ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ СССР)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

Часть II, раздел В

Глава 7

БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННЫХ И ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

СНиП II-В.7-67

Отменен Постановлением Госстроя СССР
№ 14 от 1 марта 1976 г.
с 1/I-1977 г. См. БСТ № 5, 1976 г. с. 19.
Заменен СН 482-76

Москва—1968

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ СССР)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

Часть II, раздел В

Глава 7

БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННЫХ И ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

СНиП II-В.7-67

Утверждены
Государственным комитетом Совета Министров СССР
по делам строительства
18 июля 1967 г.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва — 1968

УДК 69(083.75)+624.012.36

Глава СНиП II-В.7-67 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. Нормы проектирования» разработана в дополнение к главе СНиП II-В.1-62 «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования» и содержит специфические требования к проектированию бетонных и железобетонных конструкций, вызванные систематическим воздействием на них повышенных и высоких температур. При этом требования являющиеся общими для конструкций, не подвергающихся систематическим температурным воздействиям, в настоящих нормах не даны, они должны приниматься по главе СНиП II-В.1-62, а в необходимых случаях и по другим действующим нормативным документам.

Глава СНиП II-В.7-67 разработана Научно-исследовательским институтом бетона и железобетона (НИИЖБ) Госстроя СССР.

Редакторы: инж. *Л. Е. ТЕМКИН* (Госстрой СССР),
канд. техн. наук *А. Ф. МИЛОВАНОВ* (НИИЖБ Госстроя СССР).

3—2—4

План IV кв. 1967 г., № 1/3

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР)	Строительные нормы и правила Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. Нормы проектирования	СНиП II-В.7-67 —

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие нормы являются дополнением главы СНиП II-В.1-62 «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования» и распространяются на проектирование бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в условиях систематического воздействия технологических температур, в том числе:

а) несущих конструкций из обычных бетонов на цементном вяжущем (см. п. 1.1 главы СНиП II-В.1-62 и п. 1.16 главы СНиП I-В.3-62), подверженных воздействию повышенных температур выше 50° С;

б) несущих конструкций из жаростойких тяжелых и легких бетонов, подверженных воздействию высоких температур выше 200° С;

в) ненесущих конструкций (футеровок печей и других тепловых агрегатов) из жаростойких тяжелых и легких бетонов, подверженных воздействию высоких температур выше 200° С, только в части определения температуры в сечениях элементов конструкций (пп. 5.1—5.7) и конструктивных требований.

Примечания: 1. Область применения конструкций из обычного и жаростойкого бетонов при воздействии повышенной и высокой температуры и агрессивной среды определяется по главе СНиП I-Г.10-62 «Огнеупорные материалы и изделия» и по табл. 1 «Инструкции по технологии приготовления и применения жаростойких бетонов» (СН 156-67).

2. Нормы не распространяются на определение огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций.

3. Проектирование специальных железобетонных конструкций (резервуары, дымовые трубы, емкости и т. д.), подвергающихся систематическому воздействию температур выше 50° С, должно производиться с учетом дополнительных требований, предъявляемых к этим сооружениям специальными нормативными документами.

1.2. Несущие конструкции из обычного бетона и железобетона могут применяться, как правило, при систематическом воздействии повышенных циклических и стационарных технологических температур до 200° С.

Несущие конструкции из жаростойкого тяжелого и легкого бетона и железобетона рекомендуется предусматривать при систематическом воздействии циклических и стационарных технологических температур выше 200° С.

Максимальная температура применения конструкций из обычного тяжелого и жаростойких тяжелых и легких бетонов устанавливается в зависимости от вида бетона (в том числе вида вяжущего, заполнителей, а также тонкомолотых добавок и отвердителя), распределения температуры по высоте сечения элемента и величины напряжений в бетоне согласно указаниям п. 2.6 настоящих норм.

Примечания: 1. Под циклическим нагревом подразумевается такой температурный режим, при котором в процессе эксплуатации не менее чем один раз в сутки температура нагрева конструкции может изменяться более чем на 30% или не менее чем один раз в неделю — на 100%.

2. Некоторые железобетонные конструкции фундаментов, находящиеся в грунте, которые в течение всего срока эксплуатации постоянно нагреты, допускается предусматривать из обычного тяжелого бетона при температуре до 300° С.

1.3. Все конструкции, в которых бетон подвергается нагреву выше 50° С, необходимо защищать от периодического замачивания, если замачивание возможно по условиям эксплуатации.

1.4. Элементы конструкций тепловых агрегатов, выполняемых из жаростойкого бетона, все сечение которых может быть нагрето выше 1000° С, допускается применять только после опытной проверки.

1.5. При назначении вида бетона (обычного либо жаростойкого тяжелого или легкого)

Внесены НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР	Утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 18 июля 1967 г.	Срок введения 1 апреля 1968 г.

и материалов для его приготовления (вида вяжущего, заполнителей, тонкомолотой добавки, отвердителя), а также режима укладки, ухода за ним в процессе твердения и требований к контролю качества надлежит руководствоваться «Инструкцией по технологии приготовления и применения жаростойких бетонов» (СН 156-67) и соответствующими нормативными документами по технологии приготовления, режиму укладки, твердения и контроля качества обычного бетона.

1.6. В рабочих чертежах конструкций, подверженных систематическим воздействиям повышенных или высоких температур, или в пояснительной записке к рабочим чертежам таких конструкций должны быть приведены (в дополнение к указанным в пп. 1.21 и 1.22 главы СНиП II-В.1-62) следующие данные:

а) максимальная принятая в расчете температура нагрева конструкций в процессе эксплуатации;

б) вид бетона (обычный либо жаростойкий тяжелый или легкий) и материалы, применяемые для его приготовления, режим укладки и твердения бетона в соответствии с требованиями настоящих норм, Инструкции СН 156-67 и других нормативных документов по технологии приготовления обычного бетона;

в) проектная марка бетона по прочности на сжатие и его прочность при температуре, соответствующей условиям эксплуатации конструкций, а для сборных элементов также прочность бетона при отпуске их предприятием-изготовителем;

г) то же, что и в п. 1.6 «б» и «в» для бетона (или раствора), применяемого для заделки монтажных швов и замоноличивания сборных элементов;

д) состав и конструкция защитных футеровочных слоев в случаях, если таковые требуются по расчету.

2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

БЕТОН

2.1. Бетон для бетонных и железобетонных конструкций, работающих в условиях систематического воздействия повышенных и высоких температур, применяется следующих проектных марок по прочности на сжатие:

обычный тяжелый — 150, 200, 300, 400 и 500;

жаростойкий тяжелый — 100, 150, 200, 250, 300 и 400;

жаростойкий легкий — 15, 25, 35, 50, 75, 100, 150, 200 и 250.

Проектная марка по прочности на сжатие обычного бетона на цементном вяжущем устанавливается согласно указаниям пп. 2.13—2.19 главы СНиП II-А.10-62 «Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования» и п. 1.7 главы СНиП I-В.3-62 «Бетоны на неорганических вяжущих и заполнителях», а жаростойкого бетона — согласно указаниям п. 1.12 главы СНиП I-В.3-62.

Примечания: 1. При соответствующем обосновании допускается предусматривать применение обычного тяжелого бетона проектных марок выше 500 на цементном вяжущем.

2. Жаростойкие легкие бетоны объемным весом $\gamma \geqslant 1000$ *кг/м*³ и более могут предусматриваться для несущих конструкций тепловых агрегатов.

2.2. Обычный и жаростойкий тяжелые бетоны для предварительно напряженных железобетонных конструкций, работающих в условиях систематического воздействия повышенных и высоких температур, должны быть проектной марки по прочности на сжатие не ниже 300.

2.3. Жаростойкие тяжелые бетоны проектных марок 100 и 150 на цементных вяжущих допускается применять только в бетонных массивах, фундаментах, а также в элементах тепловых агрегатов, которые не подвергаются в процессе эксплуатации ударным или истирающим воздействиям, а также циклическому нагреву, при температурах до 500° С. При температурах нагрева выше 500° С таких конструкций проектная марка бетона должна быть не ниже 200.

2.4. Для конструкций, подвергающихся ударным или истирающим воздействиям или циклическому нагреву при температурах выше 500° С, надлежит предусматривать применение жаростойких бетонов проектной марки: на цементном вяжущем не ниже 250 и на жидком стекле не ниже 200.

2.5. Для сборных несущих жаростойких железобетонных без предварительного напряжения элементов, работающих в условиях систематического воздействия высоких температур, следует предусматривать бетоны проектной марки по прочности на сжатие: на цементном вяжущем не ниже 200 и на жидком стекле не ниже 150.

2.6. При равномерном и неравномерном (или одностороннем) нагреве по высоте сечения несущих элементов конструкций, в которых от собственного веса или собственного ве-

Таблица 1

Максимальная температура применения обычного тяжелого и жаростойкого тяжелого и легкого бетонов для несущих конструкций

№ состава бетона (соответствует Инструкции СН 156-67)	Исходные материалы, применяемые в бетоне				Максимальная температура применения бетона для несущих конструкций в °С
	вяжущее	отвердитель	тонкомолотая добавка	заполнитель	
1	2	3	4	5	6
1	Портландцемент (шлакопортландцемент)	Не применяется	Не применяется	Гранит, доломит, плотный известняк, сиенит, природный песок	200
2	То же	То же	То же	Андезит, базальт, диабаз, диорит	350
3	»	»	»	Отвальный доменный шлак	350
4	»	»	»	Артикский туф, из обыкновенного глиняного кирпича	350
5*	Портландцемент	»	Зола-унос, из глиняного обыкновенного кирпича, пемзы, доменного гранулированного шлака	Андезит, базальт, диабаз, диорит	700
6*	То же	»	То же	Отвальный доменный шлак	700
7*	»	»	»	Артикский туф	700
8	»	»	Из топливного шлака	Топливный шлак	700
9	»	»	Из обыкновенного глиняного кирпича	Из обыкновенного глиняного кирпича	800
10	»	»	Шамотная класса В, лёсс, зола-унос	Шамотный класса В	900
11	»	»	Шамотная класса Б	Шамотный класса Б	1000
12	Жидкое стекло	Кремнефтористый натрий	Шамотная класса В, из андезита, базальта или диабаза	Из обыкновенного глиняного кирпича	600
13	То же	То же	То же	Андезит, базальт, диабаз	600
14	»	»	Шамотная класса В, из андезита, полукислая класса В	Шамотный класса В, полукислый класса В	800
15	»	»	Шамотная класса Б	Шамотный класса Б	900
18	»	»	Магнезитовая	Шамотный класса Б	1100

* Портландцемент может быть заменен шлакопортландцементом (условия замены — по Инструкции СН 156-67).

Продолжение табл. 1

№ состава бетона (соответствует Инструкции СН 156-67)	Исходные материалы, применяемые в бетоне				Максимальная температура применения бетона для несущих конструкции в °С
	вяжущее	отвердитель	тонкомолотая добавка	заполнитель	
1	2	3	4	5	6
21	Жидкое стекло	Нефелиновый шлам или феррохромовый шлак	Шамотная класса Б, из марганцовистого шлака	Шамотный класса Б	1000
24	То же	Нефелиновый шлам или марганцовистый шлак	Магнезитовая	Шамотный класса Б	1100
27	Глиноземистый цемент	Не применяется	Не применяется	Шамотный класса Б	1100
28	То же	То же	То же	Хромитовый	1200
29	»	»	»	Высокоглиноземистый (не менее 62% Al_2O_3)	1200
39	Клинкерный портландцемент	»	Хромитовая (кимперсайская)	Хромитовый (кимперсайский)	1200
5-л	Портландцемент (объемный вес бетона 1500 *кг/м³*)	»	Шамотная класса Б, из обыкновенного глиняного кирпича, керамзитовая	Керамзитовый с насыпным объемным весом 500—650 кг/м³	800
6-л	То же (объемный вес бетона 1200 *кг/м³*)	»	То же	То же	800
8-л	Жидкое стекло (объемный вес бетона 1200 *кг/м³*)	Кремнефтористый натрий	Шамотная класса Б	»	700
11-л	То же (объемный вес бетона 1500 *кг/м³*)	То же	То же	»	700

Примечание. Номера и составы бетонов приняты: тяжелые по табл. 1 и легкие по табл. 2 «Инструкции по технологии приготовления и применения жаростойких бетонов» (СН 156-67). С буквой «л» указаны легкие жаростойкие бетоны.

са и внешних нагрузок напряжения сжатия в бетоне $\sigma_{б.н} > 1$ *кГ/см²*, максимальную температуру нагрева обычного и жаростойкого тяжелого и легкого бетонов допускается принимать по табл. 1 настоящих норм.

При неравномерном (или одностороннем) нагреве несущих элементов конструкций, рассчитываемых только на температурные усилия, а также ненесущих элементов конструкций (футеровок), в которых $\sigma_{б.н} \leqslant 1$ *кГ/см²*, максимальную температуру нагрева обычного и жаростойкого тяжелого и легкого бетонов допускается принимать соответственно по табл. 1 и 2 «Инструкции по технологии приготовления жаростойких бетонов» (СН 156-67).

Примечание. При воздействии на несущие конструкции температур, превышающих указанные в п. 2.6, надлежит предусматривать устройство защитных слоев (футеровок).

АРМАТУРА

2.7. Для армирования железобетонных конструкций, работающих в условиях систематического воздействия повышенных и высоких температур, допускается применять арматурные стали, предусмотренные в главах СНиП I-В.4-62, II-А.10-62 и II-В.1-62, с учетом дополнительных требований настоящих норм.

2.8. Максимальная температура нагрева арматуры в железобетонных конструкциях не должна превышать значений, указанных в табл. 2 настоящих норм.

Таблица 2

Максимальные температуры нагрева арматуры в несущих железобетонных конструкциях

№ арматуры (соответствует пп. 1—7— табл. 4, и пп. 8—11— табл. 5 главы СНиП II-В.1-62)	Вид арматуры	Максимальная температура нагрева в °С арматуры, устанавливаемой	
		по расчету	по конструктивным соображениям
1	2	3	4
1	Сталь горячекатаная круглая (гладкая) класса А-I, а также полосовая, угловая и фасонная группы марок «сталь 3»	400	550
2	Сталь горячекатаная периодического профиля класса А-II		
3	То же, класса А-III	450	650
4	То же, класса А-IV: а) для напрягаемой арматуры . . . . . б) для ненапрягаемой арматуры	250 450	Не рекомендуется
5	Сталь, упрочненная вытяжкой класса А-IIв	150	Не рекомендуется
6	То же, класса А-IIIв		
7	Проволока арматурная обыкновенная гладкая класса В-I и периодического профиля класса Вр-I (при применении в сварных сетках и каркасах)	150	600
8	Проволока высокопрочная гладкая класса В-II по ГОСТ 7348—63 . . .	150	Не рекомендуется
9	Проволока высокопрочная периодического профиля класса Вр-II по ГОСТ 8480—63		
10	Семипроволочные арматурные пряди по $\frac{\text{ЧМТУ}}{\text{ЦНИИЧМ}}$ 426—61		
11	Стальные многопрядные канаты (тросы) по ГОСТ 3066—55, ГОСТ 3067—55, ГОСТ 3068—55		

Примечание. Проволоку арматурную классов В-I и Вр-I при применении в сварных сетках и каркасах, устанавливаемых по расчету, допускается нагревать до 400° С. При нагреве свыше 150° С расчетные характеристики проволоки следует принимать такими же, как для арматуры класса А-I.

3. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

БЕТОН

3.1. Расчетные и нормативные сопротивления всех видов бетона (обычного, жаростойкого тяжелого и легкого) для элементов конструкций, эксплуатируемых при нормальной температуре (т. е. до 50° С включительно), принимаются как для обычного бетона по табл. 2 и 29 главы СНиП II-В.1-62 в зависимости от его проектной марки по прочности на сжатие.

3.2. Расчетные и нормативные сопротивления всех видов бетона для элементов конструкций, эксплуатируемых при повышенных и высоких температурах, принимаются по табл. 2 и 29 главы СНиП II-В.1-62 с умножением на соответствующие коэффициенты:

$\gamma_б$ и $\gamma_{б.р}$ — учитывающие снижение сопротивления бетона соответственно сжатию и растяжению при расчете конструкции на кратковременный нагрев;

$\gamma^п_б$ и $\gamma^п_{б.р}$ — то же, при расчете конструкций на длительный нагрев.

Значения этих коэффициентов принимаются по табл. 3 настоящих норм.

Таблица 3

Коэффициенты $\gamma_б$, $\gamma^п_б$, $\gamma_{б.р}$, $\gamma^п_{бр.}$ и $\beta_б$, учитывающие изменение расчетных и нормативных сопротивлений и модуля упругости обычного и жаростойкого бетонов в условиях систематического воздействия температуры

Номер состава бетона по табл. 1 настоящих норм	Коэффициент	Значения коэффициентов при температуре нагрева в °С										
		50	60	100	200	300	500	700	900	1000	1100	1200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1, 2	$\gamma_б$	1,0	0,90	0,85	0,70	0,50	—	—	—	—	—	—
	$\gamma^п_б$	1,0	0,85	0,80	0,60	0,35	—	—	—	—	—	—
	$\gamma_{б.р}$	1,0	0,80	0,70	0,50	0,30	—	—	—	—	—	—
	$\gamma^п_{б.р}$	1,0	0,75	0,65	0,35	0,15	—	—	—	—	—	—
	$\beta_б$	1,0	0,90	0,80	0,70	0,40	—	—	—	—	—	—
3, 4	$\gamma_б$	1,0	1,00	1,00	0,90	0,80	—	—	—	—	—	—
	$\gamma^п_б$	1,0	0,90	0,85	0,65	0,55	—	—	—	—	—	—
	$\gamma_{б.р}$	1,0	0,75	0,70	0,55	0,45	—	—	—	—	—	—
	$\gamma^п_{б.р}$	1,0	0,70	0,60	0,45	0,30	—	—	—	—	—	—
	$\beta_б$	1,0	1,00	0,90	0,80	0,60	—	—	—	—	—	—
5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 5-л, 6-л	$\gamma_б$	1,0	1,00	1,00	1,00	0,90	0,65	0,45	0,30	0,20	0,10	—
	$\gamma^п_б$	1,0	0,90	0,90	0,80	0,60	0,35	0,15	0,05	0,01	—	—
	$\gamma_{б.р}$	1,0	0,70	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40	0,20	—	—	—
	$\gamma^п_{б.р}$	1,0	0,65	0,65	0,55	0,35	0,15	0,05	—	—	—	—
	$\beta_б$	1,0	1,00	1,00	0,90	0,75	0,50	0,30	0,20	0,17	0,15	—

Продолжение табл. 3

Номер состава бетона по табл. 1 настоящих норм	Коэффициент	Значения коэффициентов при температуре нагрева в °С										
		50	60	100	200	300	500	700	900	1000	1100	1200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12, 13, 14, 15, 21, 8-л, 11-л	$\gamma_б$	1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,65	0,20	0,05	—	—
	$\gamma_б^п$	1,0	0,65	0,65	0,45	0,30	0,12	0,04	0,01	—	—	—
	$\gamma_{б.р}$	1,0	0,95	0,95	0,80	0,70	0,55	0,45	0,15	—	—	—
	$\gamma_{б.р}^п$	1,0	0,60	0,60	0,40	0,20	0,05	—	—	—	—	—
	$\beta_б$	1,0	1,10	1,10	1,10	1,00	0,80	0,50	0,20	0,05	—	—
18, 24	$\gamma_б$	1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,85	0,65	0,50	0,35	0,20
	$\gamma_б^п$	1,0	0,75	0,75	0,65	0,40	0,20	0,06	0,02	0,01	—	—
	$\gamma_{б.р}$	1,0	0,95	0,95	0,80	0,70	0,55	0,45	0,35	—	—	—
	$\gamma_{б.р}^п$	1,0	0,70	0,70	0,60	0,35	0,10	0,02	—	—	—	—
	$\beta_б$	1,0	1,10	1,10	1,10	1,10	1,00	0,70	0,35	0,27	0,20	—
27, 28, 29	$\gamma_б$	1,0	0,90	0,80	0,75	0,50	0,35	0,30	0,25	0,22	0,20	0,15
	$\gamma_б^п$	1,0	0,75	0,66	0,60	0,40	0,20	0,08	0,04	0,02	—	—
	$\gamma_{б.р}$	1,0	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25	0,15	0,05	—	—	—
	$\gamma_{б.р}^п$	1,0	0,45	0,40	0,35	0,25	0,10	0,02	—	—	—	—
	$\beta_б$	1,0	0,90	0,80	0,65	0,50	0,35	0,25	0,20	0,17	0,15	—
39	$\gamma_б$	1,0	1,00	1,00	0,90	0,80	0,65	0,45	0,25	0,18	0,14	0,10
	$\gamma_б^п$	1,0	0,80	0,80	0,75	0,50	0,30	0,10	0,03	0,01	—	—
	$\gamma_{б.р}$	1,0	0,70	0,70	0,55	0,45	0,40	0,35	0,20	—	—	—
	$\gamma_{б.р}^п$	1,0	0,55	0,55	0,45	0,30	0,10	0,02	—	—	—	—
	$\beta_б$	1,0	1,00	1,00	0,90	0,80	0,60	0,40	0,10	0,05	0,02	—

Примечания: 1. Для несущих конструкций, срок службы которых не превышает 5 лет, значения коэффициента $\gamma_б^п$ разрешается увеличить на 15%; при этом величина $\gamma_б^п$ должна быть не более 1,0.

2. Для конструкций, которые во время эксплуатации подвергаются циклическому воздействию температур или увлажнению, значение коэффициентов $\gamma_б$, $\gamma_б^п$ и $\beta_б$ необходимо снизить на 15% и коэффициентов $\gamma_{б.р}$ и $\gamma_{б.р}^п$ — на 20%.

3.3. Модуль упругости бетона при учете воздействия температуры $E_{б.t}$ принимается равным произведению соответствующего начального модуля упругости при нормальной температуре (т. е. до 50° С включительно) $E_б$ на коэффициент $\beta_б$, учитывающий снижение модуля упругости бетона при нагреве. Значения этого коэффициента принимаются по табл. 3 настоящих норм.

Начальные модули упругости обычного и жаростойкого бетона $E_б$ принимаются по табл. 4 настоящих норм.

Таблица 4

Начальные модули упругости обычного и жаростойкого бетонов при сжатии и растяжении $E_б$ в кГ/см²

Проектная марка бетона	Начальный модуль упругости бетона $E_б$ в кГ/см² для составов по табл. 1 настоящих норм				
	1, 2, 3, 5, 6, 13, 29	28, 39	8	4, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 21, 24, 27	5-л, 6-л, 8-л, 11-л
1	2	3	4	5	6
35	—	—	—	—	35 000
50	—	—	—	—	50 000
75	—	—	—	—	65 000
100	190 000	—	130 000	110 000	80 000
150	230 000	225 000	150 000	130 000	100 000
200	265 000	250 000	170 000	150 000	115 000
250	—	275 000	185 000	165 000	125 000
300	315 000	300 000	200 000	180 000	—
400	350 000	330 000	220 000	200 000	—
500	380 000	—	—	—	—

Примечания: 1. За начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении $E_б$ принимается отношение нормального напряжения в бетоне σ к его кратковременной деформации ε при величине напряжения $\sigma = 0{,}3\,R^{н}_{пр}$.

2. При уплотнении бетона прессованием, при его автоклавной обработке, а также при применении бетонов, для которых величина модуля упругости проверена специальными экспериментами, значение модулей упругости разрешается принимать по опытным данным.

3.4. Значения коэффициента упругости $\bar{\nu}$ при сжатии для жаростойкого бетона при расчете на действие кратковременной нагрузки и кратковременного нагрева принимаются по табл. 5.

Таблица 5

Коэффициент упругости $\bar{\nu}$ при сжатии жаростойкого бетона

Значения коэффициента $\bar{\nu}$ при температуре нагрева бетона в °С					
50	300	500	700	900	1000
0,8	0,70	0,53	0,32	0,15	0,05

3.5. Коэффициенты температурного расширения $\alpha_{б.t}$, температурной усадки $\alpha_{б.у}$ и суммарной температурой деформации $\alpha_{б.р} = \alpha_{б.t} - \alpha_{б.у}$ для обычных и жаростойких бетонов принимаются по табл. 6.

Таблица 6

Коэффициенты температурного расширения $\alpha_{б.t}$, температурной усадки $\alpha_{б.у}$ и суммарной температурной деформации $\alpha_{б.р}$ для обычных и жаростойких бетонов

Номер состава бетона по табл. 1 настоящих норм	Коэффициент	Значения коэффициентов при температуре нагрева в °С					
		50—100	300	500	700	900	1100
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$\alpha_{б.р}$	10,0	9,0	—	—	—	—
	$\alpha_{б.t}$	12,5	11,0	—	—	—	—
	$\alpha_{б.у}$	2,5	2,0	—	—	—	—
2, 5	$\alpha_{б.р}$	9,0	7,0	6,0	6,0	—	—
	$\alpha_{б.t}$	11,5	9,0	8,0	8,8	—	—
	$\alpha_{б.у}$	2,5	2,0	2,0	2,8	—	—
3, 6, 8	$\alpha_{б.р}$	8,0	6,5	6,0	6,5	7,0	—
	$\alpha_{б.t}$	10,5	9,0	9,0	9,5	10,0	—
	$\alpha_{б.у}$	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	—
4, 7, 9, 10, 11, 39, 5-л, 6-л	$\alpha_{б.р}$	9,0	7,0	5,5	4,5	4,0	3,0
	$\alpha_{б.t}$	11,5	9,5	8,0	7,0	7,2	7,2
	$\alpha_{б.у}$	2,5	2,5	2,5	2,5	3,2	4,2
12, 13, 14, 15, 18, 21, 24, 8-л, 11-л	$\alpha_{б.р}$	2,0	6,0	7,0	6,5	6,0	5,0
	$\alpha_{б.t}$	8,0	8,0	8,0	7,5	7,0	6,0
	$\alpha_{б.у}$	6,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
27, 28, 29	$\alpha_{б.р}$	7,0	6,5	5,5	4,5	4,0	3,5
	$\alpha_{б.t}$	9,5	8,5	7,5	7,0	7,0	7,0
	$\alpha_{б.у}$	2,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5

Примечание. Значения коэффициентов $\alpha_{б.р}$, $\alpha_{б.t}$ и $\alpha_{б.у}$ принимаются равными числовым значениям, умноженным на 10^{-6}.

3.6. Нормативные значения объемных весов обычного и жаростойкого бетонов, высушенных до постоянного веса, принимаются по табл. 7 настоящих норм.

Таблица 7

Нормативный объемный вес обычного и жаростойкого бетонов, высушенных до постоянного веса

Номер состава бетона по табл. 1 настоящих норм	Нормативный объемный вес бетона в кг/м³
39	2900
28	2800
3, 6	2400
1, 2, 5, 13, 29	2300

Продолжение табл. 7

Номер состава бетона по табл. 1 настоящих норм	Нормативный объемный вес бетона в *кг/м*³
18, 24	2100
14, 15, 21	2000
27	1900
10, 11	1800
4, 9, 12	1700
7, 8	1600
5-л, 11-л	1500
6-л, 8-л	1200

Примечания: 1. Нормативный объемный вес бетона нормального хранения и после пропаривания принимают увеличенным на 100 *кг/м*³.

2. Нормативный объемный вес железобетона принимается на 100 *кг/м*³ больше объемного веса соответствующего вида и состояния бетона.

3.7. При расчете железобетонных конструкций по выносливости, а также по образованию трещин при многократно повторяющейся нагрузке и нагреве выше 50° С, расчетные сопротивления обычного бетона следует определять с учетом коэффициента $k_{р.б}$. Значения коэффициента $k_{р.б}$ принимаются по табл. 3 главы СНиП II-В.1-62, сниженного путем умножения на дополнительный коэффициент 0,65.

При применении жаростойкого бетона в железобетонных конструкциях, подвергающихся воздействию многократно повторяющихся нагрузок, расчетные сопротивления его должны быть специально обоснованы.

АРМАТУРА

3.8. Расчетные и нормативные сопротивления арматуры при обычной температуре (т. е. при нагреве ее до 50° С включительно) принимаются по табл. 4, 5, 32 и 33 главы СНиП II-В.1-62.

3.9. Расчетные и нормативные сопротивления арматуры в условиях воздействия повышенной и высокой температуры (т. е. при нагреве арматуры выше 50° С) принимаются по табл. 4, 5, 32 и 33 главы СНиП II-В.1-62 с умножением на соответствующие коэффициенты γ_a или γ_a^n, учитывающие снижение сопротивления арматуры при расчете соответственно на кратковременный или длительный нагрев, принимаемые по табл. 8 настоящих норм. При этом максимальная температура нагрева арматуры не должна превышать температур, указанных в табл. 2 настоящих норм, а в элементах железобетонных конструкций, рассчитываемых по выносливости, — согласно указаниям п. 3.12 настоящих норм.

Кроме того, расчетные сопротивления арматуры при расчете элементов железобетонных конструкций по прочности на усилия от собственного веса и внешней нагрузки или на совместное усилие от собственного веса, внешней нагрузки и температуры (при нагреве арматуры выше 100° С) умножаются на дополнительный коэффициент условия работы $m_a = 0{,}85$.

3.10. Модуль упругости арматуры E_a при обычной температуре (т. е. при нагреве ее до 50° С включительно) принимается по табл. 32 и 33 главы СНиП II-В.1-62.

Модуль упругости арматуры при учете воздействия повышенной или высокой температуры $E_{a.t}$ принимается равным произведению значения модуля упругости при обычной температуре E_a на коэффициент β_a, учитывающий снижение модуля с повышением температуры, принимаемый по табл. 8 настоящих норм.

