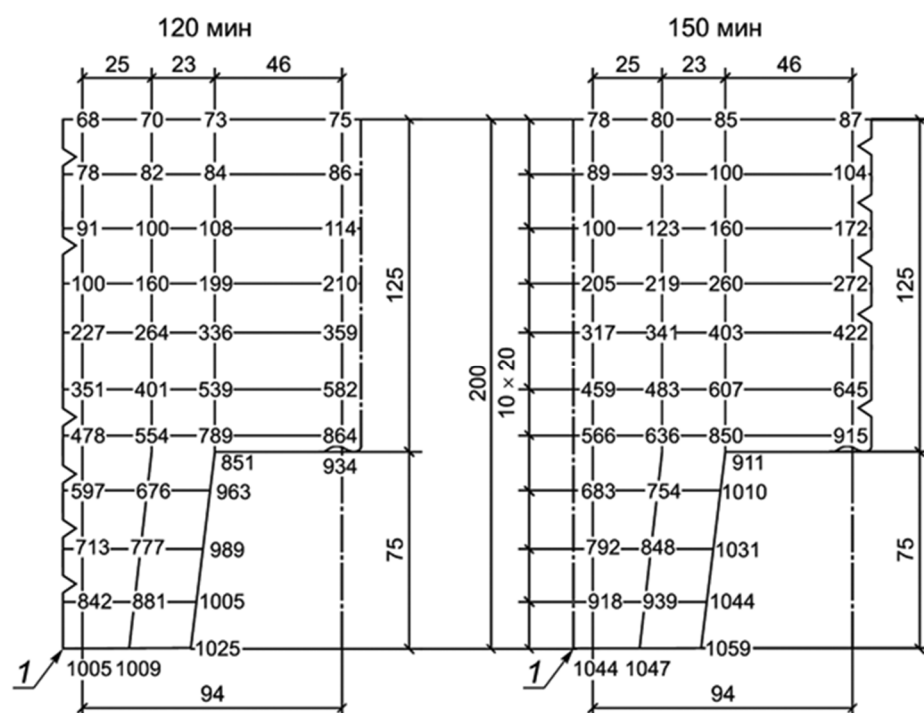


Рисунок А.7 – Температуры прогрева тяжелого бетона на силикатном заполнителе в плитах по профилированному настилу при одностороннем воздействии пожара длительностью 60 и 100 мин



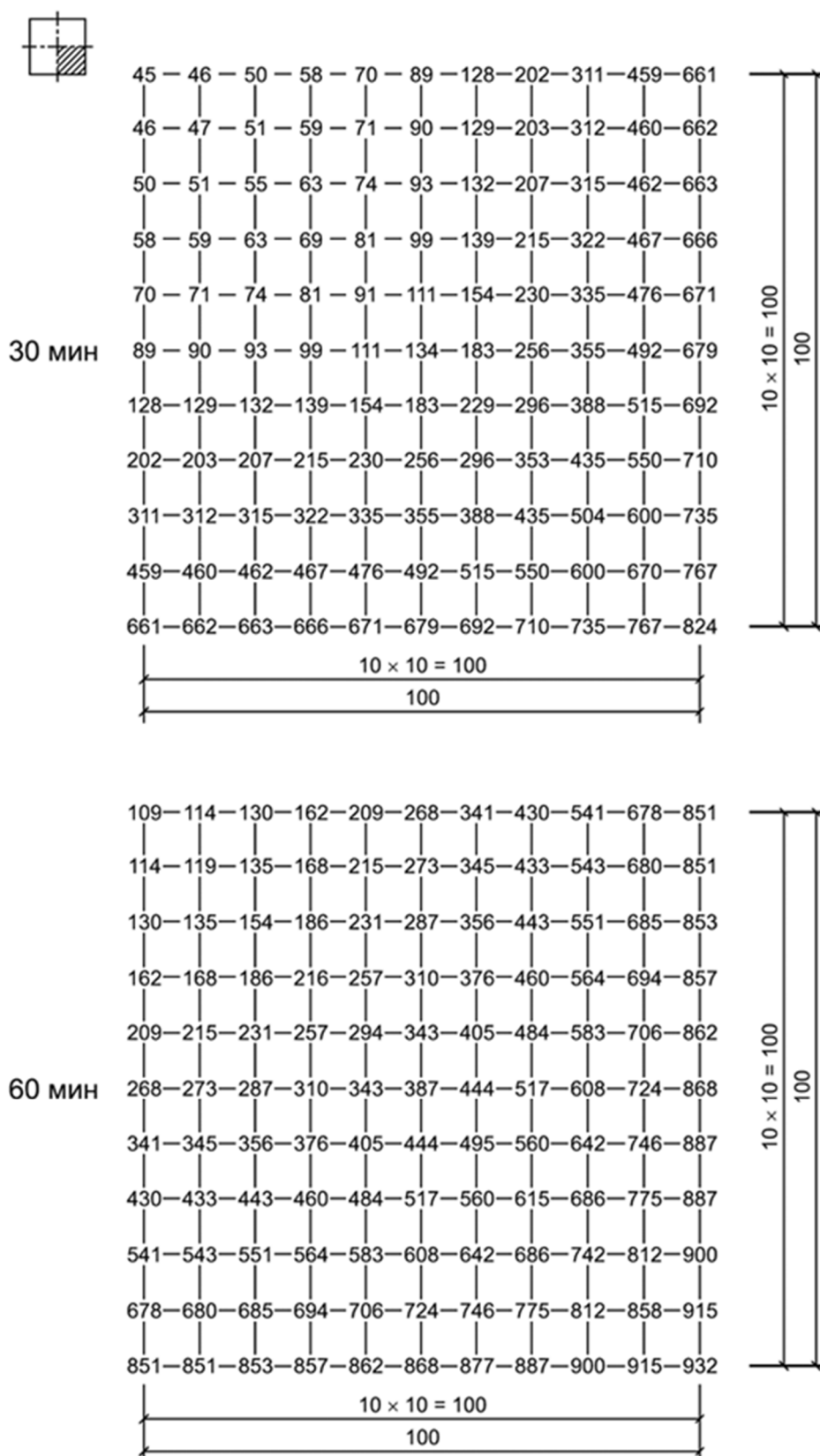
Температуры прогрева тяжелого бетона на силикатном заполнителе в плите по профилированному настилу при одностороннем воздействии пожара длительностью 120 и 150 мин

Приложение Б. Температурные поля для колонн

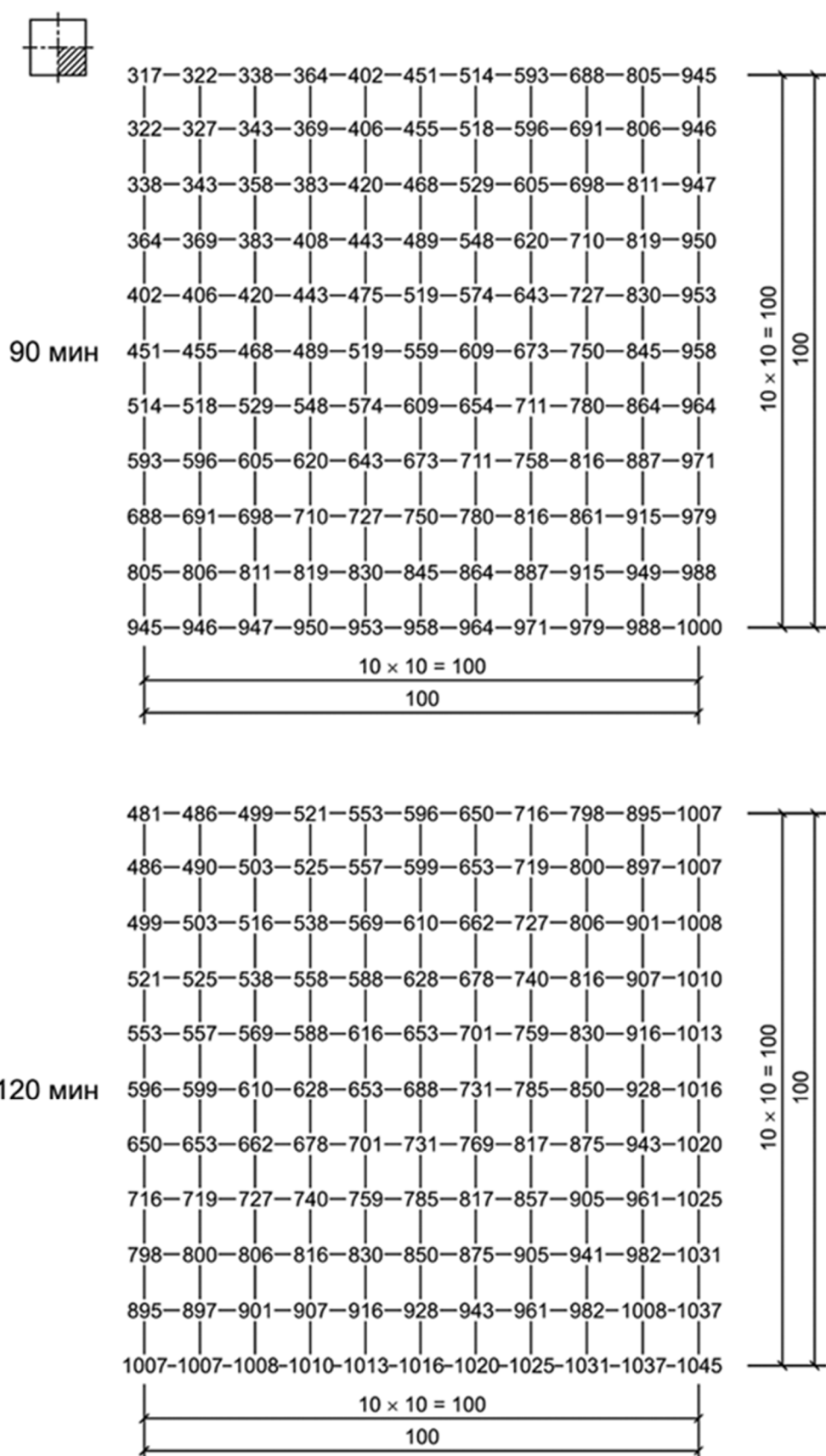
Ниже приведены температурные поля из СП 468.1325800.2019 и СТО 36554501-006-2006.