Таблица 8

Коэффициенты γ_a; γ_a^n; $\alpha_{a.t}$ и β_a, учитывающие изменение расчетных и нормативных сопротивлений, коэффициентов температурного расширения и модуля упругости арматуры в условиях воздействия температуры

Номер арматуры по табл. 2 настоящих норм	Коэффициент	Значения коэффициента при температуре нагрева арматуры в °С					
		50	100	200	300	400	500
1	2	3	4	5	6	7	8
1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11	γ_a	1,00	0,95	0,85	0,75	0,60	—
	γ_a^n	1,00	0,95	0,85	0,70	0,30	—
	$\alpha_{a.t}$	11,00	11,50	12,00	12,50	13,00	—
3, 4, 6	γ_a	1,00	1,00	0,95	0,85	0,75	0,60
	γ_a^n	1,00	1,00	0,85	0,80	0,50	0,15
	$\alpha_{a.t}$	12,00	12,50	13,00	13,50	14,00	14,50
От 1 по 11	β_a	1,00	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84

Примечание. Значения коэффициента температурного расширения $\alpha_{a.t}$ равны числовым значениям, умноженным на 10^{-6}.

3.11. Коэффициенты температурного расширения арматуры $\alpha_{a.t}$ принимаются по табл. 8 настоящих норм.

В железобетонных элементах, имеющих трещины, коэффициент $\alpha_{a.t.c}$, характеризующий температурное расширение арматуры в бетоне, определяется по формуле

$$\alpha_{a.t.c} = \alpha_{б.р} + (\alpha_{a.t} - \alpha_{б.р})\,k, \qquad (1)$$

где $\alpha_{б.р}$ и $\alpha_{a.t}$ — коэффициенты суммарной температурной деформации бетона и температурного расширения арматуры принимаются по температуре нагрева арматуры;

k — коэффициент, зависящий от процента армирования сечения продольной арматурой, определяется по табл. 9 настоящих норм.

Таблица 9

Коэффициент k

Содержание продольной арматуры μ в %	<0,2	0,2	0,4	0,7	1,0	2,0	3,0
Коэффициент k	0	0,20	0,55	0,70	0,80	0,95	1,00

В железобетонных элементах, не имеющих трещин, коэффициент $\alpha_{a.t.c}$ допускается принимать равным коэффициенту $\alpha_{б.р}$.

3.12. При расчете железобетонных конструкций по выносливости значения коэффициента $k_{р.а}$ в табл. 6 главы СНиП II-В.1-62 следует умножать на дополнительный коэффициент 0,65. При этом температура нагрева напрягаемой арматуры не должна превышать 100° С, а ненапрягаемой арматуры — 200° С.

4. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1. Расчет конструкций, находящихся в условиях воздействия температур, должен производиться на все возможные неблагоприятные сочетания усилий от воздействия температуры, собственного веса и внешней нагрузки.

Порядок учета нагрузок и воздействий при расчете бетонных и железобетонных конструкций по различным предельным состояниям как в стадии эксплуатации, так и в стадии изготовления, хранения, транспортирования и монтажа должен производиться согласно указаниям табл. 10 главы СНиП II-В.1-62, а порядок учета сочетания нагрузок и температурных воздействий отдельно для первого кратковременного нагрева и длительного нагрева, а также порядок учета соответствующих коэффициентов снижения сопротивления бетона и арматуры в условиях воздействия температуры — по табл. 10 настоящих норм.

Расчет статически определимых конструкций по несущей способности, деформациям, по образованию или ширине раскрытия трещин производят только для длительного нагрева.

Расчет статически неопределимых конструкций и их элементов по несущей способности, по деформациям, а также по образованию или раскрытию трещин должен производиться для следующих двух основных расчетных стадий работы конструкций:

а) для первого кратковременного нагрева конструкций, когда в них возникают максимальные температурные усилия (см. п. 4.3 настоящих норм) и происходит только некоторое снижение прочности и жесткости элементов от кратковременного нагрева и действия нагрузки; при этом жесткость элементов принимается согласно указаниям пп. 10.1, 10.3 и 10.7 настоящих норм, как для кратковременного действия усилий;

б) для длительного нагрева после значительного снижения прочности и жесткости элементов в результате длительного воздействия температуры и нагрузки; при этом жесткость элементов определяется по указаниям пп. 10.1, 10.3 и 10.7 настоящих норм, как для длительного действия усилий.

При расчете по несущей способности расчетные температурные усилия как при кратковременном, так и при длительном нагреве определяются с учетом коэффициента перегрева согласно п. 6.2 настоящих норм. При расчете по деформациям, а также по образованию или ширине раскрытия трещин нормативные температурные усилия определяются без коэффициента перегрева.

4.2. Определение усилий в статически неопределимых конструкциях от внешней нагрузки и собственного веса, а также усилий от температурного воздействия производят по правилам строительной механики методом последовательных приближений. При этом жесткость элемента определяется в наиболее напряженном сечении от совместного воздействия температурных усилий и усилий от внешней нагрузки и собственного веса и принима-

Таблица 10

Порядок учета нагрузок и температурных воздействий для основных расчетных стадий работы конструкции при их нагреве в период эксплуатации

Конструкции	1-е предельное состояние (несущая способность)		2-е предельное состояние по деформации	3-е предельное состояние по образованию или раскрытию трещин	Коэффициенты снижения сопротивления бетона и арматуры при нагреве
	по прочности	по выносливости			
1	2	3	4	5	6
Бетонные и железобетонные статически определимые	*Для длительного нагрева на действие:*				$\gamma_б^п$
	расчетных	нормативных	нормативных	нормативных	$\gamma_{б.р}^п$
	кратковременных и длительных внешних нагрузок и собственного веса в условиях воздействия максимальной температуры				$\gamma_а^п$
Бетонные и железобетонные статически неопределимые	*Для первого кратковременного нагрева на действие:*				$\gamma_б$
	расчетных	нормативных	нормативных	нормативных	$\gamma_{б.р}$
	кратковременных и длительных внешних нагрузок, собственного веса и максимальных температурных усилий (см. пп. 4.1а и 4.3 настоящих норм)				$\gamma_а$
	Для длительного нагрева на действие:				$\gamma_б^п$
	расчетных	нормативных	нормативных	нормативных	$\gamma_{б.р}^п$
	а) кратковременных и длительных внешних нагрузок, собственного веса и температурных усилий (см. пп. 4.1б и 4.3 настоящих норм) б) кратковременных и длительных внешних нагрузок и собственного веса в условиях воздействия максимальной температуры				$\gamma_а^п$

Примечания: 1. Бетонные конструкции рассчитываются только по первому предельному состоянию по прочности.

2. При расчете статически неопределимых конструкций кроме сочетаний воздействий температуры и нагрузок, указанных в таблице, в необходимых случаях следует проверить другие возможные неблагоприятные сочетания воздействий, в том числе и при остывании.

3. В статически неопределимых конструкциях допускается расчет не производить: а) для первого кратковременного нагрева на усилия от собственного веса и внешней нагрузки, если напряжения сжатия в бетоне от них $\sigma_{б.н} \leqslant 1$ *кГ/см²*. Расчет таких конструкций производится только на максимальные температурные усилия (см. п. 4.3 настоящих норм); б) для длительного нагрева выше 800° С — на совместное воздействие внешних нагрузок и собственного веса и температурных усилий.

ется постоянной по длине однозначной эпюры моментов.

При расчете несущей способности статически неопределимых конструкций, в которых отношение усилий от собственного веса и внешней нагрузки к температурным усилиям составляет 0,5—2,0, допускается усилия, полученные по формулам строительной механики, снижать, умножая их на коэффициент 0,9 при температурах нагрева до 200° С и на коэффициент 0,75 при температурах нагрева 500° С и выше.

При расчете конструкций по деформациям, а также по образованию или ширине раскрытия трещин этот коэффициент при температуре нагрева до 200° С принимается равным 1,0, а при температуре нагрева 500° С и выше — 0,8. При температурах нагрева от 200 до 500° С значения коэффициентов определяются интерполяцией.

Примечание. Для более точного определения усилий в статически неопределимых конструкциях рекомендуется определять жесткость элемента с учетом распределения трещин по длине элемента от совместного

воздействия температурных усилий и усилий от внешней нагрузки и собственного веса.

4.3. Максимальные значения температурных усилий при первом кратковременном нагреве, а также и при длительном нагреве в элементах статически неопределимых железобетонных конструкций определяются при следующих значениях температуры наиболее нагретой поверхности:

а) при нагреве до 500° С — при наибольшей фактически действующей температуре;

б) при нагреве выше 500° С:

для бетонов на портландцементе составов 5—11 и 5-л, 6-л, на глиноземистом цементе составов 27—29 — при 500° С;

для бетонов на жидком стекле составов 12—15, 18, 21, 24, 8-л и 11-л — при 600° С;

для состава бетона 39 — устанавливается расчетом путем пробных попыток, принимая наибольшее значение из усилий, определенных для различных температур.

Для конструкций, находящихся на открытом воздухе, максимальные значения температурных усилий определяются согласно п. 5.7 настоящих норм при средней расчетной зимней температуре.

Примечания: 1. За первый кратковременный нагрев принят первый разогрев конструкции до проектной температуры.

2. За длительный нагрев принят период нахождения конструкции при проектной температуре.

4.4. Расчет жаростойких элементов бетонных и железобетонных конструкций по прочности, схемы предельных состояний которых при расчете на температурное воздействие еще не установлены или для которых условия наступления предельного состояния пока не могут быть выражены через усилия (например, купола, прямоугольные плиты и др.), может производиться через напряжения с учетом трещин в растянутой зоне бетона и развития неупругих деформаций бетона сжатой зоны. При этом напряжения в бетоне и арматуре не должны превышать соответствующих расчетных сопротивлений, определяемых согласно указаниям пп. 3.2, 3.9 и табл. 10 настоящих норм.

4.5. Расчет элементов железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой по образованию трещин не производится.

4.6. При неравномерном нагреве по высоте бетонного или железобетонного элемента часть сечения, нагретая до температуры выше 1000° С, в расчетах на действие внешней нагрузки и собственного веса не учитывается.

4.7. При неравномерном нагреве бетонного элемента с температурой наиболее нагретой грани выше 400° С, когда прочность бетона на сжатие по высоте сечения значительно изменяется, положение центра тяжести, момент сопротивления сечения $W_т$, а также статические моменты S_0 и $S_б$ находятся путем приведения сечения к бетону большей прочности. Для этой цели сечение разбивают на две части. При этом линией раздела для прямоугольных сечений принимается температура 400° С, для тавровых сечений — граница между ребром и полкой. При температуре наиболее нагретой грани сечения более 1000° С приведение сечения производится без учета части сечения, нагретой более чем до 1000° С.

Часть сечения, имеющая более низкую прочность бетона, приводится к бетону более высокой прочности с помощью коэффициента приведения

$$n_б = \frac{\beta_{б_1}}{\beta_б}, \qquad (2)$$

который не должен приниматься большим чем

$$n_б = \frac{\gamma^п_{б_1}}{\gamma^п_б}. \qquad (3)$$

В формулах (2) и (3) значения коэффициентов $\beta_{б_1}$ и $\gamma^п_{б_1}$ принимаются в зависимости от средней температуры более нагретой части сечения (с меньшей прочностью), а $\beta_б$ и $\gamma^п_б$ — в зависимости от средней температуры менее нагретой части сечения (с большей прочностью).

4.8. При равномерном и неравномерном нагреве железобетонного сечения с температурой до 400° С при отсутствии трещин в растянутой зоне растянутая арматура приводится к бетону с помощью коэффициента приведения

$$n_{t_1} = \frac{E_{а.t}}{E_{б.t}}, \qquad (4)$$

который не должен приниматься бо́льшим, чем

$$n_{t_1} = \frac{R^п_{а.t}}{R^п_{пр.t}}; \qquad (5)$$

сжатая арматура — с помощью коэффициента приведения

$$n_{t_2} = \frac{E_{а.с.t}}{E_{б.t}}, \qquad (6)$$

который не должен приниматься бо́льшим, чем

$$n_{t_2} = \frac{R^п_{а.с.t}}{R^п_{пр.t}}. \qquad (7)$$

В формулах (4) — (7) принимаются:

$E_{a.t}$ и $R^{n}_{a.t}$ — в зависимости от температуры нагрева растянутой арматуры;

$E_{a.c.t}$ и $R^{n}_{a.c.t}$ — в зависимости от температуры нагрева сжатой арматуры;

$E_{б.t}$ и $R^{n}_{пр.t}$ — в зависимости от средней температуры нагрева сечения.

При неравномерном нагреве выше 400° С железобетонное сечение приводится к бетону части сечения с наибольшей прочностью. Бетон приводится согласно указаниям п. 4.7 настоящих норм, а арматура по формулам (4) — (7), в которых $E_{б.t}$ и $R^{n}_{пр.t}$ принимаются в зависимости от средней температуры нагрева части сечения с более высокой прочностью.

4.9. Предельные значения прогибов от нормативной внешней нагрузки, собственного веса конструкций и воздействия температуры не должны превышать значений, указанных в табл. 11 главы СНиП II-В.1-62.

Допускаемые величины температурных удлинений или укорочений элементов конструкций, в которых требуется их ограничение при нагревании и охлаждении, должны устанавливаться нормативными документами по проектированию соответствующих конструкций, а при их отсутствии должны указываться в задании на проектирование.

4.10. Для элементов железобетонных конструкций, работающих в неагрессивных средах при температуре нагрева арматуры выше 120° С, разрешается допускаемую ширину раскрытия трещин, предусмотренную в п. 4.16 главы СНиП II-В.1-62, увеличивать на 0,1 *мм*.

Для конструкций в производствах с агрессивными средами ширина раскрытия трещин устанавливается согласно «Указаниям по проектированию антикоррозионной защиты строительных конструкций» (СН 262-67).

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В СЕЧЕНИЯХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

5.1. Расчет распределения температур в ограждающих несущих и ненесущих бетонных и железобетонных конструкциях при установившемся потоке тепла производят обычными методами, принятыми для расчета температур в плоской стенке в соответствии с требованиями главы СНиП II-А.7-62 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования».

Примечания: 1. Расчет распределения температур в толще ограждающих конструкций при сложной конфигурации сечений элементов, в массивных конструкциях, в конструкциях, находящихся ниже уровня земли, и в конструкциях при неустановившемся потоке тепла с учетом переменной влажности бетона по сечению следует производить в соответствии с принятыми методами расчета температурных полей или теории теплопроводности, либо по соответствующим нормативным документам.

2. Температуру арматуры в сечениях железобетонных элементов допускается принимать равной температуре бетона в месте ее расположения.

3. Расчет распределения температур в стенках боровов и каналов, расположенных под землей, при первом нагреве допускается производить как при одностороннем нагреве, принимая значения коэффициента теплоотдачи $\alpha_н$ по табл. 11; при длительном нагреве допускается принимать стенки равномерно прогретыми.