Изополя определены для тяжелого бетона с **силикатным заполнителем** плотностью 2000–2400 кг/м³ и влажностью 2%–3% при воздействии стандартного температурного режима пожара.

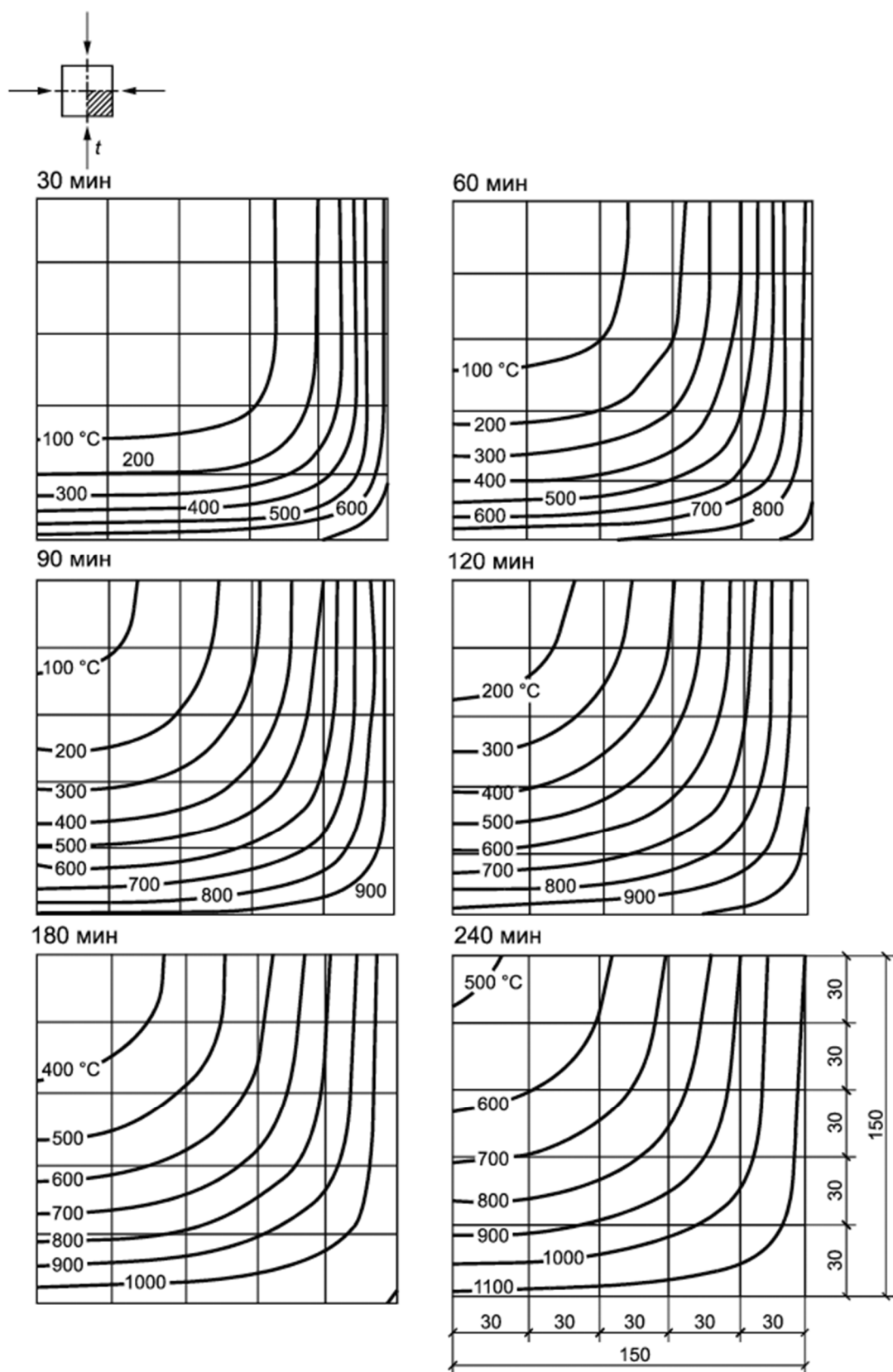
Переход к изополям с карбонатным заполнителем осуществляется путем домножения на температуры на коэффициент 0,9.



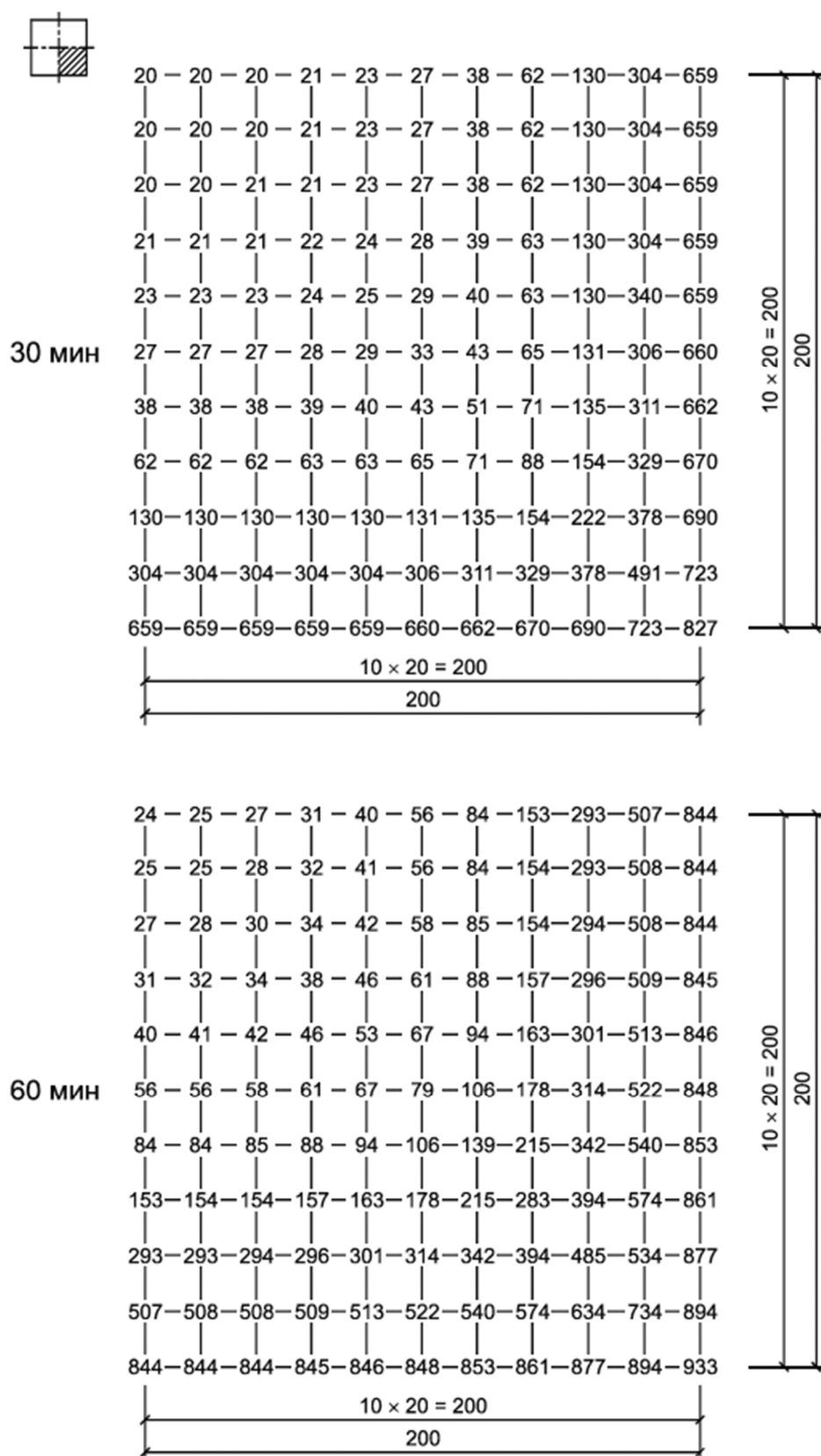
Температуры прогрева бетона в колонне сечением 200х200 мм при четырехстороннем воздействии пожара длительностью 30 и 60 мин



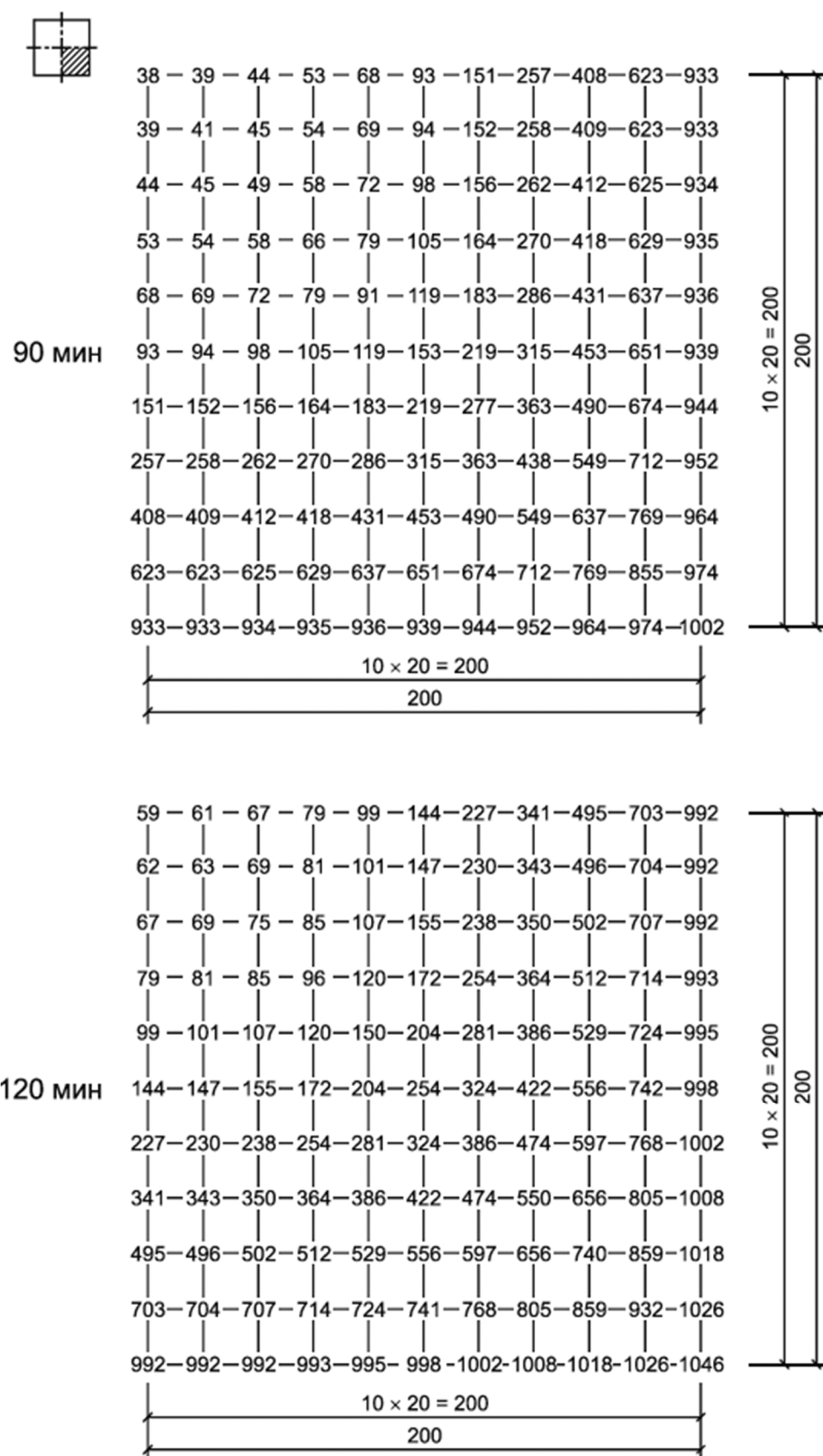
Температуры прогрева бетона в колонне сечением 200х200 мм при четырехстороннем воздействии пожара длительностью 90 и 120 мин