5.2. Значения коэффициента теплоотдачи $\alpha_н$ для конструкций, находящихся на открытом воздухе, в зависимости от преобладающей скорости ветра принимают равным:

при скорости ветра от 1 до 5 *м/сек* — $\alpha_н = 10$ *ккал/м²·ч·град*;

при скорости ветра от 8 *м/сек* и выше — $\alpha_н = 20$ *ккал/м²·ч·град*.

При скоростях ветра более 5 и менее 8 *м/сек* значения $\alpha_н$ определяются интерполяцией.

Для конструкций, находящихся в помещении или на открытом воздухе, но защищенных от воздействия ветра, значения коэффициента $\alpha_н$ принимаются в зависимости от температуры наружной поверхности элемента по табл. 11.

Таблица 11

Коэффициенты $\alpha_н$ и $\alpha_в$ в *ккал/м²·ч·град*

Коэффициенты в *ккал/м²·ч·град*	Значения коэффициентов при температуре нагрева в °С										
	0	50	100	200	300	400	500	700	900	1100	1200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\alpha_н$	7	10	12	17	33	—	—	—	—	—	—
$\alpha_в$	—	10	10	10	12	15	20	40	70	120	150

Значения коэффициента тепловосприятия поверхности конструкции от среды определяют по методам расчета теплопередачи как для случая сложного теплообмена. При опре-

делении расчетных значений температур бетона и арматуры допускается значения коэффициента $\alpha_в$ принимать по табл. 11 в зависимости от температуры воздуха производственного помещения или рабочего пространства теплового агрегата.

5.3. Коэффициенты теплопроводности высушенного бетона принимаются по табл. 12 для средних температур нагрева. При этом для бетона, прошедшего пропаривание или автоклавную обработку, или находившегося до нагревания в естественных условиях, коэффициент теплопроводности при температуре нагрева до 100° С принимается как для влажного бетона, а при температуре нагрева более 100° С — как для сухого бетона.

Таблица 12

Коэффициенты теплопроводности λ обычного и жаростойкого бетонов в высушенном состоянии

Номер состава бетона по табл. 1 настоящих норм	Коэффициент теплопроводности λ в *ккал/м·ч·град* при средней температуре нагрева в °С						
	50	100	300	500	700	900	1100
1	2	3	4	5	6	7	8
1, 2	1,12	1,14	1,28	—	—	—	—
28, 39	1,12	1,14	1,20	1,30	1,35	1,40	1,50
5, 13	1,02	1,04	1,16	1,27	1,39	—	—
10, 11, 14, 15, 18, 21, 24, 27, 29	0,62	0,64	0,76	0,87	0,98	1,10	—
3, 6, 8, 9, 12	0,56	0,58	0,68	0,77	0,87	—	—
4, 7	0,54	0,56	0,66	0,75	0,85	—	—
5-л, 11-л	0,37	0,40	0,51	0,63	0,75	—	—
6-л, 8-л	0,33	0,35	0,43	0,50	0,58	—	—

Примечание. Коэффициент теплопроводности обычного и жаростойкого бетонов во влажном состоянии при температуре нагрева от 50 до 1000° С следует увеличивать на 50%.

5.4. При расчете распределения температур по толщине ограждающей конструкции необходимо учитывать различие площадей теплоотдающей и тепловоспринимающей поверхностей в следующих случаях:

при круговом очертании конструкции, если толщина стенки более 0,1 наружного диаметра;

при квадратном или прямоугольном очертании конструкции, если толщина стенки более 0,1 длины большей стороны;

при произвольном очертании конструкции, если разница в площадях теплоотдающей и тепловоспринимающей поверхностей более 10%.

5.5. В ребристых ограждающих конструкциях, в которых наружная поверхность ребер совпадает с наружной поверхностью тепловой изоляции, температуру арматуры, расположенной в ребре и наружной поверхности бетона ребра, определяют на основании теплотехнического расчета сечения по ребру. В конструкциях, в которых ребра выступают за поверхность тепловой изоляции, расположенной между ними, температуру арматуры в ребре и наружной поверхности бетона ребра следует определять методами расчета температурных полей или по соответствующим нормативным документам.

5.6. Наибольшие значения температуры нагрева бетона и арматуры в сечениях ограждающих конструкций при их эксплуатации определяют из теплотехнического расчета температур для установившегося режима теплового потока при заданной по проекту величине температуры рабочего пространства.

Для конструкций, находящихся на открытом воздухе максимальные значения температуры нагрева бетона и арматуры вычисляют при абсолютной максимальной летней температуре воздуха, принимаемой по графе 16 табл. 1 главы СНиП II-А.6-62 «Строительная климатология и геофизика. Основные положения проектирования». Наибольшая температура нагрева бетона $t_б$ и арматуры $t_а$, получаемая из теплотехнического расчета температур, не должна превышать максимальные температуры нагрева бетона и арматуры согласно указаниям пп. 1.2; 2,6 и 2,8 настоящих норм.

5.7. Для статически неопределимых конструкций, имеющих температуру нагрева бетона со стороны рабочего пространства выше 500—600° С, кроме теплотехнического расчета на максимальную температуру рабочего пространства должен быть также проведен теплотехнический расчет на температуру наиболее нагретой поверхности бетона, при которой получаются максимальные значения температурных усилий (см. п. 4.3 настоящих норм).

При определении максимальных температурных усилий в конструкциях, находящихся на открытом воздухе, температура нагрева бетона и арматуры вычисляется при средней расчетной зимней температуре воздуха по наиболее холодной пятидневке, принимаемой по графе 19 табл. 1 главы СНиП II-А.6-62.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ И УСИЛИЙ, ВЫЗВАННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ

6.1. Деформации и усилия, вызванные воздействием температуры, необходимые при расчетах элементов бетонных и железобетонных конструкций, определяются согласно указаниям пп. 6.2—6.5 настоящих норм.

6.2. При нагреве и линейном распределении температур по высоте сечения свободное относительное температурное удлинение ε_t оси элемента и его свободная температурная кри-

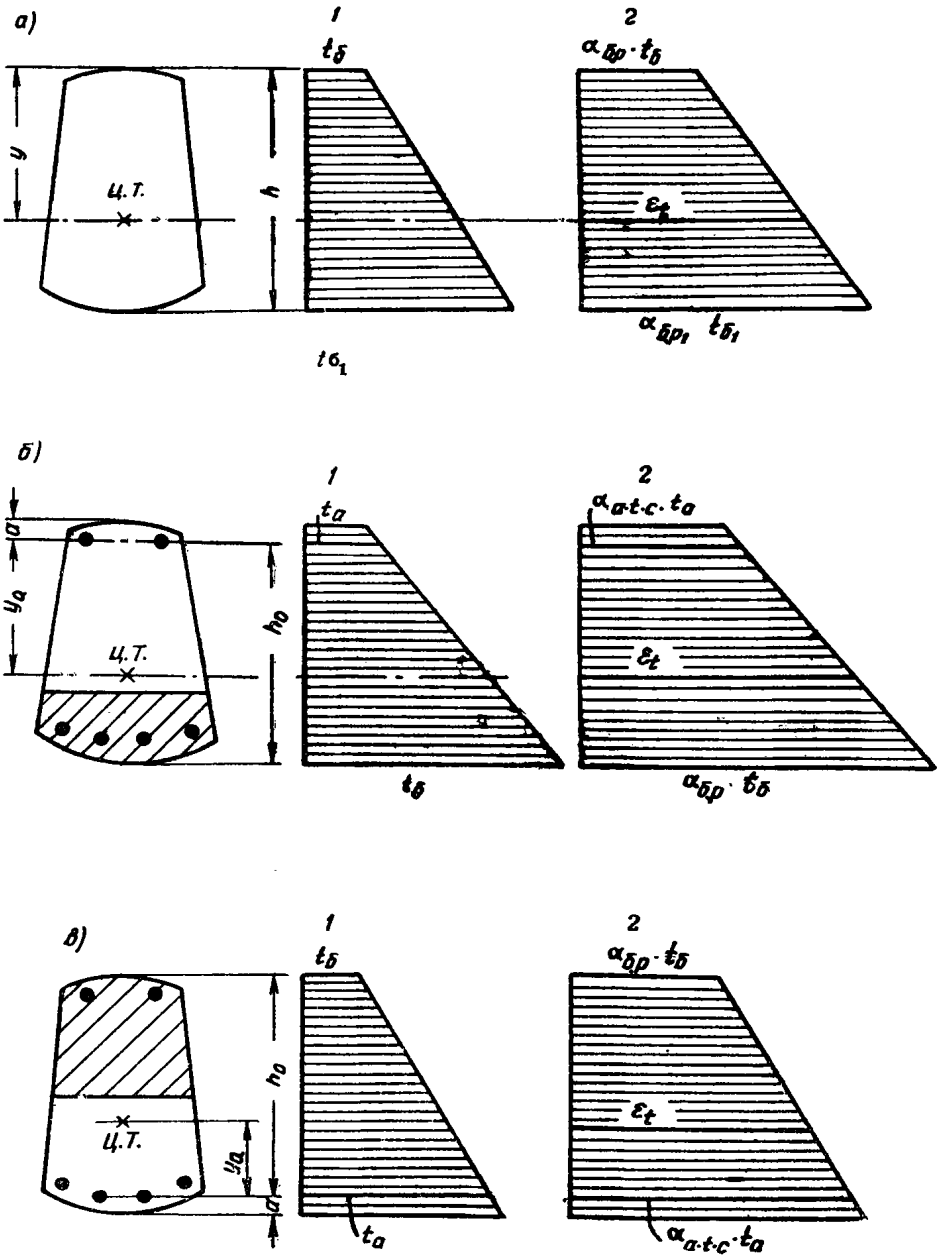


Рис. 1. Расчетные схемы распределения температуры и температурных удлинений в элементах

а — бетонном; *б* — железобетонном с растянутой зоной у менее нагретой грани; *в* — железобетонном с растянутой зоной у более нагретой грани
1 — распределение температуры; *2* — распределение температурных удлинений

визна $\frac{1}{\rho_t}$ в общем виде определяются по формулам:

а) в бетонном или железобетонном элементе без трещин (рис. 1, *а*):

$$\varepsilon_t = \frac{\alpha_{б.р}\, t_б\,(h-y) + \alpha_{б.р_1}\, t_{б_1}\, y}{h}\, n_t; \qquad (8)$$

$$\frac{1}{\rho_t} = \frac{\alpha_{б.р_1}\, t_{б_1} - \alpha_{б.р}\, t_б}{h}\, n_t; \qquad (9)$$

б) в железобетонном элементе с трещинами в растянутой зоне при расположении растянутой зоны у менее нагретой грани (рис. 1, *б*):

$$\varepsilon_t = \frac{\alpha_{а.т.с}\, t_а\,(h_0 - y_а) + \alpha_{б.р}\, t_б\, y_а}{h_0}\, n_t; \qquad (10)$$

$$\frac{1}{\rho_t} = \frac{\alpha_{б.р}\, t_б - \alpha_{а.т.с}\, t_а}{h_0}\, n_t; \qquad (11)$$

в) в железобетонном элементе с трещинами в растянутой зоне и расположении растянутой зоны у более нагретой грани (рис. 1, *в*) относительная температурная деформация оси элемента ε_t определяется по формуле (10), а температурная кривизна — по формуле (12)

$$\frac{1}{\rho_t} = \frac{\alpha_{а.т.с}\, t_а - \alpha_{б.р}\, t_б}{h_0}\, n_t. \qquad (12)$$

В формулах (8) — (12):

$\alpha_{б.р}$; $\alpha_{б.р_1}$ — коэффициенты суммарной температурной деформации бетона, принимаемые по табл. 6;

$\alpha_{а.т.с}$ — коэффициент, характеризующий температурное расширение арматуры в бетоне, определяемый по формуле (1);

$t_б$, $t_{б_1}$ и $t_а$ — температура нагрева бетона и арматуры в °С;

n_t — коэффициент перегрева принимается равным 1,1 при расчете по несущей способности и равный 1,0 при расчете по деформациям, а также по образованию или по ширине раскрытия трещин;

y; $y_а$ — расстояния от оси, нормальной к плоскости изгиба и проходящей через центр тяжести сечения, соответственно до наименее нагретой грани и до точки приложения равнодействующей усилий в арматуре.

6.3. При неравномерном нагреве и криволинейном распределении температур по высоте сечения, которые могут наблюдаться в процессе нагрева, свободное относительное температурное удлинение ε_t оси бетонного или железобетонного элемента без трещин и его свободную кривизну $\frac{1}{\rho_t}$ определяют по формулам:

$$\varepsilon_t = \frac{2F_д}{h^3}\,[3y_д\,(h-2y) + h\,(3y-h)]\, n_t; \qquad (13)$$

$$\frac{1}{\rho_t} = \frac{6F_д(h-2y_д)}{h^3}\, n_t, \qquad (14)$$

где $F_д$ — площадь криволинейной эпюры температурных деформаций;

$y_д$ — расстояние от более нагретой грани элемента до центра тяжести эпюры температурных деформаций; допускается действительную криволинейную эпюру температурных деформаций заменять условной ломаной.

Остальные обозначения те же, что и в формулах (8) — (12).

6.4. Деформация элемента, вызванная неравномерным нагревом по высоте сечения нормального к его оси, определяется по формуле

$$f_t = s_t \frac{l^2}{\rho_t}, \qquad (15)$$

где $\frac{1}{\rho_t}$ — температурная кривизна; определяется по формулам (9), (11), (12) и (14);

l — длина элемента;

s_t — коэффициент, зависящий от условий опирания элемента, определяется по правилам строительной механики. Для свободно опертой балки $s_t = \frac{1}{8}$.

6.5. Температурный момент от неравномерного нагрева в элементах, заделанных на опоре от поворота, а также в замкнутых рамах кольцевого, квадратного и прямоугольного очертания с одинаковыми сечениями определяется по формуле

$$M_t = \frac{1}{\rho_t} B, \qquad (16)$$

где $\frac{1}{\rho_t}$ — значение то же, что в формуле (15);

B — жесткость элемента, определяемая по указаниям п. 10.7 настоящих норм.

Величина температурного момента от неравномерного нагрева по высоте сечения может быть снижена путем устройства компенса-

ционных швов; в этом случае $\frac{1}{\rho_t}$ определяется по формуле (11) для сечения с компенсационным швом, принимая h_0 равным $h_{0.ш}$, и значения $\alpha_{б.р}$ и $t_б$ — по температуре бетона над швом, а жесткость B — согласно указаниям пп. 10.3 и 10.4 настоящих норм.

7. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРОЧНОСТИ

7.1. При расчете неравномерно нагретых по сечению элементов конструкций должны учитываться температурные деформации, определяемые согласно указаниям п. 6.4 настоящих норм.

При расчете стеновых панелей, нагреваемых до 200° С включительно, должен учитываться случайный эксцентрицитет, принимаемый согласно указаниям п. 6.1 главы СНиП II-В.1-62. При температуре выше 200° С величина эксцентрицитета увеличивается на 1 *см*.

В необходимых случаях случайный эксцентрицитет суммируется с температурными деформациями и заданным эксцентрицитетом продольной силы.

Если температурные деформации, вызванные неравномерным нагревом сечения, уменьшают заданный эксцентрицитет продольной силы, то они не учитываются.

7.2. Бетонные элементы, работающие на изгиб, при температурном воздействии применять не следует.

Исключением являются элементы, лежащие на грунте или на специальной подготовке, а также элементы пролетом $l \leqslant 0{,}8$ *м*, рассчитываемые на действие собственного веса, при условии, что под этими элементами исключается возможность нахождения людей и оборудования.

7.3. Расчет бетонных элементов при центральном сжатии с учетом продольного изгиба производится по формулам (10) и (11) главы СНиП II-В.1-62 с учетом следующих требований:

а) при равномерном или неравномерном нагреве сечения с температурой наиболее нагретой грани сечения до 400° С величина призменной прочности бетона принимается согласно указаниям табл. 10 и пп. 3.1 и 3.2 настоящих норм по температуре бетона центра тяжести сечения;

б) при неравномерном нагреве сечения с температурой наиболее нагретой грани выше 400° С величины призменной прочности принимаются согласно указаниям табл. 10 и пп. 3.1 и 3.2 по средней температуре участков сечений бетона согласно указаниям п. 4.7 настоящих норм;

в) при расчете на совместное действие температурного усилия, собственного веса и внешней нагрузки величина продольной силы принимается согласно указаниям п. 4.2 настоящих норм;

г) коэффициент продольного изгиба φ, принимаемый по табл. 17 главы СНиП II-В.1-62, должен быть умножен на дополнительный коэффициент a, учитывающий влияние нагрева конструкции, определяемый по формуле

$$a = 1 - \frac{(1-a_{пр})\left[\frac{l_0}{r} - \left(\frac{l_0}{r}\right)_н\right]}{\left(\frac{l_0}{r}\right)_{пр} - \left(\frac{l_0}{r}\right)_н}, \qquad (17)$$

где $a_{пр}$ — допускается принимать по табл. 13 в зависимости от температуры центра тяжести сечения;

$\left(\frac{l_0}{r}\right)_н$ — принимается равной при температуре центра тяжести сечения до 500° С — 14, при 700° С — 10, при 1000° С — 5.

При $a_{пр}=1$ или $\frac{l_0}{r} \leqslant \left(\frac{l_0}{r}\right)_н$ принимается значение коэффициента $a=1$.

Гибкость элементов $\frac{l_0}{r}$ не должна превышать предельных значений $\left(\frac{l_0}{r}\right)_{пр}$, приведенных в табл. 14 настоящих норм.

Таблица 13

Коэффициент $a_{пр}$ для предельно допустимой гибкости элемента $\left(\frac{l_0}{r}\right)_{пр}$, принимаемой по табл. 14

Бетон	Коэффициент $a_{пр}$ при температуре центра тяжести сечения или при средней температуре сжатой зоны бетона в °С							
	50	100	200	300	500	700	900	1000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обычный тяжелый	1,00	0,90	0,80	—	—	—	—	—
Жаростойкие тяжелые и легкие	1,00	1,00	0,90	0,75	0,50	0,25	0,10	0,05

Таблица 14

Предельные гибкости бетонных и железобетонных элементов

Элементы	Предельные гибкости $\left(\frac{l_0}{r}\right)_{пр}$ при температуре центра тяжести сечения в °С					
	50—100	300	500	700	900	1000
1	2	3	4	5	6	7
Бетонные . .	83	56	48	42	28	20
Железобетонные	125	83	48	—	—	—

Примечание. Применение элементов конструкций, имеющих гибкость, превышающую табличные значения, должно быть специально обосновано.

д) значения коэффициента $m_{дл}$, принимаемые по табл. 17 главы СНиП II-В.1-62, для жаростойких бетонов объемного веса менее 2200 *кг/м*³ снижаются на 15%.

Примечание. Расчетные сопротивления кладки из крупных бетонных блоков при центральном сжатии определяются согласно табл. 3 главы СНиП II-В.2-62 «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования».

7.4. Расчет изгибаемых бетонных элементов производится по формуле (12) главы СНиП II-В.1-62, в которой величина расчетного сопротивления бетона растяжению определяется согласно табл. 10 и пп. 3.1 и 3.2 настоящих норм в зависимости от температуры центра тяжести сечения при нагреве со стороны сжатой грани и в зависимости от температуры растянутой грани сечения при нагреве со стороны этой грани.

При неравномерном нагреве сечения с температурой наиболее нагретой грани выше 400° С момент сопротивления сечения $W_т$ определяется для приведенного сечения согласно п. 4.7 настоящих норм.

7.5. Расчет внецентренно сжатых бетонных элементов с малыми эксцентрицитетами, удовлетворяющих условию (16) главы СНиП II-В.1-62, производится по формулам (18) и (19) той же главы СНиП с учетом требований пп. 4.7 и 7.3 настоящих норм.

7.6. Расчет внецентренно сжатых бетонных элементов при больших эксцентрицитетах, не удовлетворяющих условию (16) главы СНиП II-В.1-62, производится по формуле (24) той же главы СНиП с учетом требований п. 7.3 настоящих норм в отношении определения коэффициентов φ и $m_{дл}$ и п. 7.4 настоящих норм.

При расчете по формуле (26) главы СНиП II-В.1-62 расчетное сопротивление бетона сжатию при изгибе определяется согласно табл. 10 и пп. 3.1 и 3.2 настоящих норм в зависимости от средней температуры сжатой зоны сечения.

Пользование формулой (26) главы СНиП II-В.1-62, когда установка арматуры в растянутой зоне сечения невозможна или когда арматура поставлена по монтажным или конструктивным соображениям, но ее температура превышает предельную температуру нагрева несущей арматуры, допускается только при расчете сводов промышленных печей.

7.7. Опорные части бетонных элементов должны быть проверены расчетом на смятие согласно указаниям пп. 6.11—6.13 главы СНиП II-В.1-62. При этом расчетное сопротивление бетона при местном сжатии (смятии) определяется по формуле (28) той же главы СНиП. В этой формуле призменная прочность бетона принимается согласно указаниям табл. 10 и пп. 3.1 и 3.2 настоящих норм в зависимости от температуры нагрева площади смятия.

8. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРОЧНОСТИ

8.1. Расчет по прочности центрально сжатых железобетонных элементов с поперечной арматурой в виде отдельных хомутов или приваренных к продольной арматуре поперечных стержней производится из условия формулы (32) главы СНиП II-В.1-62 с учетом следующих требований:

а) расчетная призменная прочность бетона и величина нормальной силы принимаются согласно указаниям п. 7.3 настоящих норм;

б) расчетное сопротивление арматуры сжатию принимается согласно указаниям табл. 10 и пп. 3.8 и 3.9 настоящих норм в зависимости от температуры арматуры, устанавливаемой по каждой из сторон сечения;

в) коэффициент продольного изгиба φ, принимаемый по табл. 21 главы СНиП II-В.1-62, должен быть умножен на дополнительный коэффициент *a*, который определяется по формуле (18) в случаях, когда температура нагрева менее максимально допустимой для арматуры

(см. табл. 2 настоящих норм) и двойном армировании сечения, а в остальных случаях — по формуле (17).

$$a = 1 - \frac{(1 - a_{пр})\left(\frac{l_0}{r} - 28\right)}{\left(\frac{l_0}{r}\right)_{пр} - 28}; \qquad (18)$$

здесь $a_{пр}$ — значение то же, что и в формуле (17), допускается принимать в зависимости от температуры нагрева центра тяжести сечения по табл. 13; при $a_{пр} = 1$ или $\frac{l_0}{r} \leqslant \left(\frac{l_0}{r}\right)_{и}$ в формуле (17) или $\frac{l_0}{r} \leqslant 28$ в формуле (18) принимается значение коэффициента $a = 1{,}0$;

г) гибкость элементов $\frac{l_0}{r}$ не должна превышать значений $\left(\frac{l_0}{r}\right)_{пр}$, определяемых по табл. 14 в зависимости от температуры центра тяжести сечения;

д) значения коэффициента $m_{дл}$ принимаются по табл. 21 главы СНиП II-В.1-62 и дополнительным указаниям п. 7.3 настоящих норм;

е) центрально сжатые железобетонные элементы при нагреве их выше максимально допустимой температуры нагрева арматуры (см. табл. 2), а также элементы с односторонним армированием рассчитываются как бетонные.

8.2. Расчет по прочности центрально растянутых железобетонных элементов производится по формуле (37) главы СНиП II-В.1-62, в которой расчетное сопротивление арматуры на растяжение определяется согласно указаниям пп. 3.8 и 3.9 настоящих норм в зависимости от температуры нагрева арматуры, располагаемой по каждой из сторон сечения.

8.3. Расчет изгибаемых элементов, удовлетворяющих условию формулы (46), производится по формулам (38), (39), (41) — (45) и (49) главы СНиП II-В.1-62. При этом расчетные сопротивления бетона сжатию при изгибе принимаются в зависимости от средней температуры нагрева сжатой зоны, а расчетные сопротивления бетона при осевом сжатии (призменная прочность) для тавровых сечений — в зависимости от средней температуры свесов полки. Значения расчетных сопротивлений арматуры растяжению и сжатию принимаются в зависимости от температуры растянутой и сжатой арматуры.

Примечания: 1. В тавровом сечении, если нагретая до температуры 1000° С часть высоты полки составляет менее $0{,}1h$, то сечение рассчитывается как прямоугольное.

2. Если изгибающий момент вызван совместным действием температуры, внешней нагрузки и собственного веса, то значение его определяют согласно указаниям п. 4.2 настоящих норм.

8.4. Расчет сечений, наклонных к продольной оси железобетонного элемента, должен производиться как на действие поперечной силы, так и на действие изгибающего момента по формулам пп. 7.24—7.45 главы СНиП II-В.1-62 и дополнительных указаний настоящих норм, принимая расчетное сопротивление бетона сжатию при изгибе по средней температуре нагрева сжатой зоны. Исключение составляет расчет по формулам (58) и (61) главы СНиП II-В.1-62, в которых расчетные сопротивления бетона сжатию при изгибе и растяжению, принимаются по температуре центра тяжести сечения.

Расчетные сопротивления отогнутых стержней и поперечных хомутов принимаются по максимальной температуре их нагрева согласно указаниям пп. 3.8 и 3.9 настоящих норм.

При температуре нагрева бетона, превышающей максимальную температуру нагрева арматуры (см. табл. 2), допускается установка поперечной арматуры, укороченной по высоте сечения элемента; минимально допустимая длина поперечных стержней принимается не менее $^2/_3 h_0$. При этом величина поперечной силы, воспринимаемая бетоном сжатой зоны и укороченными по высоте сечения элемента хомутами при расчете на внешнюю нагрузку и собственный вес определяется по формуле

$$Q_{х.б} = 0{,}9\sqrt{0{,}6\, b h_0^2 R^{п}_{и.t}\, q_х} - m q_х u. \qquad (19)$$

В этом случае расчетное сопротивление бетона $R^{п}_{и.t}$ должно приниматься по средней температуре нагрева сжатой зоны, а для хомутов $R^{п}_{а.х}$ — по максимальной температуре их нагрева согласно указаниям пп. 3.8 и 3.9 настоящих норм.

При укороченной длине хомутов по высоте сечения элемента количество таких хомутов, не попадающих в невыгоднейшее наклонное сечение, определяется коэффициентом m исходя из минимальной длины хомутов, равной $^2/_3 h_0$:

$$m = \frac{c_0}{3u} + 2. \qquad (20)$$

Прочность наклонных сечений железобетонных элементов с укороченными по высоте сечения хомутами при нагреве их выше максимальной температуры нагрева арматуры необходимо также проверить по формуле (65) главы СНиП II-В.1-62, в которой за расчетную высоту изгибаемых элементов принимается сниженная условная величина, равная длине хомутов и двум толщинам защитного слоя у менее нагретой грани: $h_у = h_х + 2a$ (рис. 2).

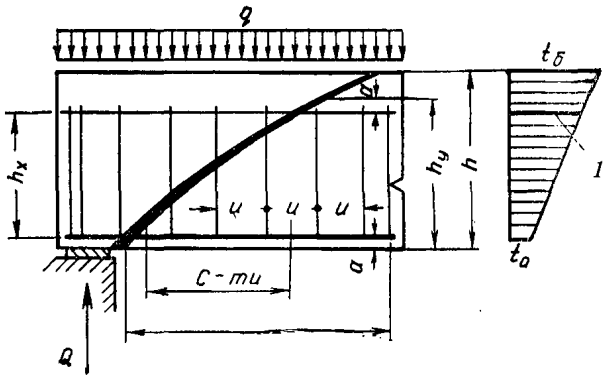


Рис. 2. Схема расположения поперечной арматуры и развития наклонной трещины в изгибаемом железобетонном элементе при температуре нагрева конструкции, превышающей максимально допустимую температуру нагрева поперечной арматуры

1 — максимально допустимая температура нагрева арматуры, принимаемая по табл. 2 настоящих норм

В этом случае расчетное сопротивление бетона $R^{п}_{и.t}$ определяется по средней температуре нагрева сжатой зоны, считая от условной грани сечения с уменьшенной высотой, а средняя температура нагрева сжатой зоны бетона — из теплотехнического расчета элемента с действительной высотой. За расчетную несущую способность принимается наименьшая величина, полученная из расчета по формуле (19) настоящих норм для элемента с полной высотой или по формуле (65) главы СНиП II-В.1-62 для элемента с уменьшенной высотой.

Примечания: 1. В статически неопределимых конструкциях расчет наклонных сечений при кратковременном нагреве производят согласно указаниям настоящего пункта, только в формулы вводят расчетные сопротивления бетона и арматуры для кратковременного нагрева.

Величина поперечной силы, вызванная совместным воздействием температуры и нагрузки, определяется согласно указаниям п. 4.2 настоящих норм.

2. Если в сжатой зоне возможно образование трещин от одного из видов воздействий, то работа бетона при расчете на поперечную силу не учитывается.

8.5. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при больших эксцентриситетах приложения сил от внешней нагрузки и собственного веса, когда удовлетворяется условие формулы (46) главы СНиП II-В.1-62 (1-й случай внецентренного сжатия), производится по формулам (91) — (94) или (99) — (102) той же главы СНиП с учетом требований п. 8.3 настоящих норм в части расчетных сопротивлений бетона и арматуры.

8.6. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при малых эксцентриситетах приложения силы от внешней нагрузки и собственного веса, когда не удовлетворяется условие (46) главы СНиП II-В.1-62 (2-й случай внецентренного сжатия), производится согласно указанию, приведенному в примечании 2 к п. 7.47 той же главы СНиП. При этом расчетная призменная прочность бетона принимается согласно указаниям п. 7.3 настоящих норм, а расчетное сопротивление арматуры сжатию — согласно указаниям табл. 10 и пп. 3.8 и 3.9 настоящих норм в зависимости от температуры нагрева арматуры, установленной у наиболее напряженной (наиболее сжатой) грани сечения.