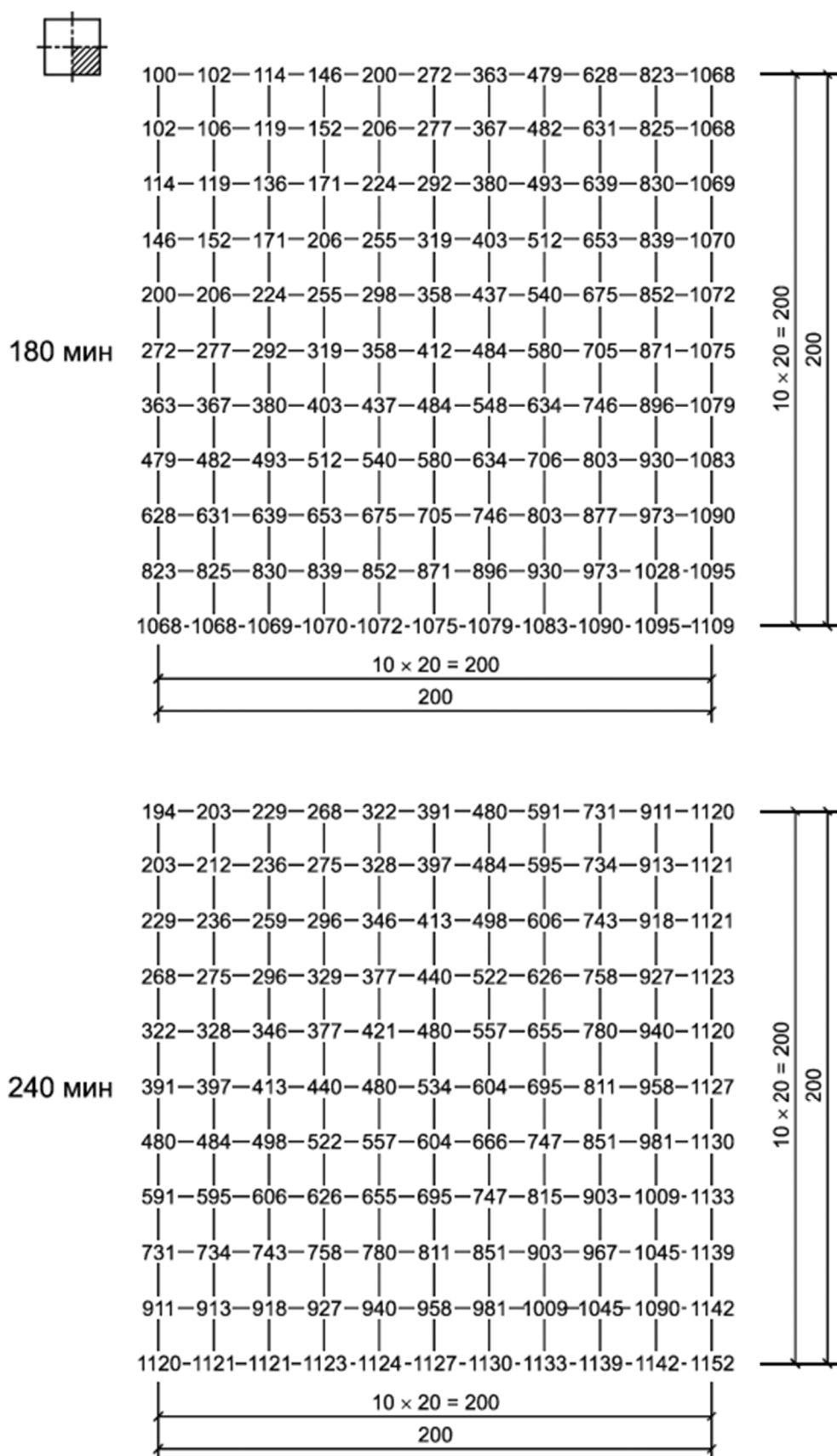
Изотермы в бетоне колонны сечением 300х300 мм при четырехстороннем воздействии пожара длительностью 30, 60, 90, 120, 180 и 240 мин



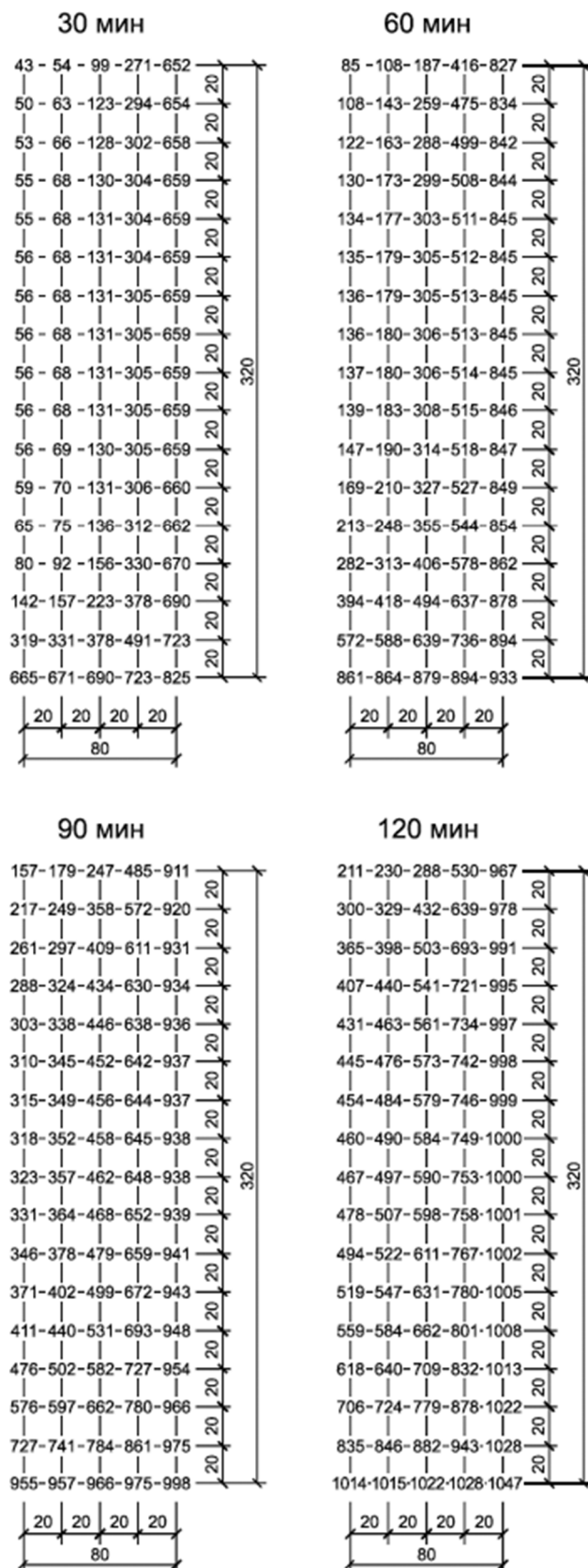
Температуры прогрева бетона в колонне сечением 400х400 мм при четырехстороннем воздействии пожара длительностью 30 и 60 мин



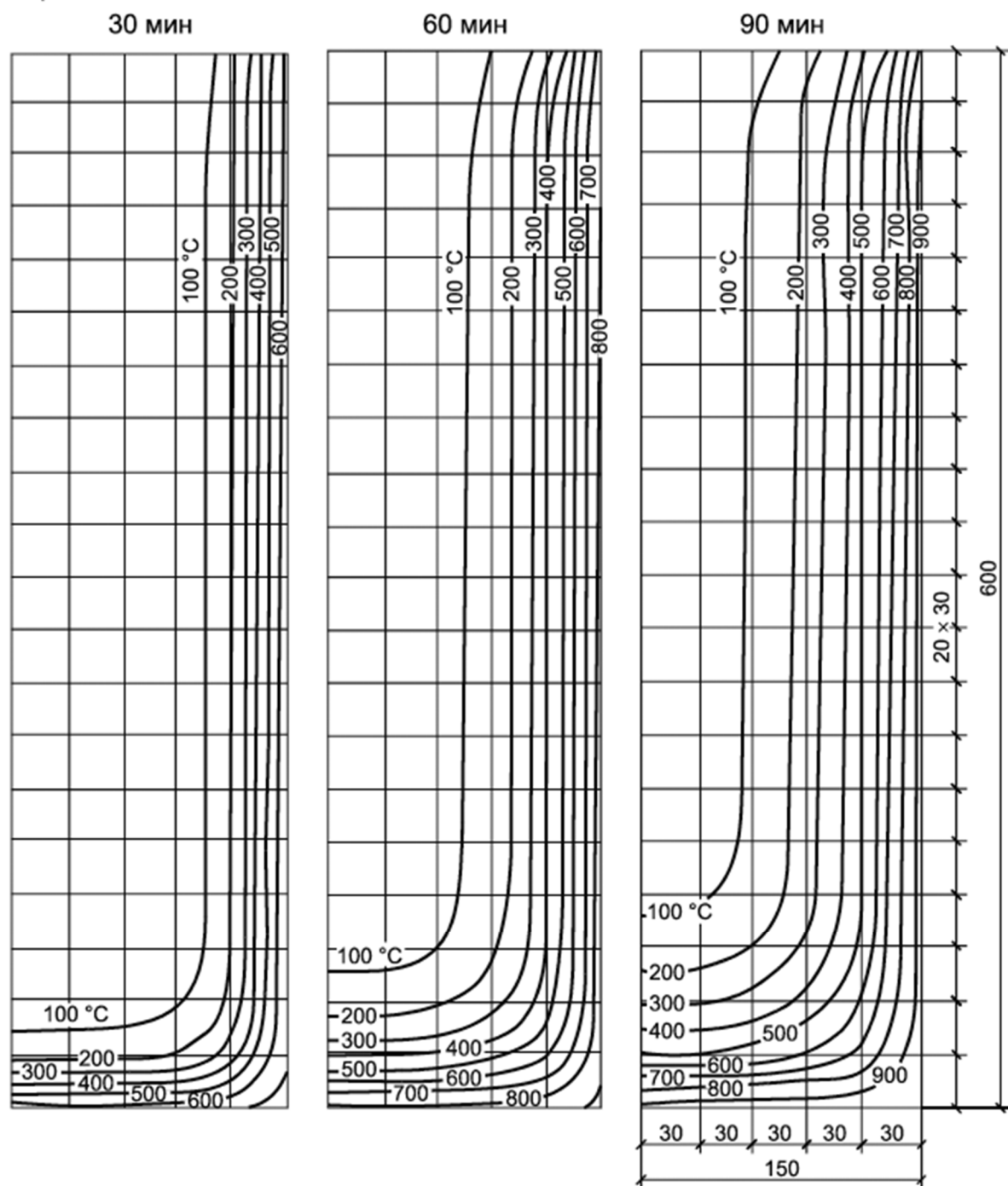
Температуры прогрева бетона в колонне сечением 400х400 мм при четырехстороннем воздействии пожара длительностью 90 и 120 мин



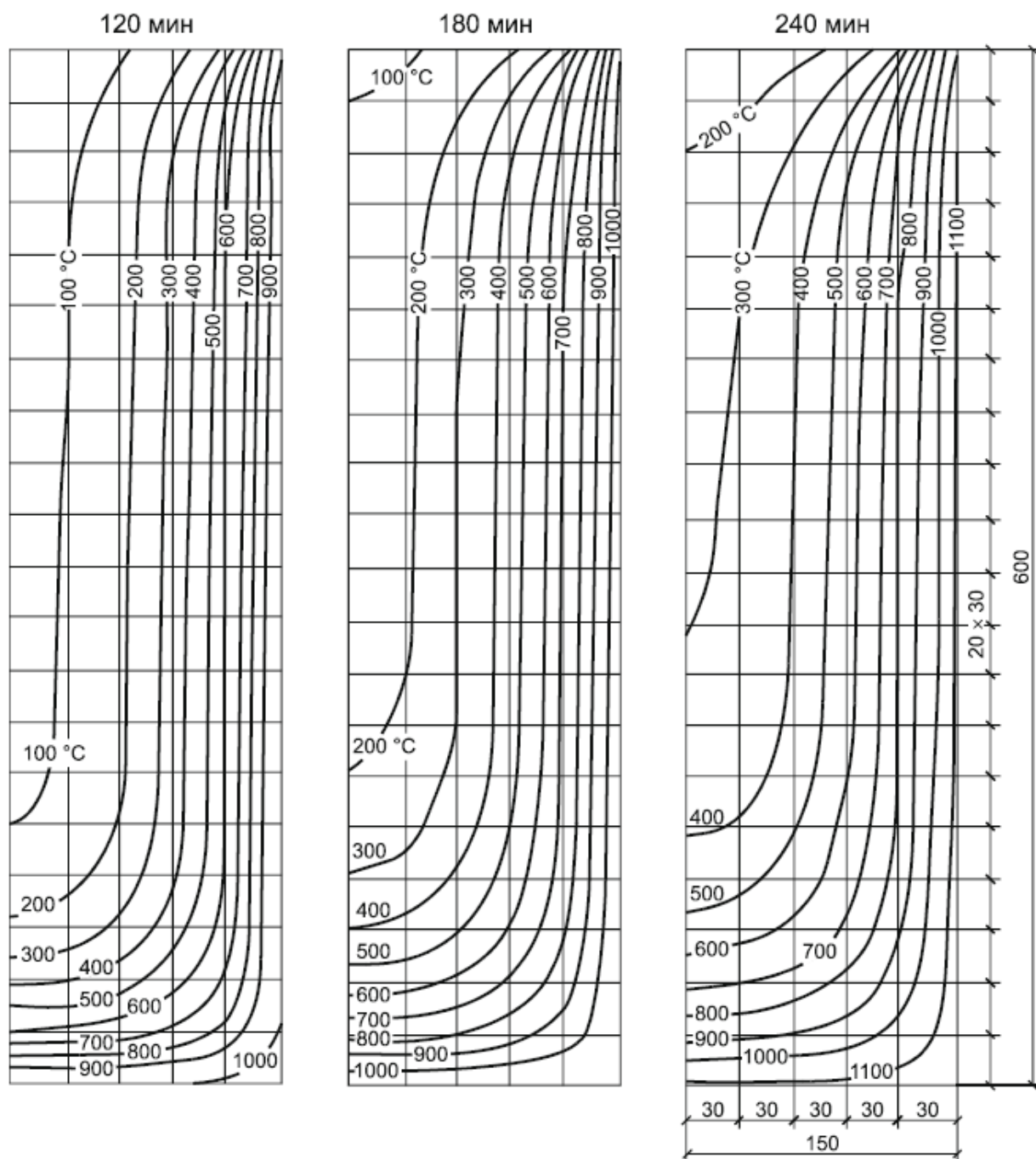
Температуры прогрева бетона в колонне сечением 400х400 мм при четырехстороннем воздействии пожара длительностью 180 и 240 мин



Температуры прогрева бетона в балке сечением 160х320 мм при трехстороннем воздействии пожара длительностью 30, 60, 90 и 120 мин



Изотермы в бетоне балки сечением 300х600 мм при трехстороннем воздействии пожара длительностью 30, 60 и 90 мин



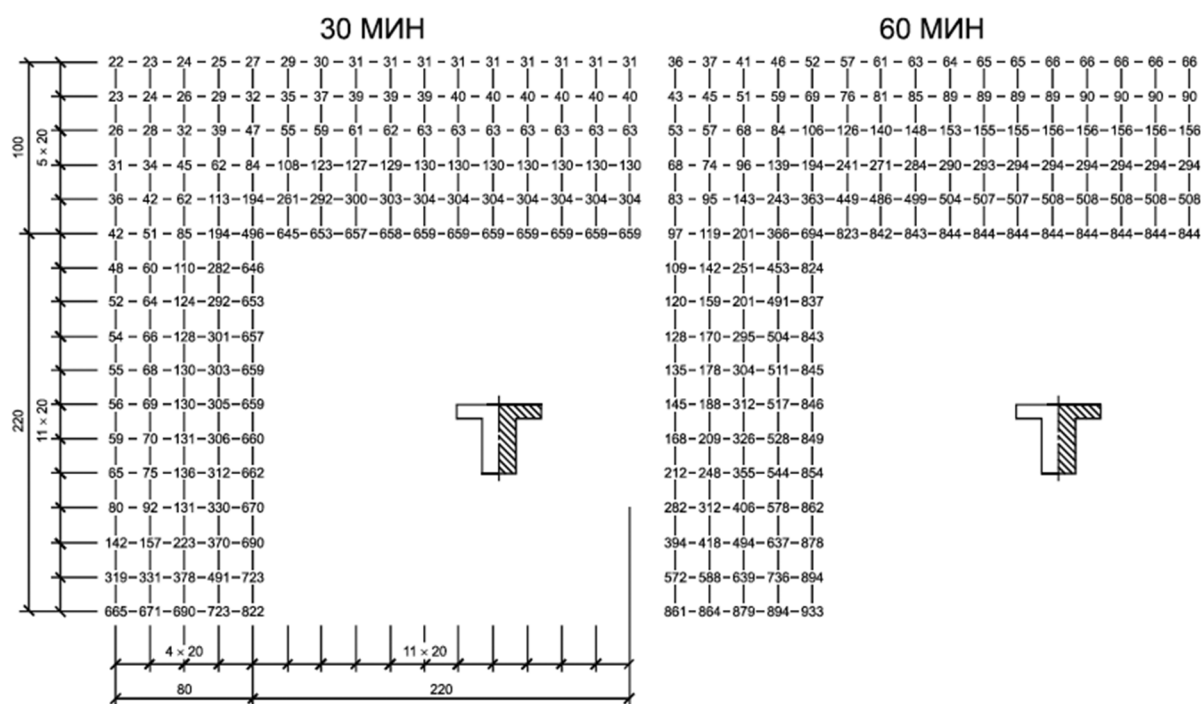
Изотермы в бетоне балки сечением 300х600 мм при трехстороннем огневом воздействии стандартного пожара длительностью 120, 180 и 240 мин