Примечание. При прочности бетона более 400 *кГ/см²*, определяемой в зависимости от температуры центра тяжести сечения, расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при малых эксцентриситетах приложения силы производят по формулам (95) и (97) главы СНиП II-В.1-62 с учетом указаний пп. 8.3 и 8.6 настоящих норм.

8.7. Влияние температуры нагрева на прогиб внецентренно сжатого элемента учитывается умножением коэффициента c [формула (112) главы СНиП II-В.1-62] на коэффициент $a_{пр}$, определяемый согласно табл. 13 настоящих норм. При этом значения $a_{пр}$ определяются в зависимости от средней температуры нагрева сжатой зоны сечения.

При неравномерном нагреве сечения с температурой наиболее нагретой грани выше 400° С значение радиуса инерции поперечного сечения в плоскости изгиба $r_и$ определяется как для приведенного сечения согласно указаниям п. 4.8 настоящих норм и эксцентриситет e_0 принимается относительно центра тяжести приведенного сечения.

Значения коэффициента $m_{дл}$ принимаются по табл. 21 главы СНиП II-В.1-62 и указаниям п. 7.3 настоящих норм.

8.8. Расчет внецентренно растянутых железобетонных элементов производится по формулам (115) — (123) главы СНиП II-В.1-62, в которых расчетные характеристики бетона и ар-

матуры принимаются согласно указаниям табл. 10 и пп. 3.1, 3.2, 3.8 и 3.9 настоящих норм.

8.9. Изгибаемые, внецентренно сжатые и внецентренно растянутые железобетонные элементы с большим эксцентрицитетом при $x \geqslant 0{,}3\,h_0$, а также предварительно напряженные и внецентренно сжатые элементы с малыми эксцентрицитетами при нагреве их до температуры, превышающей максимально допустимую температуру нагрева поперечной арматуры (см. табл. 2), помимо расчета сечений по их полной высоте необходимо проверять также и по высоте, ограниченной температурой, при которой установка рабочей арматуры допустима. При этом принимаемая в расчете высота сечения должна быть не менее $^2/_3\,h_0 + a$.

8.10. Если в железобетонных элементах поперечная арматура устанавливается не по всей высоте сечения, то расчетные сопротивления бетона принимаются согласно указаниям пп. 3.1 и 3.2 как для элементов бетонных конструкций.

9. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

9.1. Нагрев рабочей арматуры предварительно напряженных железобетонных элементов не должен превышать: при стационарном режиме нагрева — температур, указанных в табл. 2, а при циклическом режиме нагрева — на 50° ниже температур, указанных в табл. 2 настоящих норм.

9.2. Полная величина потерь предварительного напряжения арматуры, учитываемая при расчете конструкции по трещиностойкости и деформациям, складывается из основных потерь при нормальной температуре и дополнительных потерь, вызванных воздействием температуры.

Основные потери предварительного напряжения арматуры для элементов конструкций из обычного бетона состава № 1 и из жаростойкого бетона на портландцементе с шамотными заполнителями составов № 10 и 11 (см. табл. 1 настоящих норм) следует определять по данным табл. 14 главы СНиП II-В.1-62, за исключением величины потерь от усадки жаростойкого бетона, которую следует принимать при натяжении арматуры на упоры равной 600 *кГ/см*² и натяжении арматуры на бетон — 500 *кГ/см*².

Величины потерь предварительного напряжения арматуры для конструкций с бетоном других составов следует принимать по опытным данным, а при отсутствии таковых бетоны этих составов пока не рекомендуется предусматривать для предварительно напряженных конструкций.

При определении установившихся напряжений в бетоне от обжатия напрягаемой арматурой после проявления только основных потерь предварительного напряжения, нахождение приведенной площади сечения $F_п$, приведенного статического момента $S_п$ и приведенного момента инерции $J_п$ производится без учета влияния температуры, которая будет в элементе при его эксплуатации.

9.3. Для расчета конструкций величины дополнительных потерь предварительного напряжения арматуры от воздействия температуры следует принимать по табл. 15.

Таблица 15

Дополнительные потери предварительного напряжения арматуры от воздействия температуры

Факторы, вызывающие потери предварительного напряжения	Потери предварительного напряжения арматуры в *кГ/см*²
1	2
1. Температурная усадка обычного и жаростойкого бетона на портландцементе с шамотными заполнителями	600
2. Ползучесть тяжелого бетона:	
а) обычного	$0{,}3\,\sigma_п$
б) жаростойкого . .	$0{,}4\,\sigma_п$
3. Релаксация напряжений в арматуре (см. примечание 1)	$0{,}0013\,(t_a - t_0)\,\sigma_0$
4. Разность коэффициентов температурного расширения арматуры и жаростойкого бетона (обратимые потери) (см. примечание 2)	$(\alpha_{a.t} - \alpha_{б.р})\,(t_a - t_0)\,E_{a.t}$

где t_a — наибольшая температура нагрева арматуры при эксплуатации конструкции;

t_0 — температура арматуры после ее натяжения, которую можно принять равной 20° С;

$\sigma_п$ — потери предварительного напряжения от ползучести бетона, принимаемые согласно указаниям п. 2 табл. 14 главы СНиП II-В. 1-62;

σ_0 — величина предварительного напряжения в арматуре, принимаемая согласно указаниям п. 5.6 главы СНиП II-1-62;

$\alpha_{б.р}$ и $\alpha_{а.t}$ — коэффициенты суммарной температурной деформации бетона и температурного расширения арматуры, принимаемые соответственно по табл. 6 и 8 настоящих норм;

$E_{а.t}$ — модуль упругости арматуры при нагреве, определяемый по указаниям п. 3.10 настоящих норм.

Примечания: 1. Дополнительные потери от релаксации напряжений в арматуре учитываются при ее нагреве выше 40° С.

2. Дополнительные потери за счет разности коэффициентов температурного расширения арматуры и бетона учитываются только для конструкций из жаростойкого бетона.

9.4. Момент трещинообразования следует определять по формуле (152) главы СНиП II-В.1-62, в которой значения $R_т$ заменяются на $R_{т.t} = \gamma_{б.р} R_т$ при расчете на кратковременный нагрев или на $R^п_{т.t} = \gamma^п_{б.р} R_т$ при расчете на длительный нагрев; эти значения принимаются для температуры нагрева бетона на уровне растянутой арматуры.

Значения момента сопротивления для растянутого краевого волокна приведенного сечения $W_т$ определяются по указаниям п. 8.3 главы СНиП II-В.1-62 и п. 4.8 настоящих норм.

Значения $M^я_{об}$ определяют с учетом основных и дополнительных потерь предварительного напряжения арматуры согласно п. 8.3 главы СНиП II-В.1-62 по формуле

$$M^я_{об} = N_0 (e_0 + r_я), \qquad (21)$$

в которой величины N_0, e_0 и $r_я$ определяются согласно пп. 5.2, 5.4, 5.10, 8.3 и 8.4 главы СНиП II-В.1-62.

Геометрические характеристики приведенного сечения элемента $F_п$, $S_п$, $J_п$ и $W_п$ определяются с учетом влияния температуры согласно указаниям п. 4.8 настоящих норм.

9.5. При расчете конструкций по прочности от действия собственного веса, внешних нагрузок и сил обжатия, необходима проверка сечений без учета температурного воздействия и дополнительных потерь предварительного напряжения арматуры, вызванных нагревом.

10. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ

10.1. Деформации железобетонных элементов, при эксплуатации которых не допускаются трещины в растянутой зоне (предварительно напряженные элементы 1-й и 2-й категории трещиностойкости), определяют как для сплошного упругого тела с учетом работы бетона сжатой и растянутой зон; при этом жесткость элементов $B_к$ при кратковременном нагреве определяется для приведенного сечения по формуле (170) главы СНиП II-В.1-62, в которой при температуре наиболее нагретой грани выше 50° С $E_б$ заменяется на $E_{б.t}$ и вместо коэффициента 0,85 принимаются значения по табл. 5.

При температурах нагрева до 400° С величина $E_{б.t}$ и $\bar{\nu}$ принимается по температуре центра тяжести сечения; при температурах нагрева более 400° С — по средней температуре участка, к которому было приведено сечение.

Определение приведенного сечения железобетонного элемента без трещин в растянутой зоне производится согласно указаниям п. 4.8 настоящих норм.

При длительном нагреве жесткость $B_к$ следует уменьшить в c раз. Значение c рекомендуется принимать по температуре нагрева центра тяжести сечения до 200° С равным 3; выше 200° С равным 4.

10.2. При воздействии температуры до 200° С в железобетонных элементах прямоугольного, таврового и двутаврового сечений, в которых при усилиях, соответствующих стадии определения деформаций в растянутой зоне, могут появиться трещины, кривизну определяют для изгибаемых элементов по формуле (172), а для внецентренно растянутых с эксцентрицитетами $e_0 > 0{,}8h_0$ и внецентренно сжатых элементов — по формуле (173) главы СНиП II-В.1-62.

При вычислении кривизн в зависимости от длительности действия нагрева коэффициенты, учитывающие изменение прочности и модуля упругости бетона и арматуры, принимаются согласно указаниям табл. 3, 4 и 10 настоящих норм. Значения $\gamma_б$, $\gamma^п_б$ и $\beta_б$ принимаются по средней температуре сжатой зоны. Значения $\gamma_{б.р}$, $\gamma^п_{б.р}$, $\gamma_а$, $\gamma^п_а$ и $\beta_а$ — по температуре нагрева бетона, расположенного на уровне растянутой арматуры.

Значение коэффициента ν при средней температуре нагрева сжатой зоны до 200° С и кратковременном нагреве следует принимать согласно п. 9.7 главы СНиП II-В.1-62, а при длительном нагреве величина $\nu^п$ принимается

равной: при сухом и нормальном режимах $\nu^{п}=0{,}15$; при влажном режиме $\nu^{п}=0{,}10$.

10.3. Деформации жаростойких железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне определяются с учетом работы бетона между трещинами в этой зоне и упруго-пластической работы бетона сжатой зоны; при этом жесткость жаростойких изгибаемых железобетонных элементов вычисляют по формуле

$$B=\frac{E_{a.t}}{\psi_a}F_a z_c h_0(1-\xi_c). \qquad (22)$$

Величина z_c для элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечения при $x_c > h'_п$ определяется по формуле (174) главы СНиП II-В.1-62, в которой относительная высота сжатой зоны бетона в сечении с трещиной ξ заменяется средней относительной высотой сжатой зоны ξ_c; значение ξ_c для прямоугольных, тавровых и двутавровых сечений определяется по формуле

$$\xi_c=-\frac{\alpha+\gamma'}{2}+\sqrt{\left(\frac{\alpha+\gamma'}{2}\right)^2+\alpha}, \qquad (23)$$

где γ' — определяется по формуле (175) главы СНиП II-В.1-62, в которой величина ν заменяется на $\bar{\nu}$ и принимается по табл. 5 настоящих норм для кратковременно действующих усилий в зависимости от средней температуры сжатой зоны.

Характеристика сечения α для изгибаемого элемента определяется по формуле

$$\alpha=k_t\mu n_{t_1}=k_t\mu\frac{E_{a.t}}{E_{б.t}}, \qquad (24)$$

где $E_{б.t}$ — принимается по температуре наиболее нагретой грани элемента;

k_t — коэффициент принимается для кратковременного нагрева до 500° С равным 3; при 700° С равным 4; при 850° С равным 5 и при 1000° С равным 6 в зависимости от температуры крайнего наиболее нагретого волокна бетона сжатой зоны. Для длительного нагрева величина коэффициента k_t увеличивается в два раза.

Коэффициент ψ_a, учитывающий работу растянутого бетона между трещинами, определяется по формуле

$$\psi_a=1-s\frac{M_{б.т}}{M}, \qquad (25)$$

где s — коэффициент, характеризующий профиль арматуры и длительность действия нагрева; при кратковременном нагреве, а также при расчете элементов на воздействие температуры, при арматуре из стержней периодического профиля $s=0{,}8$ и для гладких стержней $s=0{,}7$; при длительном нагреве для арматуры периодического профиля $s=0{,}4$ и для гладких стержней $s=0{,}35$;

$M_{б.т}$ — момент, определяемый по формуле (181) главы СНиП II-В.1-62, в которой величина $R^{н}_{р}$ умножается на коэффициент $\gamma_{б.р}$ при расчете на кратковременный нагрев или на коэффициент $\gamma^{п}_{б.р}$ при расчете на длительный нагрев; эти коэффициенты определяются по температуре нагрева бетона, расположенного на уровне растянутой арматуры.

Примечание. Допускается определять деформации жаростойких железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне по формулам (172) и (173) главы СНиП II-В.1-62 при соответствующем опытном обосновании входящих в них величин.

10.4. Для элементов из жаростойкого бетона с компенсационными швами (см. п. 6.5) характеристика сечения α, необходимая для определения относительной высоты сжатой зоны, определяется по формуле

$$\alpha=k_t\mu n_{t_1}\ \psi_{б.ш}, \qquad (26)$$

где $\psi_{б.ш}$ — коэффициент, учитывающий работу сжатого бетона между компенсационными швами, определяется по формуле

$$\psi_{б.ш}=\frac{1}{3}\left(1+2\frac{h^2_{0.ш}}{h^2_0}\right). \qquad (27)$$

При вычислении α коэффициент k_t (согласно указаниям п. 10.3) и модуль упругости бетона $E_{б.t}$ определяются по температуре бетона, расположенного над швом.

10.5. Деформации элементов железобетонных конструкций вычисляются по формулам строительной механики, определяя их жесткость или кривизну от усилий согласно указаниям пп. 10.1—10.3 настоящих норм с учетом совместного действия температурных усилий и усилий от внешней нагрузки и собственного веса. При этом жесткость элемента допускается определять для наиболее напряженного се-

чения и принимать ее постоянной по длине однозначной эпюры моментов.

Для статически неопределимых конструкций величина нормативных усилий от совместного воздействия температуры, внешней нагрузки и собственного веса принимается согласно указаниям п. 4.2 настоящих норм.

10.6. Для элементов железобетонных конструкций, при эксплуатации которых не допускаются трещины в растянутой зоне или их появление маловероятно, полную величину деформации при учете длительного действия части нагрузок и выгиба от предварительного обжатия бетона определяют по формуле (171) главы СНиП II-В.1-62, в которой коэффициент c принимается согласно п. 10.1 настоящих норм.

Для элементов железобетонных конструкций, перечисленных в пп. 10.2 и 10.3 настоящих норм, с трещинами в растянутой зоне полную величину деформации, включая деформации от длительного действия части нагрузки, определяют по формуле (183) главы СНиП II-В.1-62.

Полная величина деформаций определяется с учетом длительности действия части нагрузок и температур. Длительность воздействия температуры принимается согласно примечанию к п. 4.3 настоящих норм.