Приложение В. Температурные поля для балок

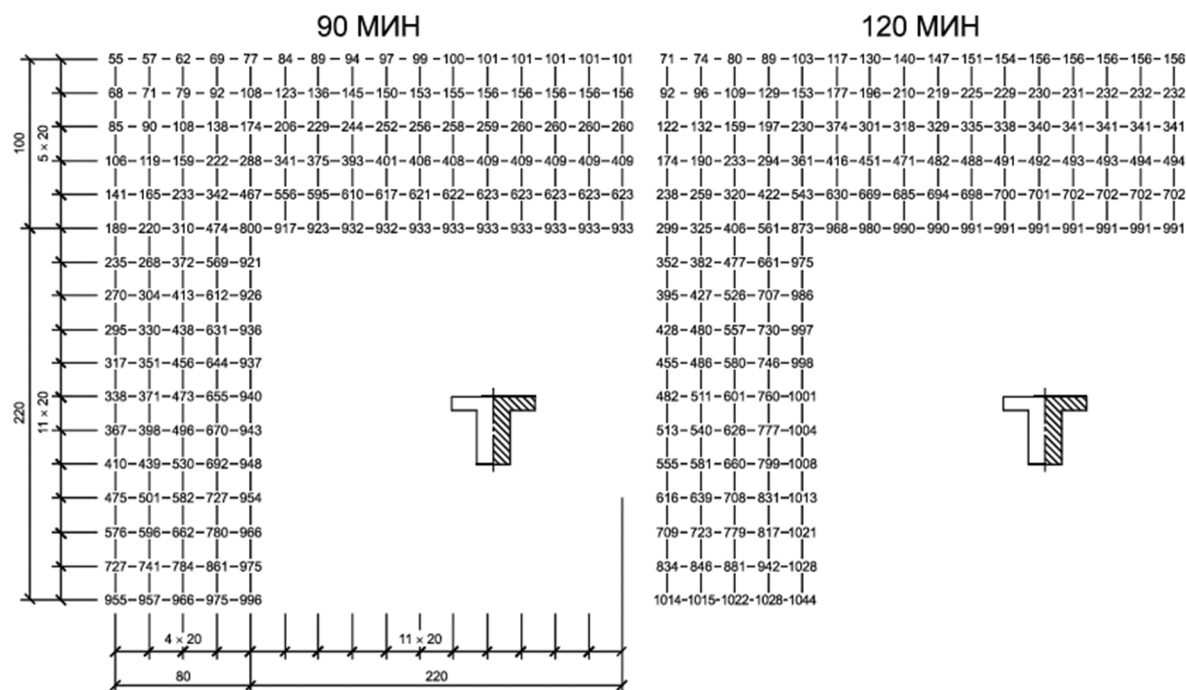
Ниже приведены температурные поля из СП 468.1325800.2019 и СТО 36554501-006-2006.

Изополя определены для тяжелого бетона с **силикатным заполнителем** плотностью 2000–2400 кг/м³ и влажностью 2%–3% при воздействии стандартного температурного режима пожара.

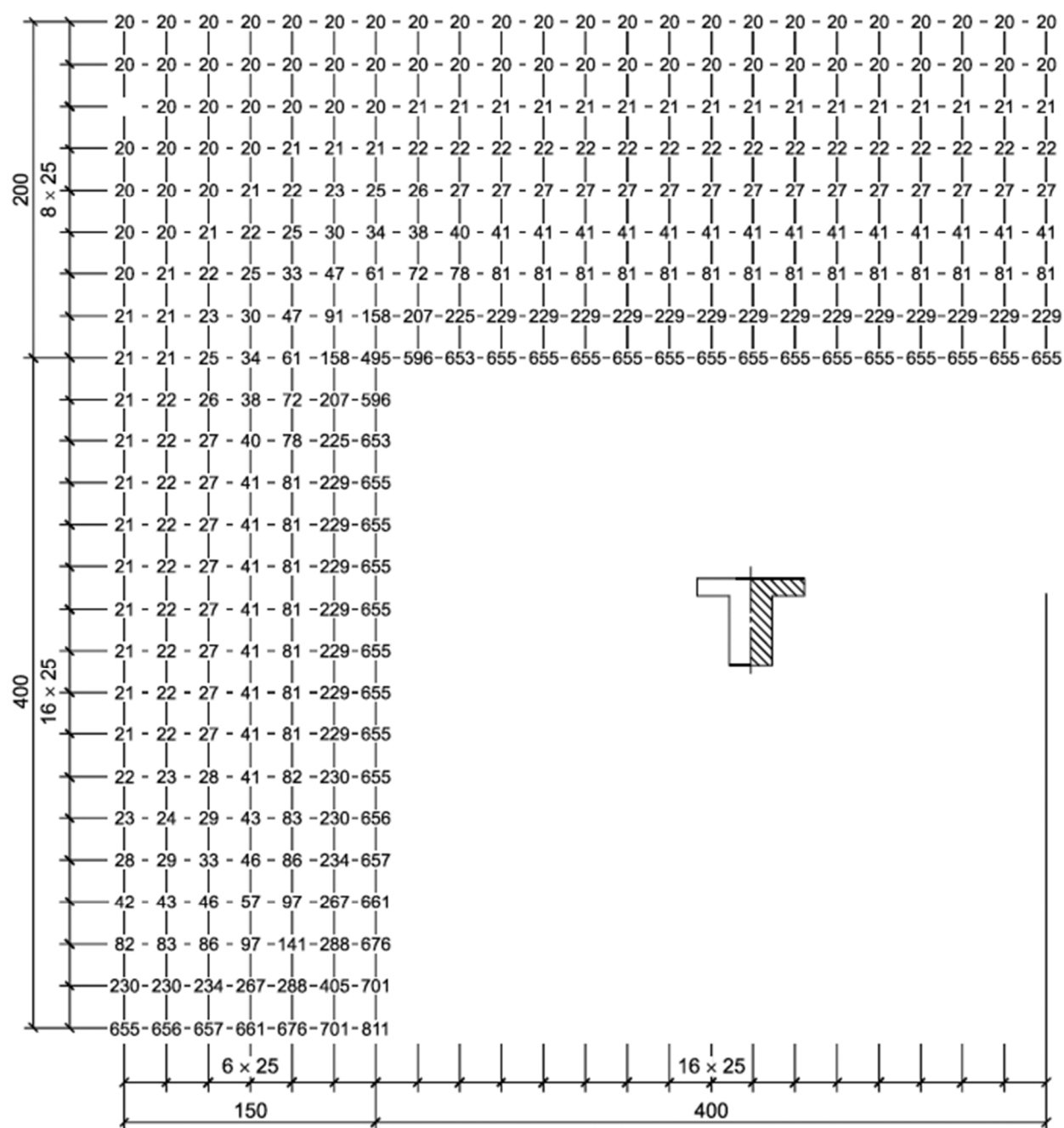
Переход к изополям с карбонатным заполнителем осуществляется путем домножения на температуры на коэффициент 0,9.



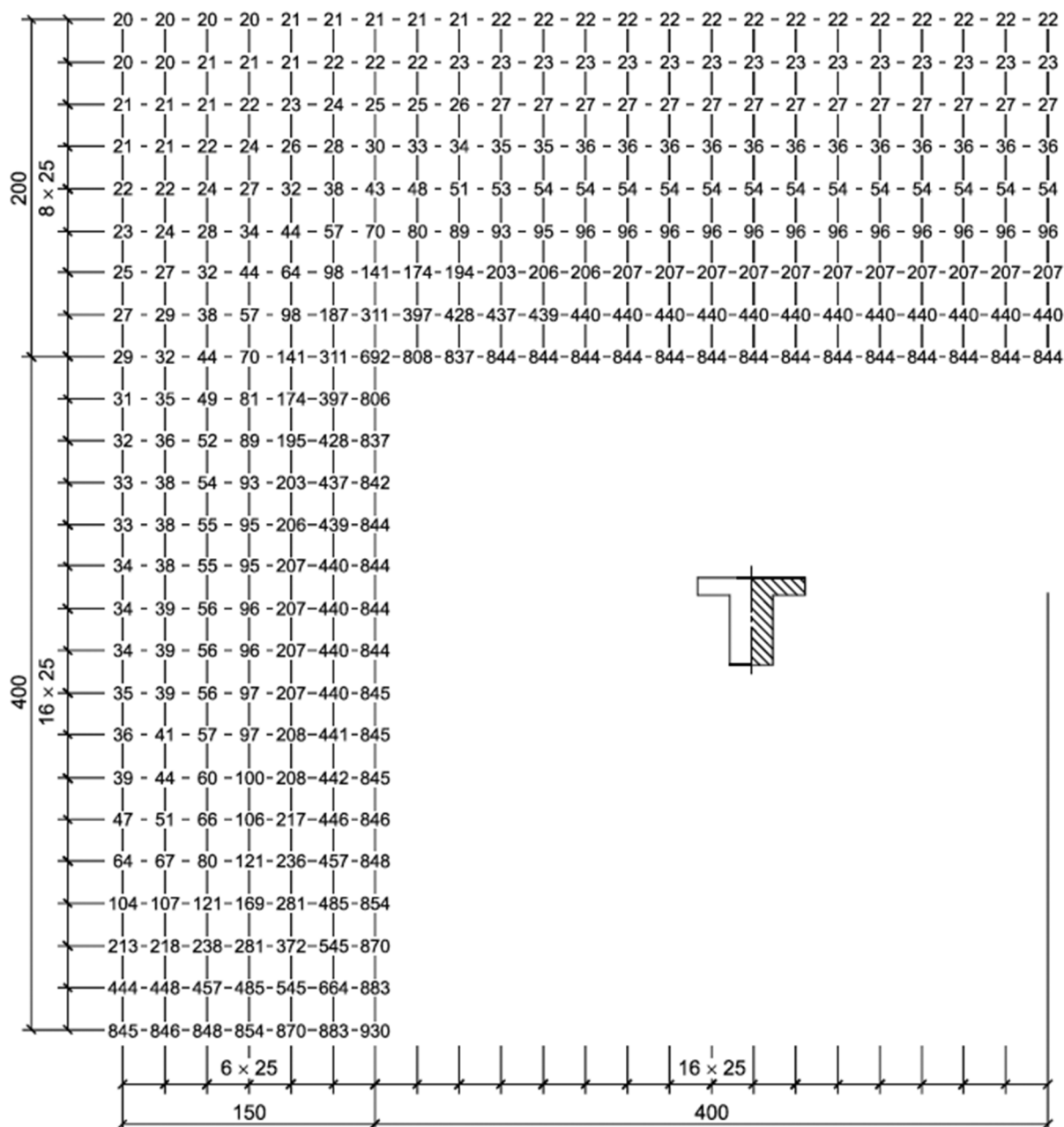
Температуры прогрева бетона в монолитном ребристом перекрытии с балкой сечением 160х320 мм и плитой толщиной 100 мм при пожаре длительностью 30 и 60 мин



Температуры прогрева бетона в монолитном ребристом перекрытии с балкой сечением 160х320 мм и плитой толщиной 100 мм при пожаре длительностью 90 и 120 мин

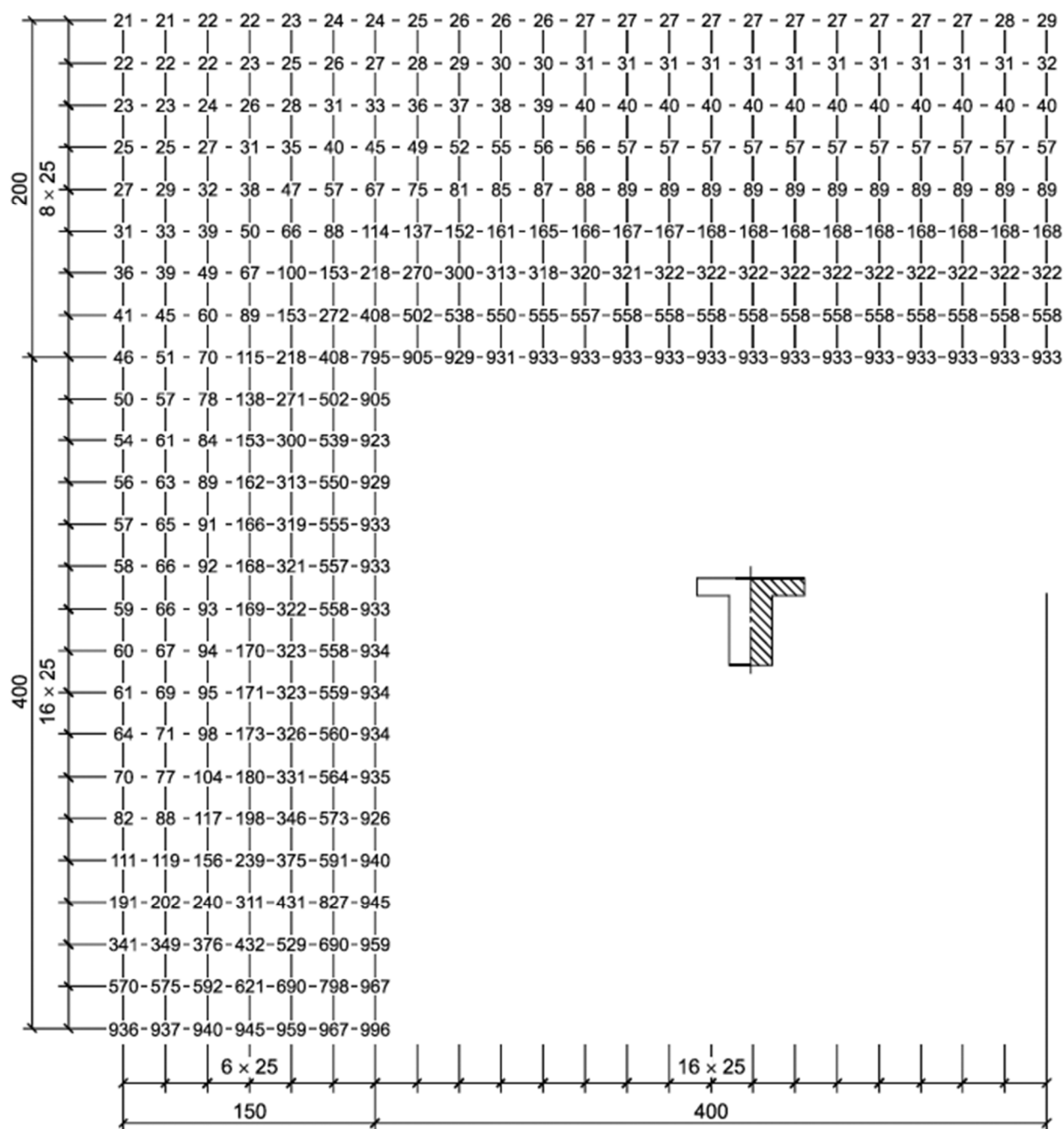


60 мин



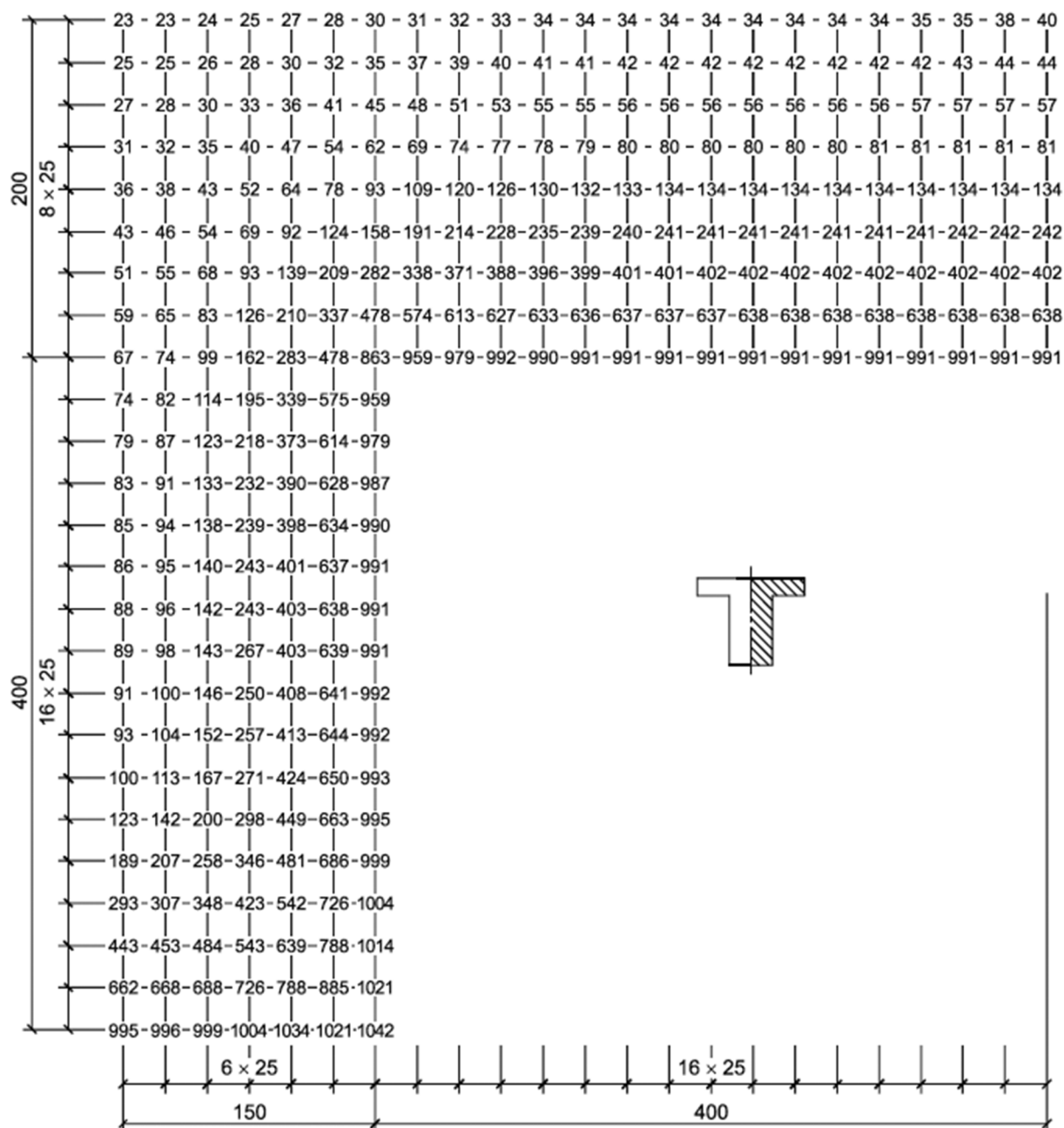
Температуры прогрева бетона в монолитном ребристом перекрытии с балкой сечением 300х600 мм и плитой толщиной 200 мм при пожаре длительностью 60 мин

90 мин



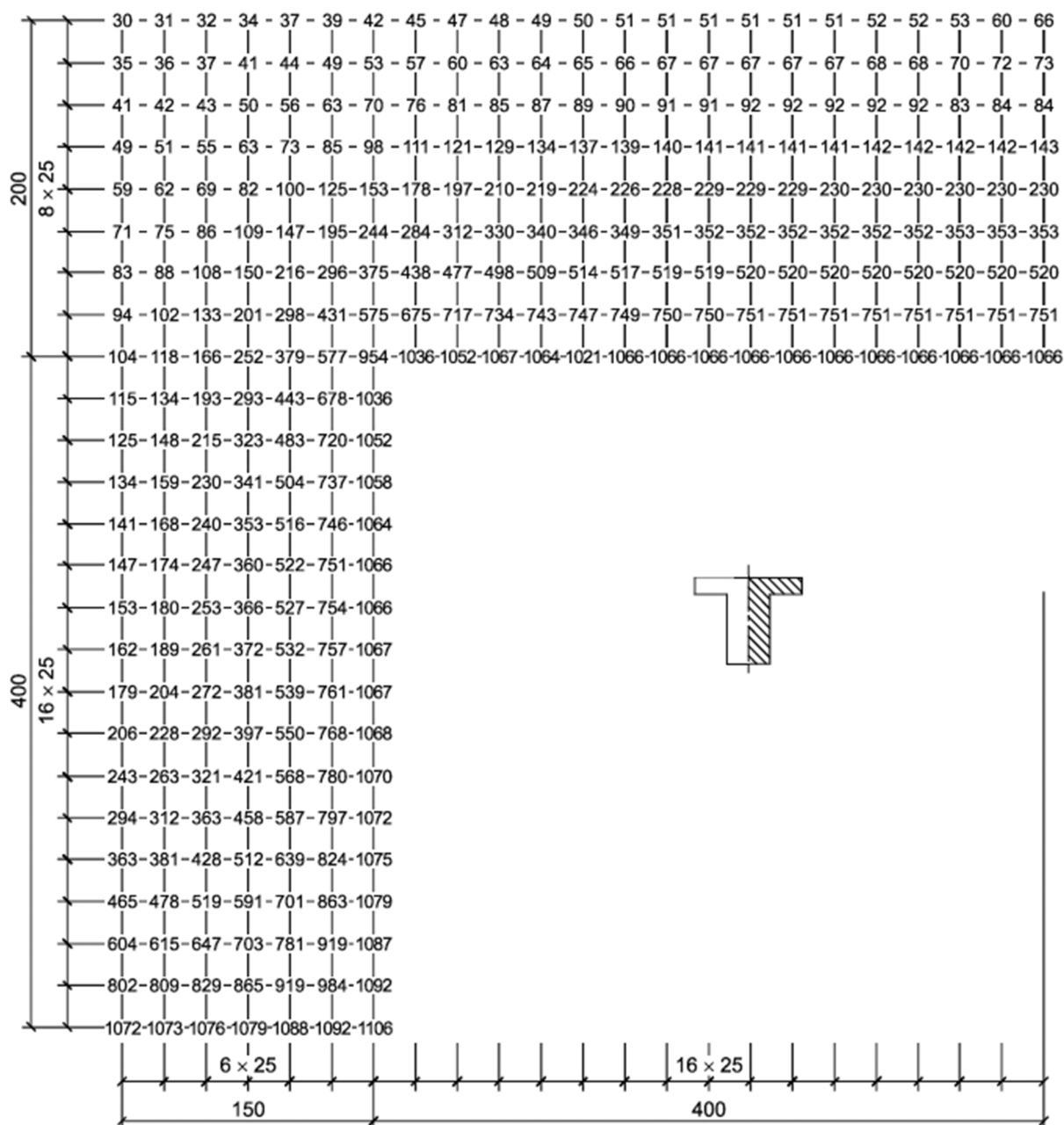
Температуры прогрева бетона в монолитном ребристом перекрытии с балкой сечением 300x600 мм и плитой толщиной 200 мм при пожаре длительностью 90 мин