При вычислении деформаций элементов конструкций по формулам (171) или (183) главы СНиП II-В.1-62 должны быть учтены вызванные нагревом температурные деформации, которые определяются согласно указаниям пп. 6.1—6.5 настоящих норм.

Примечание. Температурную деформацию допускается не учитывать, если это приводит к уменьшению общей деформации.

10.7. При расчете усилий в статически неопределимых конструкциях жесткость определяется:

а) для железобетонных элементов, при эксплуатации которых не допускаются трещины в растянутой зоне, — согласно указаниям п. 10.1 настоящих норм;

б) для железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне при нагреве до 200° С — по формуле (184) главы СНиП II-В.1-62, принимая характеристики арматуры и бетона согласно указаниям п. 10.2 настоящих норм;

в) для жаростойких железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне — согласно указаниям п. 10.4 настоящих норм.

При этом величина жесткости по формуле (170) главы СНиП II-В.1-62 и по формуле (22) настоящих норм, а также величины ψ_a и ν в формуле (184) главы СНиП II-В.1-62 принимаются при расчете на первый кратковременный нагрев (см. табл. 10 настоящих норм) как для кратковременно действующих усилий и при расчете на длительный нагрев как для длительно действующих усилий.

11. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО РАСКРЫТИЮ ТРЕЩИН

11.1. Ширину раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента, от нормативных усилий, вызванных воздействием температуры, внешней нагрузки и собственного веса, в центрально растянутых, изгибаемых, внецентренно растянутых и внецентренно сжатых с большими эксцентрицитетами элементах следует определять по формуле (185) главы СНиП II-В.1-62. В этой формуле вместо E_a принимается $E_{a.t}$ в зависимости от температуры нагрева арматуры согласно указаниям п. 3.10 настоящих норм.

Напряжение в растянутой арматуре σ_a определяется по формулам п. 10.2 главы СНиП II-В.1-62.

Для элементов жаростойких железобетонных конструкций, входящая в формулы (187), (188), (190) и (191) п. 10.2 главы СНиП II-В.1-62 величина z_1 принимается равной:

$$z_1 = 1{,}1\, z_c, \qquad (28)$$

где z_c — определяется согласно указаниям п. 10.3 настоящих норм.

Для статически неопределимых конструкций величина нормативных усилий от совместного воздействия температурных усилий, внешней нагрузки и собственного веса определяется согласно указаниям п. 4.2 настоящих норм.

11.2. Для железобетонных элементов из жаростойкого бетона при температуре нагрева арматуры выше 50° С и для железобетонных элементов из обычного бетона при температуре нагрева арматуры выше 100° С необходимо учитывать дополнительную ширину раскрытия трещин, вызванную разностью коэффициентов температурного расширения арматуры в бетоне и суммарной температурной деформации бетона по формуле

$$a_{т.t} = (\alpha_{a.t.c} - \alpha_{б.р})\, t_a\, l_т, \qquad (29)$$

где $\alpha_{a\,t\,.c}$ — коэффициент, характеризующий температурное расширение арматуры в бетоне, определяется по формуле (1) в зависимости от температуры нагрева арматуры;

$\alpha_{б.р}$ — коэффициент суммарной температурной деформации бетона, принимаемый по температуре бетона на уровне арматуры по табл. 6;

t_a — температура арматуры;

$l_т$ — расстояние между трещинами; принимается такое же, как и от воздействия усилий, для которых была определена ширина раскрытия трещин.

Ширина раскрытия трещин в железобетонном элементе не должна превышать допустимых значений, приведенных в п. 4.16 главы СНиП II-В.1-62 и п. 4.10 настоящих норм.

11.3. Расстояние между трещинами $l_т$ определяют согласно п. 10.3 главы СНиП II-В.1-62.

При этом момент сопротивления приведенного сечения определяется согласно пп. 6.4 и 8.3 главы СНиП II-В.1-62 с учетом влияния нагрева, а при неравномерном нагреве сечения с температурой наиболее нагретой грани выше 400° С — согласно п. 4.8 настоящих норм.

В формулах (198) и (199) главы СНиП II-В.1-62 значение n заменяется на $n_{t1}=\frac{E_{a.t}}{E_{б.t}}$, где $E_{a.t}$ и $E_{б.t}$ принимаются по температуре нагрева арматуры.

11.4. При совместном воздействии кратковременных и длительных нагрузок и температур ширину раскрытия трещин, нормальных к продольной оси железобетонного элемента, определяют по формуле (200) главы СНиП II-В.1-62. К этой ширине раскрытия трещин необходимо добавить ширину раскрытия трещин, вызванную разностью коэффициентов суммарной температурной деформации бетона и температурного расширения арматуры в бетоне, определяемую по формуле (29) настоящих норм.

11.5. Ширина раскрытия наклонных трещин в изгибаемых железобетонных элементах при длительном нагреве (табл. 10) определяется по формуле (201) главы СНиП II-В.1-62, в которой величина $R_и^н$ заменяется на $R_{и.t}^{п.н} = R_и^н \gamma_б^п$, а $E_{a.t}$ — принимается по максимальной температуре нагрева хомутов. Коэффициент принимается по средней температуре сжатой зоны сечения.

При кратковременном нагреве вместо коэффициента $\gamma_б^п$ принимается коэффициент $\gamma_б$.

12. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

12.1. Размеры сечений центрально и внецентренно сжатых бетонных и железобетонных элементов должны во всех случаях назначаться такими, чтобы их гибкость не превышала наибольших величин, указанных в табл. 14 настоящих норм.

Толщину плит покрытия и стен монолитных и сборных несущих бетонных и железобетонных конструкций рекомендуется принимать не менее 8 *см*, сводов и куполов — не менее 4 *см*, толщину бетона футеровочного слоя — не менее 4 *см*.

12.2. Рабочую арматуру железобетонных конструкций рекомендуется предусматривать из горячекатаной стали периодического профиля классов А-II, А-III и А-IV (см. табл. 2 настоящих норм) в виде сварных или вязаных каркасов; горячекатаную сталь круглую класса А-I допускается предусматривать только в виде сварных каркасов.

Рамки, окаймляющие различные отверстия, к которым приваривают стержни арматуры, перерезаемые отверстиями, а также стыковые накладки, косынки и другие закладные детали, в том числе для крепления оборудования, следует предусматривать из полосового углового и фасонного проката.

Установка конструктивной арматуры и закладных деталей в нагретую выше 600° С зону бетона не рекомендуется. Если в этом есть необходимость (например, из условий монтажа), то такие закладные детали и конструктивную арматуру необходимо покрывать слоем легко деформируемой обмазки.

В случаях когда к конструкции теплового агрегата предъявляются требования герметичности или когда в нем имеется большое количество отверстий или большое количество точек крепления оборудования, допускается применять сплошные стальные кожухи из листового проката.

При нагреве рабочей арматуры до 100° С ее диаметр рекомендуется принимать не более 25 *мм*; от 100 до 300° С — не более 20 *мм*; от 300 до 500° С — не более 14 *мм*.

При температуре более 500° С диаметр монтажной и конструктивной арматуры не должен превышать 6 *мм*; стержни большего диаметра, но не более 10 *мм* допускается применять лишь при условии покрытия их слоем выгорающей обмазки и обеспечения анкеровки.

12.3. Толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры обычных и жаростойких железобетонных конструкций при температуре их нагрева до 100° С должна приниматься в соответствии с п. 12.2 главы СНиП II-В.1-62.

При температуре нагрева от 100 до 200° С толщину защитного слоя бетона следует увеличивать на 5 *мм* и принимать ее не менее 1,5 диаметра рабочей арматуры.

Для конструкций из жаростойкого железобетона при нагреве арматуры более чем на 200° С, толщину защитного слоя бетона следует увеличивать на 10 *мм* и принимать ее не менее 2 диаметров рабочей арматуры.

12.4. Конструкции из жаростойкого железобетона при воздействии температуры выше 500° С рекомендуется проектировать таким образом, чтобы растянутая зона, в которой установлена рабочая арматура, находилась с менее нагретой стороны. В случаях когда такое решение конструкции невозможно, допускается установка рабочей арматуры с более нагретой стороны элемента; при этом толщину защитного слоя бетона увеличивают до такой величины, чтобы нагрев рабочей арматуры не превышал максимальных температур, указанных в табл. 2 настоящих норм. Минимальная площадь сечения рабочей арматуры в железобетонных элементах должна приниматься по указаниям п. 12.13 главы СНиП II-В.1-62.

В железобетонных элементах, когда температура нагрева поперечной арматуры превышает максимальную температуру нагрева арматуры, указанную в табл. 2, поперечную арматуру (хомуты) допускается предусматривать не на всю высоту сечения элемента. Длина укороченных поперечных стержней (хомутов) принимается не менее $^2/_3 h_0$.

Конструктивное армирование бетонных элементов следует предусматривать по указаниям п. 12.61 главы СНиП II-В.1-62.

12.5. Анкеровку рабочей арматуры следует предусматривать в соответствии с указаниями п. 12.9 и 13.17—13.20 главы СНиП II-В.1-62. При температуре нагрева арматуры более 100° С длину ее анкеровки следует увеличивать на 5 диаметров анкеруемых стержней при бетонах объемным весом 2000 *кг/м*^{3} и более или на 10 диаметров — при меньшем объемном весе бетона. Кроме того, к каждому растянутому продольному стержню следует приваривать не менее двух поперечных стержней.

12.6. Фундаменты, борова и другие сооружения, расположенные под землей, при отсутствии специальной защиты от воздействия воды должны находиться выше наиболее возможного уровня грунтовых вод. При наличии воды или пара следует предусматривать непроницаемую защиту.

12.7. Несущие и ограждающие конструкции тепловых агрегатов, подверженные одностороннему нагреву до 500° С, допускается проектировать однослойными.

Несущие и ограждающие конструкции при одностороннем нагреве до температуры 1000° С следует проектировать из ребристых панелей, в которых тепловая изоляция располагается между ребрами с менее нагретой стороны плиты панели. Сварные арматурные каркасы, устанавливаемые в ребрах, должны быть заведены в бетон плиты не менее чем на 50 *мм*. Плиту панели следует армировать конструктивной сеткой из арматуры диаметром не более 4 *мм* с размером ячеек не менее 100 *мм*. При необходимости снижения температуры рабочей арматуры ребра могут предусматриваться выступающими за наружную поверхность тепловой изоляции. В местах сопряжения ребер с плитой устраиваются вуты.

Несущие и ограждающие конструкции допускается проектировать из двухслойных панелей. Для обеспечения совместной работы отдельных слоев двухслойных панелей следует предусматривать установку конструктивной поперечной арматуры в виде «змейки» или хомутов в зоне сопряжения отдельных слоев друг с другом с таким расчетом, чтобы эта арматура заходила в каждый слой на глубину не менее чем 50 *мм*. Если в зоне сопряжения отдельных слоев температура превышает допускаемую температуру нагрева конструктивной арматуры, указанную в табл. 2, то для усиления связи между слоями рекомендуется устраивать выступы или бетонные шпонки.

12.8. Конструкции, перекрывающие рабочее пространство теплового агрегата, рекомендуется предусматривать в виде подвесных сплошных или ребристых панелей или куполов и сводов. Стрелу подъема внутренней поверхности куполов и сводов следует принимать не менее $^1/_{12}$ их пролета в свету.

При пролетах более 5 *м* должны преиму-

щественно предусматриваться подвесные сплошные или ребристые панели.

12.9. При проектировании куполов и сводов с плоской верхней поверхностью в верх-

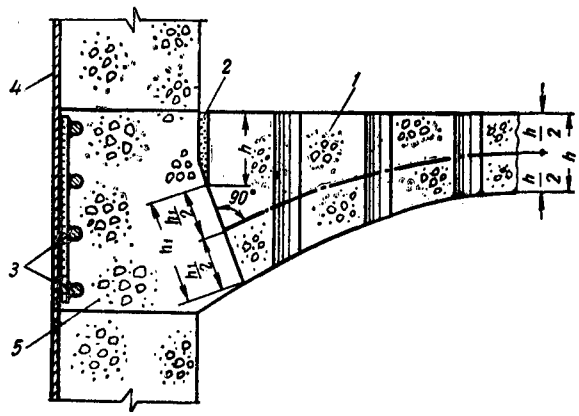


Рис. 3. Опорный узел дырчатого бетонного купола или свода с плоской верхней поверхностью

1 — бетонный купол или свод; *2* — компенсационный шов толщиной 20—40 *мм*, заполняемый легкодеформируемым материалом; *3* — арматура; *4* — кожух; *5* — опора купола или свода

ней зоне опорного узла следует предусматривать компенсационный вертикальный шов шириной 20—40 *мм* на глубину, равную высоте сечения купола или свода в середине пролета (рис. 3). Такие швы рекомендуется заполнять легкодеформируемым материалом, например, шнуровым асбестом, смоченным в глиняном растворе.

За осевую линию в таких куполах или сводах допускается принимать дугу окружности, проведенную через центр наклонного опорного сечения и середину высоты сечения в центре пролета.

12.10. Расчетная схема работы подвесной панели принимается как для двухконсольной балки, при этом не должно допускаться возникновения растягивающих напряжений в бетоне со стороны более нагретой поверхности. Подвесные панели не должны воспринимать никаких нагрузок, кроме собственного веса. На подвесных панелях также не должны устраиваться мостки или настилы для хождения обслуживающего персонала.

12.11. Стыки между сборными бетонными и железобетонными элементами следует замоноличивать путем заполнения шва раствором проектной марки по прочности на сжатие не ниже 100. Стыки между стеновыми панелями из жаростойкого железобетона выполняются на растворе с установкой бетонного бруска размером сечения 5×5 *см* в более нагретой зоне бетона для создания лучшей герметичности (рис. 4, *а*). В стыках панелей, перекрывающих рабочее пространство теплового агрегата, бетонный брусок устанавливается на растворе с верхней менее нагретой стороны ребер (рис. 4, *б*). Стыки подвесных панелей раствором не заполняются (рис. 4, *в*).