120 мин



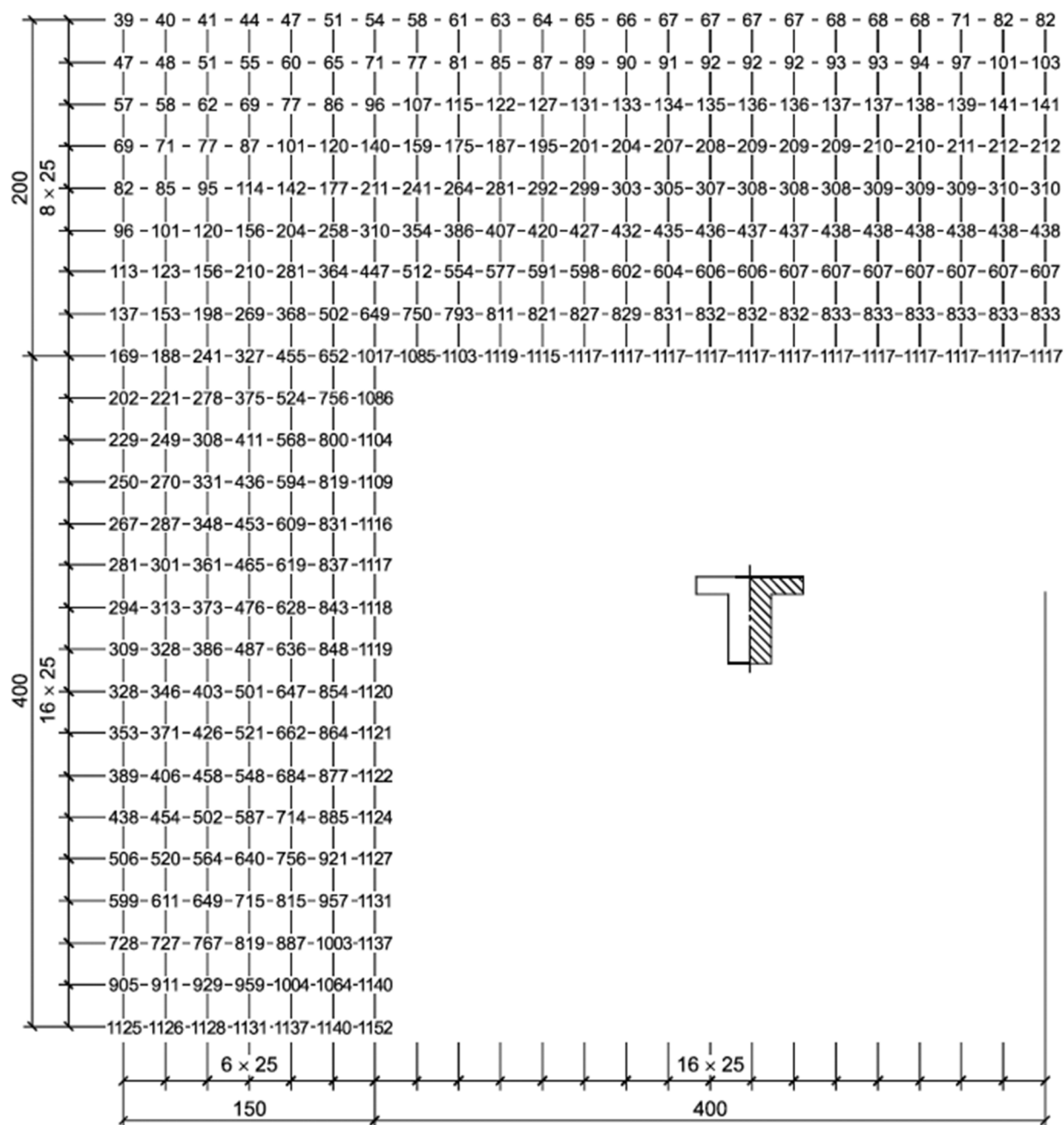
Температуры прогрева бетона в монолитном ребристом перекрытии с балкой сечением 300x600 мм и плитой толщиной 200 мм при пожаре длительностью 120 мин

180 мин

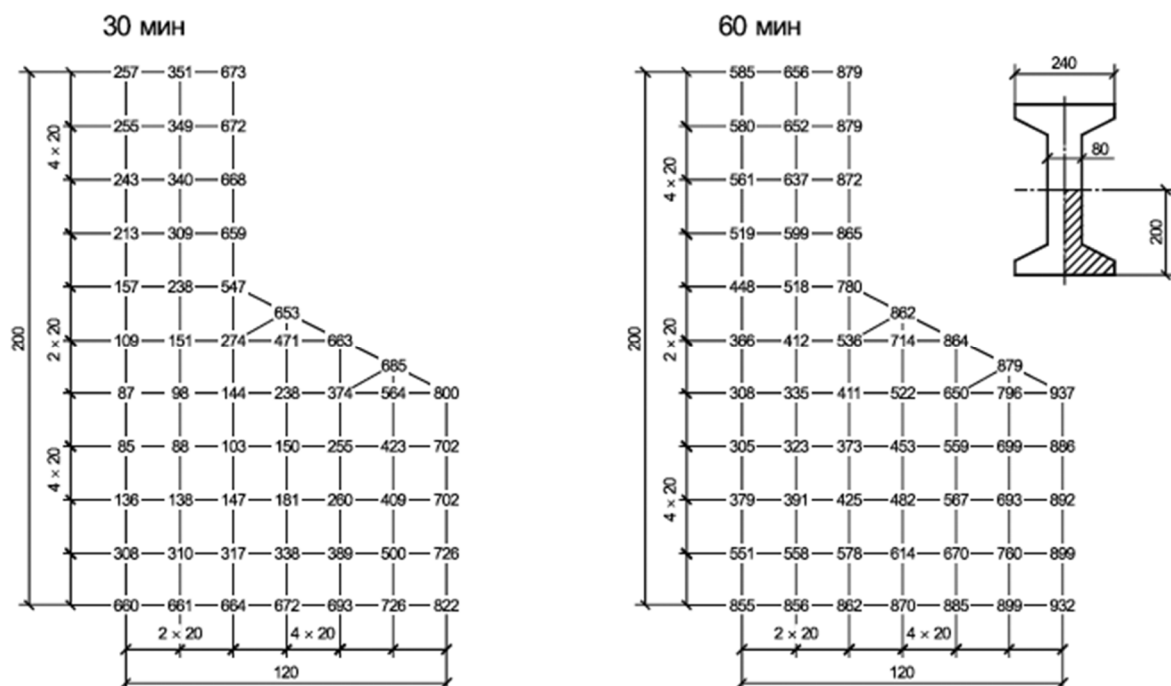


Температуры прогрева бетона в монолитном ребристом перекрытии с балкой сечением 300х600 мм и плитой толщиной 200 мм при пожаре длительностью 180 мин