Когда в стыках арматуры усилия передаются с эксцентрицитетом, для предотвращения искривления стыковой закладной детали и арматуры и откалывания бетона устанавливаются анкеры из арматуры периодического профиля согласно указаниям п. 12.56 главы СНиП II-В.1-62. Если необходимую расчетную длину анкеров трудно соблюсти (вследствие недопу-

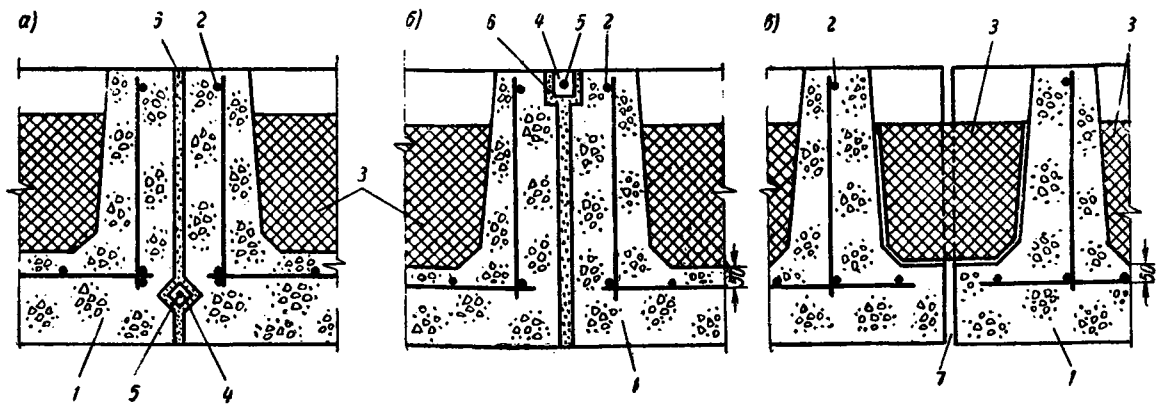


Рис. 4. Примеры решений деталей стыкования ребристых панелей

а — стеновых панелей; *б* — панелей, перекрывающих рабочее пространство теплового агрегата; *в* — подвесных панелей с консольными выступами; *1* — бетон; *2* — арматура; *3* — тепловая изоляция; *4* — бетонный вкладыш сечением 50×50 *мм*; *5* — стальной стержень диаметром 6 *мм*; *6* — раствор; *7* — шов, не заполненный раствором

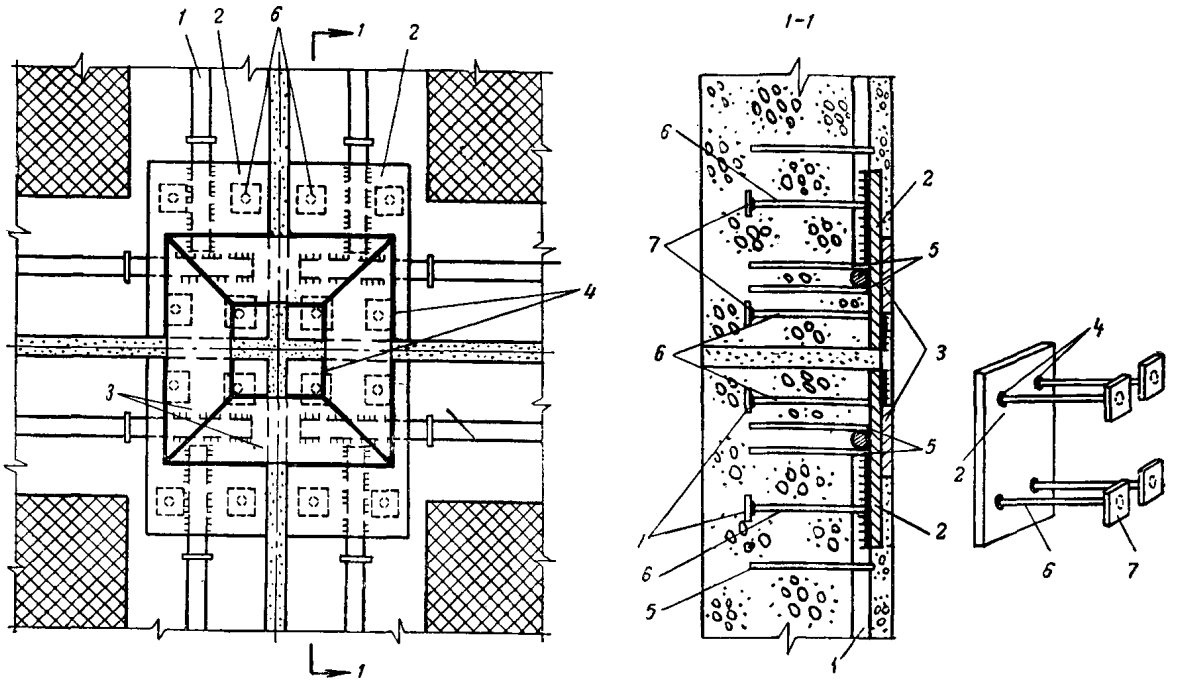


Рис. 5. Пример решения детали стыкования арматуры ребристых панелей

1 — арматура; *2* — стыковая закладная деталь; *3* — стыковая накладка; *4* — сварка; *5* — анкер арматуры; *6* — анкер закладной детали; *7* — анкерующая пластинка

стимой температуры их нагрева), то разрешается уменьшать длину анкеров с обязательной приваркой к их концам дополнительных пластин, усиливающих анкеровку (рис. 5).

12.12. Наибольшие расстояния между температурно-усадочными швами конструкций из обычного бетона, указанные в табл. 12 главы СНиП II-В.1-62, следует снижать: при воздействии температур от 50 до 100° С — на 25%; при температуре свыше 100° С — на 40%.

Наибольшие расстояния между температурно-усадочными швами жаростойких бетонных и железобетонных конструкций, допускаемые без расчета, следует принимать по табл. 16.

Расстояния между температурно-усадочными швами в сплошных и ленточных бетонных фундаментах под стены следует принимать кратными расстоянию между швами в стенах и совмещать шов в фундаменте через необходимое расстояние со швом в стене.

Температурно-усадочные швы в конструкциях из сборных бетонных и железобетонных элементов следует принимать шириной не менее 20 *мм*.

12.13. В конструкциях из жаростойкого бетона со стороны более нагретой поверхности бетона рекомендуется устраивать усадочные

Таблица 16

Наибольшие расстояния между температурно-усадочными швами в жаростойких бетонных и железобетонных конструкциях, допускаемые без расчета

Конструкции	Наибольшие расстояния между температурно-усадочными швами в *м* при температуре эксплуатации теплового агрегата в °С		
	до 500	от 500 до 1000	более 1000
1	2	3	4
1. Из монолитного бетона .	5	3	1,5
2. Из сборных бетонных блоков	10	6	3
3. Из монолитного железобетона	15	10	5
4. Из сборных железобетонных элементов со сварными и замоноличенными стыками . .	12	8	4

Примечание. Расстояния между температурно-усадочными швами, указанные в табл. 16, допускается увеличивать при соответствующем обосновании и проверке расчетом.

швы шириной 2—3 *мм* и глубиной, равной $^1/_{10}$ высоты сечения и не менее 20 *мм*. Швы располагаются в двух взаимно перпендикулярных направлениях через 60—90 *см*.

12.14. В статически неопределимых железобетонных конструкциях для снижения температурных усилий рекомендуется предусматривать компенсационные швы в сжатой более нагретой зоне бетона. Такие швы следует принимать шириной 2—5 *мм* и глубиной не более 0,3 высоты сечения элемента, через 60—90 *см* друг от друга в направлении, перпендикулярном действию сжимающих температурных усилий. В куполах компенсационные швы располагают в радиальном направлении от опоры к центру на длину не более 0,6 радиуса купола на всю высоту сечения.

12.15. Очертания сквозных отверстий в бетонных и железобетонных конструкциях рекомендуется предусматривать преимущественно круглыми. В квадратных и прямоугольных отверстиях в углах следует устраивать вуты или закругления.

12.16. В электропечах, где наличие замкнутых контуров арматуры может вызвать возникновение индукционных токов, арматуру железобетонных куполов и сводов рекомендуется выполнять в виде отдельных каркасов, перекрывающих друг друга внахлестку, но не соединенных между собой.

12.17. Части элементов бетонных и железобетонных конструкций, подвергающиеся быстрому износу от истирания, химического воздействия или местному перегреву, рекомендуется проектировать из легко заменяемых блоков, изготовленных из наиболее стойких в этих условиях бетона или огнеупоров. При сильном истирающем воздействии на бетон его рекомендуется защищать устройством металлической панцирной сетки, по которой наносится слой жаростойкого торкрет-бетона.

12.18. Ненесущая бетонная и железобетонная футеровка разделяется сквозными температурными швами на отдельные элементы согласно указаниям п. 12.12. Такая футеровка должна иметь гибкие крепления с корпусом теплового агрегата, чтобы отдельные ее элементы могли свободно деформироваться при нагревании и остывании. Отдельные элементы футеровки могут свободно прилегать к корпусу или могут быть отделены от него слоем тепловой изоляции.

Предельные значения гибкости ненесущих футеровок должны быть не более величин, указанных в *табл. 14 настоящих норм.*

ПРИНЯТЫЕ ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ[1]

ПРИЛОЖЕНИЕ

Усилия от внешних нагрузок и воздействий

$M(M^н)$; $N(N^н)$; $Q(Q^н)$ — расчетные (нормативные) изгибающий момент, продольная и поперечная силы от совместного действия собственного веса конструкции, внешней нагрузки и температурных усилий;

$M_н(M^н_н)$; $N_н(N^н_н)$; $Q_н(Q^н_н)$ — то же, только от действия собственного веса конструкции и внешней нагрузки;

$M_t(M^н_t)$; $N_t(N^н_t)$; $Q_t(Q^н_t)$ — то же, только от действия температурных усилий;

n_t — коэффициент перегрева, учитывающий возможное отклонение температуры от величины, учитываемой в расчете.

Характеристики материалов

$R_{пр.t}(R^н_{пр.t})$ и $R^п_{пр.t}(R^{п.н}_{пр.t})$ — расчетные (нормативные) сопротивления бетона осевому сжатию (призменная прочность) соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

$R_{и.t}(R^н_{и.t})$ и $R^п_{и.t}(R^{п.н}_{и.t})$ — расчетные (нормативные) сопротивления бетона сжатию при изгибе соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

$R_{р.t}(R^н_{р.t})$ и $R^п_{р.t}(R^{п.н}_{р.t})$ — расчетные (нормативные) сопротивления бетона растяжению соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

[1] В случаях когда в принятых обозначениях указывается о воздействии температуры, то следует понимать температуру 50° С и выше.

$R_{т.t}(R^{н}_{т.t})$ и $R^{п}_{т.t}(R^{п.н}_{т.t})$ — расчетные (нормативные) сопротивления бетона растяжению при расчете по образованию и раскрытию трещин соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

$R_{а\,t}(R^{н}_{а.t})$ и $R^{п}_{а.t}(R^{п.н}_{а.t})$ — расчетные (нормативные) сопротивления продольной растянутой арматуры и поперечной арматуры при расчете на изгиб по наклонному сечению соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

$R_{а.х.t}(R^{н}_{а.\,х.t})$ и $R^{п}_{а.х.t}(R^{п.н}_{а.х.t})$ — расчетные (нормативные) сопротивления поперечной арматуры при расчете на поперечную силу соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

$R_{а.с.t}(R^{н}_{а.с.t})$ и $R^{п}_{а.с.t}(R^{п.н}_{а.с.t})$ — расчетные (нормативные) сопротивления сжатой арматуры соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

$\gamma_б$ и $\gamma^{п}_б$ — коэффициенты, учитывающие снижение сопротивления бетона сжатию, соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

$\gamma_{б.р}$ и $\gamma^{п}_{б.р}$ — коэффициенты, учитывающие снижение сопротивления бетона растяжению, соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

$\gamma_а$ и $\gamma^{п}_а$ — коэффициенты, учитывающие снижение сопротивления арматуры растяжению, соответственно при кратковременном и длительном нагреве;

$E_{б.t}$ и $E_{а.t}$ — модуль упругости бетона и арматуры в условиях воздействия температуры;

$\beta_б$ и $\beta_а$ — коэффициенты, учитывающие снижение модулей упругости соответственно бетона и арматуры в условиях воздействия температуры;

$\alpha_{б.t}$; $\alpha_{б.у}$ и $\alpha_{б.р}$ — соответственно коэффициенты температурного расширения, температурной усадки и суммарной температурной деформации бетона;

$\alpha_{а.t}$ — коэффициент температурного расширения арматуры;

$\alpha_{а.t.с}$ — средний коэффициент температурного расширения растянутой арматуры в бетоне с учетом влияния работы бетона между трещинами;

λ — коэффициент теплопроводности материалов;

$\psi_{б.ш}$ — коэффициент, учитывающий работу бетона между компенсационными швами в сжатой зоне сечения.

Геометрические характеристики

$\frac{1}{\rho_t}$ — свободная кривизна оси элемента в условиях воздействия температуры;

$h_{о.ш}$ — рабочая высота в сечении со швом: $h_{о.ш} = h_0 - h_ш$ (где $h_ш$ — высота шва);

α — характеристика железобетонного сечения для определения средней высоты сжатой зоны элементов, работающих с трещинами в растянутой зоне;

$F_п$; $S_п$ и $J_п$ — площадь, статический момент и момент инерции приведенного поперечного сечения бетонного или железобетонного элемента, с учетом разной прочности бетона при неравномерном нагреве свыше 400° С и всей продольной арматуры;

$x_с$ — средняя высота сжатой зоны бетона на участках между трещинами;

$\xi_с$ — относительная средняя высота сжатой зоны бетона на участках между трещинами:

$$\xi_с = \frac{x_с}{h_0};$$

$z_с$ — расстояние между равнодействующими сжимающих и растягивающих усилий (плечо внутренней пары сил) в сечении между трещинами;

Температура

$t_б$ и $t_а$ — температура нагрева соответственно бетона и арматуры в °С;

$t_в$ — температура со стороны источника тепла в °С;

$t_н$ — температура с наружной стороны элемента в °С;

$t_{ст}$ — температура наружной поверхности элемента в °С.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения	3
2. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций	4
Бетон	4
Арматура	7
3. Расчетные характеристики материалов	8
Бетон	8
Арматура	11
4. Основные расчетные положения	12
5. Определение температур в сечениях элементов конструкций	15
6. Определение деформаций и усилий, вызванных воздействием температуры	17
7. Расчет элементов бетонных конструкций по прочности	19
8. Расчет элементов железобетонных конструкций по прочности	20
9. Дополнительные указания по расчету предварительно напряженных железобетонных элементов	23
10. Расчет элементов железобетонных конструкций по деформациям	24
11. Расчет элементов железобетонных конструкций по раскрытию трещин	26
12. Основные конструктивные требования	27
Приложение. Принятые основные буквенные обозначения	31

Стройиздат
Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 9

• • •

Редактор издательства Т. А. Дрозд
Технический редактор Н. К. Боровнев
Корректор С. Ю. Цверина

Сдано в набор 18/XII-1967 г. Подписано к печати 22/IV-1968 г.
Формат 84×108¹/₁₆ д. л. — 1 бум. л. 3,36 усл. печ. л. (уч.-изд. 3,43 л.)
Тираж 48000 экз. Изд. № XII-1156. Зак. № 1754. Цена 17 коп.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б

Опечатки

Стр.	Строка, колонка	Напечатано	Следует читать
15	Правая колонка, 4-я строка снизу	тепловосприятия	тепловосприятия $\alpha_в$
16	Левая колонка, примечание к табл. 12	1000° С	100° С
22	Левая колонка, рис. 2, пропущено обозначение размера	—	C
27	Левая колонка, 2—3-я строки снизу	Коэффициент	Коэффициент $\gamma_б^п$

Зак. 1754

gost.e-ecolog.ru