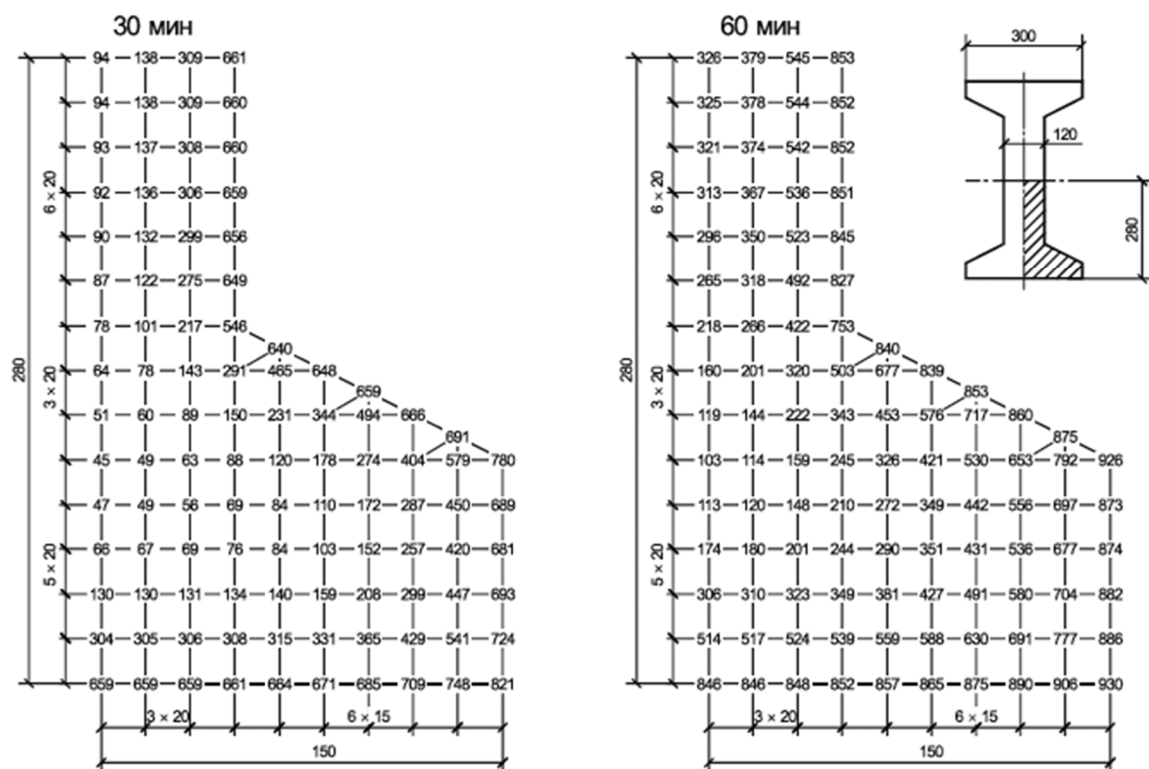
240 мин



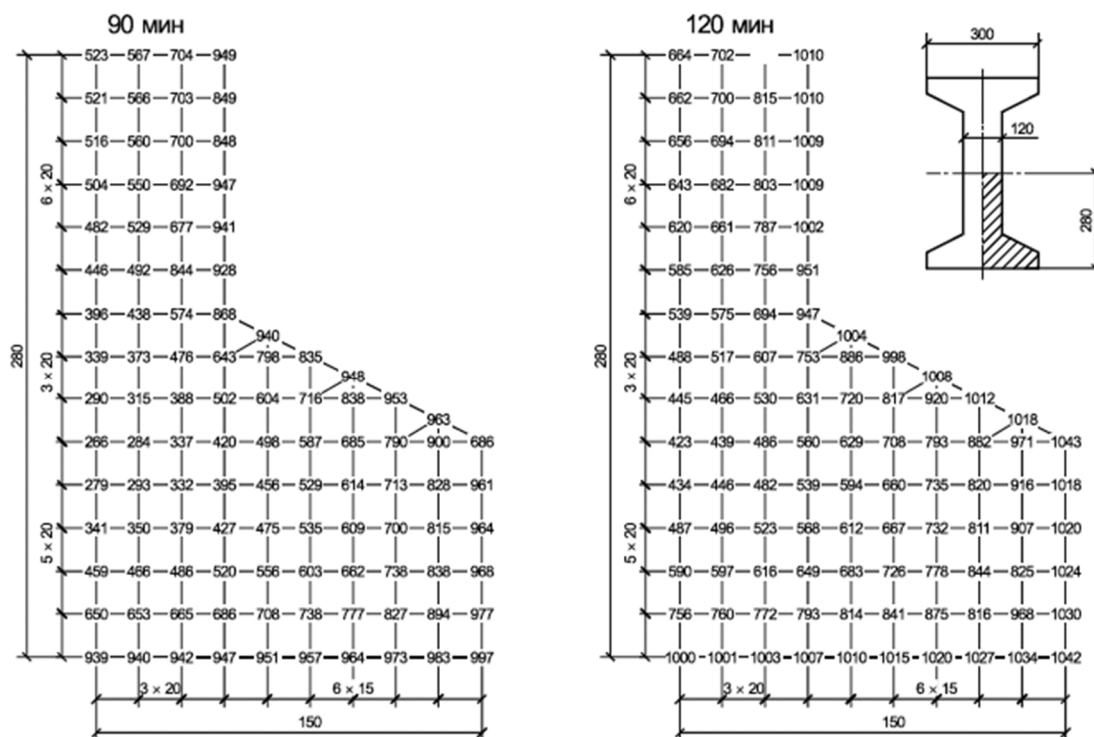
Температуры прогрева бетона в монолитном ребристом перекрытии с балкой сечением 300x600 мм и плитой толщиной 200 мм при пожаре длительностью 240 мин



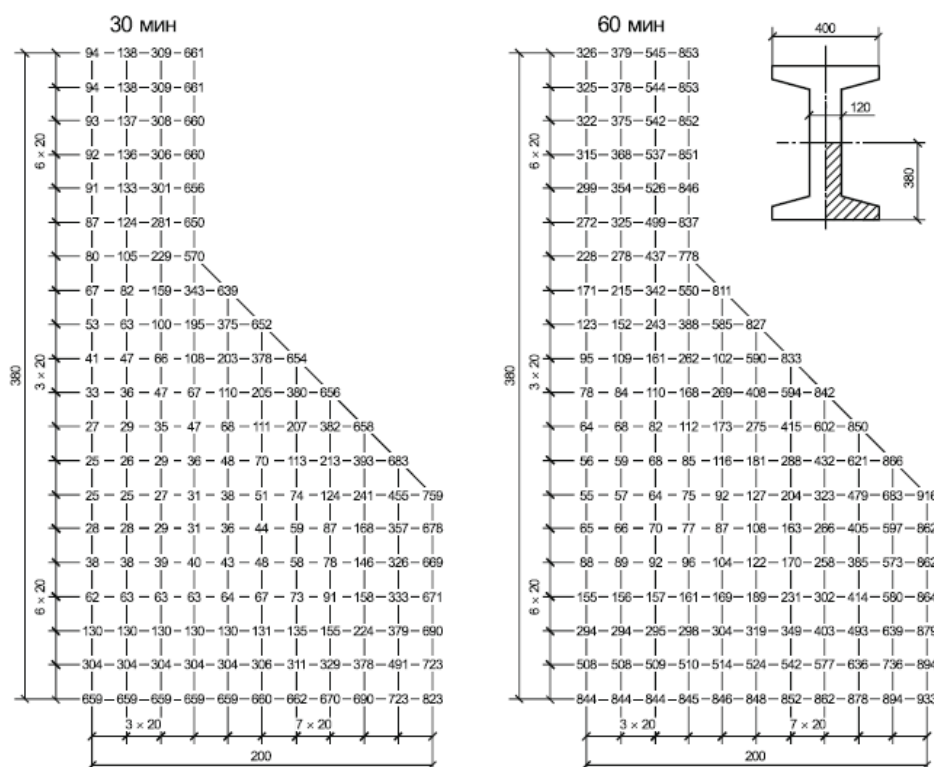
Температуры прогрева бетона в двутавровой балке со стенкой толщиной 80 мм и полкой шириной 240 мм при пожаре длительностью 30 и 60 мин



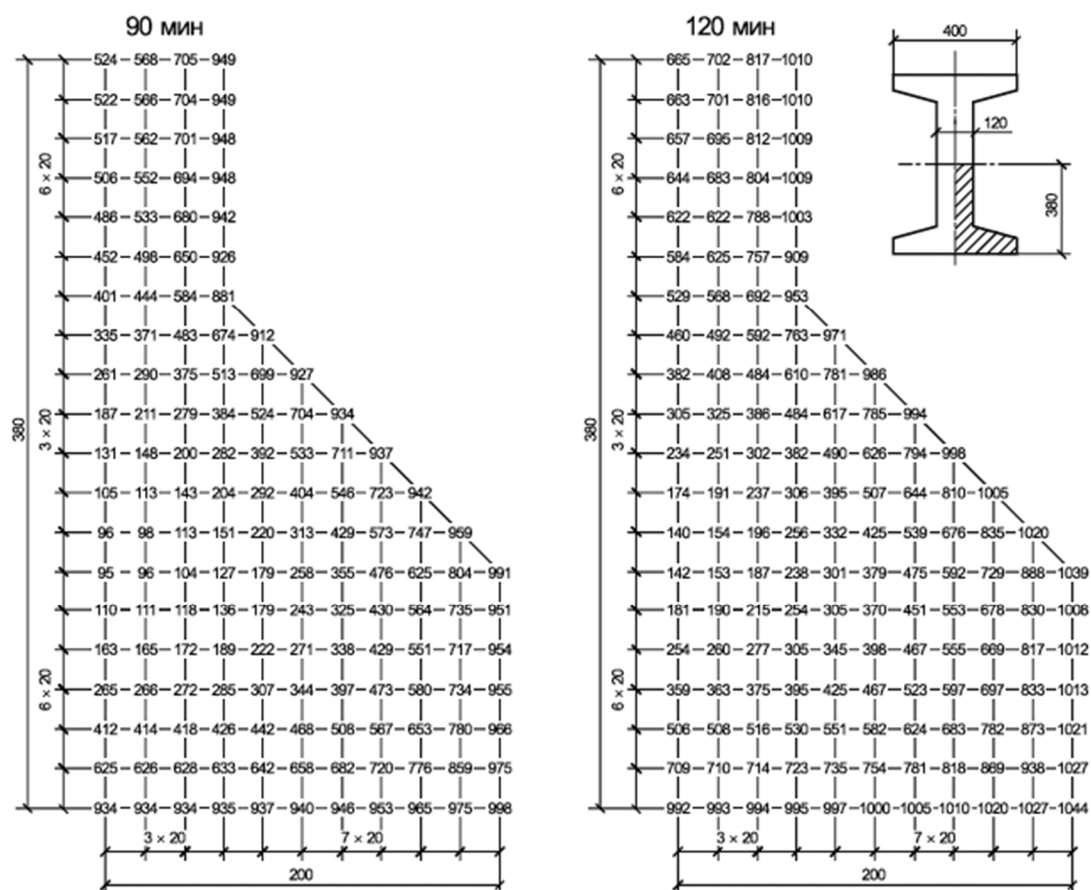
Температуры прогрева бетона в двутавровой балке со стенкой толщиной 120 мм и полкой шириной 300 мм при пожаре длительностью 30 и 60 мин



Температуры прогрева бетона в двутавровой балке со стенкой толщиной 120 мм и полкой шириной 300 мм при пожаре длительностью 90 и 120 мин



Температуры прогрева бетона в двутавровой балке со стенкой толщиной 120 мм и полкой шириной 400 мм при пожаре длительностью 30 и 60 мин



Температуры прогрева бетона в двутавровой балке со стенкой толщиной 120 мм и полкой шириной 400 мм при пожаре длительностью 90 и 120 мин